



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA**

**AS CHUVAS NA REGIÃO AGRESTE DA BORBOREMA, NORDESTE
DO BRASIL: PROPOSTA DE SETORIZAÇÃO CLIMÁTICA SOB O
ENFOQUE DA ANÁLISE RÍTMICA**

GABRIEL DE PAIVA CAVALCANTE

**JOÃO PESSOA-PB
AGOSTO DE 2019**

GABRIEL DE PAIVA CAVALCANTE

AS CHUVAS NA REGIÃO AGRESTE DA BORBOREMA, NORDESTE DO
BRASIL: PROPOSTA DE SETORIZAÇÃO CLIMÁTICA SOB O ENFOQUE
DA ANÁLISE RÍTMICA

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos obrigatórios para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Território, Trabalho e Ambiente.

Linha de pesquisa: Gestão do Território e Análise Geoambiental.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Daisy Beserra Lucena

Co-orientador: Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Moura.

JOÃO PESSOA-PB
AGOSTO DE 2019

**“AS CHUVAS NA REGIÃO AGRESTE DA BORBOREMA, NORDESTE DO
BRASIL: PROPOSTA DE SETORIZAÇÃO CLIMÁTICA SOB O ENFOQUE DA
ANÁLISE RÍTMICA”**

por

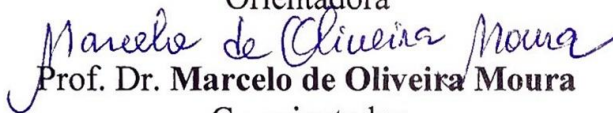
Gabriel de Paiva Cavalcante

Dissertação apresentada ao Corpo Docente do Programa de
Pós-Graduação em Geografia do CCEN-UFPB, como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Geografia.

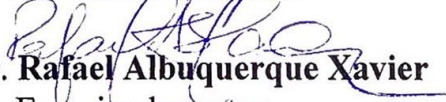
Área de Concentração: Território, Trabalho e Ambiente

Aprovada por:


Prof.^a Dr.^a **Daisy Beserra Lucena**
Orientadora


Prof. Dr. **Marcelo de Oliveira Moura**
Co-orientador


Prof.^a Dr.^a **Emília de Rodat Fernandes Moreira**
Examinadora interna


Prof. Dr. **Rafael Albuquerque Xavier**
Examinador externo

**Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Curso de Mestrado e Doutorado em Geografia**

Agosto/2019

C376c Cavalcante, Gabriel de Paiva.

As chuvas na região agreste da borborema, nordeste do Brasil :
proposta de setorização climática sob o

enfoque da análise rítmica / Gabriel de Paiva Cavalcante. -
João Pessoa, 2019.

164 f. : il.

Orientação: Daisy Beserra Lucena. Coorientação:
Marcelo de Oliveira Moura. Dissertação (Mestrado)

UFPB/B

CDU 551.58(812.2)

*Aos agricultores, que têm na chuva um alento
de esperança para a manutenção da vida de
forma simples e sustentável, dedico.*

AGRADECIMENTOS

São muitas as pessoas das quais tenho gratidão por vários motivos durante esses últimos dois anos e seis meses de construção desta dissertação. Primeiramente agradeço à minha família, pela contribuição individual de cada pessoa, cada palavra de incentivo, cada momento de conselho. Dentre todas as pessoas dessa família Cavalcante (uma família enorme), agradeço em especial à minha mãe Maria José Cavalcante, meu pai Sérgio Cavalcante, minha irmã Gessyca Cavalcante (minha companheira de sempre), meus avós Eurivaldo Cavalcante, Maria Vitória Cavalcante, Humberto Cavalcante (*in memoriam*) e Ozana Cavalcante; a todos os meus tios, representados por Ronaldo Cavalcante (*in memoriam*), que tanto me apoiou em todas as etapas de minha vida, mas, infelizmente, não pôde me ver Geógrafo, nem agora no fim do mestrado. Assim, além de agradecer, também dedico meu trabalho a este grande homem, meu espelho de formação pessoal e de vida.

Sobre os professores, agradeço primeiramente aos meus orientadores, a Profa. Dra. Daisy Beserra Lucena e ao Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Moura, que construíram este trabalho juntos comigo e prezaram pela qualidade em todos os momentos, desde o projeto, passando pela qualificação e, finalmente, no momento final. Também sou grato aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia, representados nesta oportunidade pela Profa. Dra. Doralice Sátyro Maia e pelo eminente coordenador Prof. Dr. Carlos Augusto de Amorim Cardoso.

Minha gratidão à banca de avaliação deste trabalho, composta pelo Prof. Dr. Rafael Albuquerque Xavier, membro externo, e pela Profa. Dra. Emília de Rodat Fernandes Moreira, membra interna, que vêm acompanhando e auxiliando na construção desta dissertação desde a qualificação. Para mim, é de grande honra elevar-se ao grau de Mestre em Geografia após a avaliação destes dois grandes profissionais que são referência em minha formação.

Agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes pela concessão de bolsa de iniciação científica durante vinte e quatro meses, a qual foi determinante para a qualidade da execução das minhas atividades.

No âmbito pessoal, agradeço enormemente aos meus amigos. Um trabalho realizado durante dois anos. O início, assim como nos agradecimentos de meu TCC da graduação, é por Welliton, que tanto se sacrificou pra me ajudar durante as meias-noites em que se dispunha a me trazer da cidade até o sítio da minha família. Foram muitas noites de aventura, banhos de lama, defeitos nas motos que usávamos, dentre outras várias histórias que temos pra contar. Minha gratidão se estende a outras pessoas da minha família e a amigos pelo apoio incessante,

a exemplo de minha tia Fátima e meu primo Maciel, estes que não faltaram nos momentos em que eu precisei de uma simples palavra de incentivo ou de uma confiança nos momentos em que os prazos apertavam, e de Carlos Pontes, este que é um companheiro inseparável que a Geografia me presenteou e que toca projetos, expedições e desafios junto comigo.

Por fim, deixo também minha gratidão aos amigos e colegas que ganhei durante o curso, especialmente dentro do Laboratório de Climatologia Geográfica, e permanecerão para a vida: Karla Temóteo (a esta eu agradeço duplamente por tudo, ao mesmo tempo em que peço desculpas por todos os “aperreios”), Tatianna Santos, Michael Douglas, Guilherme Barroca, Natieli Tenório, Maressa Lopes, Diêgo Alan, José Carlos, Wanessa Eloy, a todos os colegas da turma do Mestrado 2017, dentre vários outros que discutiram tanto essa Geografia maravilhosa comigo nas aulas, nos corredores e nas práticas de campo.

Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram com este trabalho e com toda a minha vida escolar, acadêmica e me dá os nortes para a vida profissional. A Geografia é a minha paixão desde menino, e é a partir dela que irei realizar cada um dos meus sonhos, os sonhos daquele menino pobre, residente no interior e que nunca, em hipótese alguma, negará ou abandonará as suas origens. Concluo meu curso de mestrado em tempos de ataques diários aos professores, à ciência, inovação e pesquisa, aprovações de medidas impopulares e comprometimento do serviço público nos próximos anos e cortes de investimento que comprometem o simples funcionamento das instituições, situação esta que deixa um estudante desnorteado, mas que não abandona a perspectiva de melhora.

UMA NORDESTINA

*Ela é uma pessoa
no mundo nascida.
Como toda pessoa
é dona da vida.*

*Não importa a roupa
de que está vestida.
Não importa a alma
aberta em ferida.
Ela é uma pessoa
e nada a fará
desistir da vida.
Nem o sol de inferno
a terra ressequida
a falta de amor
a falta de comida.
É mulher é mãe:
rainha da vida.*

*De pés na poeira
de trapos vestida
é uma rainha
e parece mendiga:
a pedir esmolas
a fome a obriga.*

*Algo está errado
nesta nossa vida:
ela é uma rainha
e não há quem diga.*

(Gullar, F. 1999, p. 345, 346)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da pesquisa.....	32
Figura 2 – Mapa das principais propostas de delimitação do Agreste	33
Figura 3 – Mapa de localização e recorte regional do Agreste da Borborema	35
Figura 4 – Mapa hipsométrico da região Agreste com destaque para a delimitação do Planalto da Borborema e para os perfis transversais de elevação das estações utilizadas na pesquisa..	47
Figura 5 – Mapa dos macrotipos, subtipos climáticos e das massas de ar atuantes no Brasil .	51
Figura 6 – Mapa de isoietas das normais climatológicas anuais da região Agreste	60
Figura 7 – Mapas de pluviosidade da região Agreste da Borborema nos anos-padrão eleitos para a pesquisa.....	68
Figura 8 – (a) Gráfico de precipitação para o Ano Muito Chuvoso (2011) e comparação com a média histórica anual; (b) ocorrência anual dos sistemas atmosféricos e das massas de ar por estação	72
Figura 9 – Imagens de satélite dos dias 17, 18, 19, 20 e 21 de janeiro de 2011, com ocorrência de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis.....	74
Figura 10 – Evolução de uma OL no litoral oriental do Nordeste Brasileiro durante o dia 25/08/2011.....	78
Figura 11 – Imagens de satélite dos dias 19/10/2011, 06/11/2011 e 11/11/2011 com registros de atuações de Repercussões de Frentes Frias (linha pontilhada em amarelo) na porção Sul da região Agreste.....	79
Figura 12 – Frequência espacial dos sistemas atmosféricos e das massas de ar durante o ano-padrão Muito Chuvoso.....	82
Figura 13 – Distribuição espacial dos eventos pluviométricos acima de 20,0 mm na região Agreste da Borborema durante o ano-padrão Muito Chuvoso – 2011	96
Figura 14 – (a) Gráfico de precipitação para o ano-padrão Normal (2013) e comparação com a média histórica anual; (b) ocorrência anual dos sistemas atmosféricos e das massas de ar por estação	98
Figura 15 – Imagens de satélite do dia 18/01/2013 a evolução de uma de Repercussão de Frente Fria na região Agreste da Borborema	100
Figura 16 – Imagens de satélite dos dias 03/09/2013 e 04/09/2013 mostrando a evolução de uma de Onda de Leste (pontilhado amarelo) na região Agreste da Borborema.....	103
Figura 17 – Frequência espacial dos sistemas atmosféricos e das massas de ar durante o ano-padrão Normal – 2013.....	107

Figura 18 – Distribuição espacial dos eventos pluviométricos acima de 20,0 mm na região Agreste da Borborema durante o ano-padrão Normal – 2013.....	123
Figura 19 – (a) Gráfico de precipitação para o ano-padrão Normal (2013) e comparação com a média histórica anual; (b) ocorrência anual dos sistemas atmosféricos e das massas de ar por estação	124
Figura 20 – Imagens de satélite entre os dias 19/06/2012 e 28/06/2012 mostrando a evolução de uma de Onda de Leste (pontilhado vermelho) na região Agreste da Borborema	129
Figura 21 – Frequência espacial dos sistemas atmosféricos e das massas de ar durante o ano-padrão Muito Seco – 2012.....	134
Figura 22 – Distribuição espacial dos eventos pluviométricos acima de 20,0 mm na região Agreste da Borborema durante o ano-padrão Muito Seco – 2012	148
Figura 23 – Setores climáticos da região Agreste da Borborema.....	155

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fontes dos dados de precipitação nas estações utilizadas na pesquisa	37
Quadro 2 - Classificação das categorias e probabilidades da precipitação anual relacionada às ordens quantílicas para a região do Agreste da Borborema	38
Quadro 3 – Valor dos quantis com base nos totais anuais e do quadrimestre chuvoso	39
Quadro 4 – Características referentes a área, quantidade de municípios e população total do Agreste da Borborema	44
Quadro 5 – Cidades mais populosas do Agreste da Borborema.....	45
Quadro 6 – Principais características ambientais do Agreste da Borborema.....	48
Quadro 7 - Quantitativo médio mensal e anual de precipitação e Temperatura Média Compensada – TMC para as estações do INMET localizadas no Agreste da Borborema	56
Quadro 8 - Síntese da variação anual e do quadrimestre chuvoso da pluviosidade registrada por estação climática do INMET no Agreste da Borborema	62
Quadro 9 – Período chuvoso de cada estação do Agreste da Borborema e percentual de chuva em comparação com a total médio anual	64
Quadro 10 – Período chuvoso de cada estação do Agreste da Borborema e percentual de chuva em comparação com a total médio anual	70
Quadro 11 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o Período Pré-Chuvoso do ano-padrão Muito Chuvoso	75
Quadro 12 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o Período Chuvoso do ano-padrão Muito Chuvoso.....	77
Quadro 13 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o Período Chuvoso do ano-padrão Muito Chuvoso.....	79
Quadro 14 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o ano-padrão Muito Chuvoso	80
Quadro 15 – eventos de chuva acima de 20,0 mm que ocorreram durante o ano-padrão Muito Chuvoso – 2011	94
Quadro 16 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o Período Pré-Chuvoso do ano-padrão Normal – 2013.....	101
Quadro 17 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o Período Chuvoso do ano-padrão Muito Chuvoso – 2011.	102
Quadro 18 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o Período Chuvoso do ano-padrão Muito Chuvoso – 2011.	104

Quadro 19 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o ano-padrão Normal – 2013.....	105
Quadro 20 – eventos de chuva acima de 20,0 mm que ocorreram durante o ano-padrão Normal – 2013.....	121
Quadro 21 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o Período Pré-Chuvoso do ano-padrão Muito Seco – 2012.....	127
Quadro 22 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o Período Chuvoso do ano-padrão Muito Chuvoso – 2011.....	130
Quadro 23 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o Período Chuvoso do ano-padrão Muito Chuvoso – 2011.....	131
Quadro 24 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o ano-padrão Muito Seco – 2012	132
Quadro 25 – eventos de chuva acima de 20,0 mm que ocorreram durante o ano-padrão Muito Seco – 2012	147
Quadro 26 – total de dias de atuação para cada sistema atmosférico nas estações de Santa Cruz/RN, Areia/PB, Campina Grande/PB, Surubim/PE, Caruaru/PE, Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL.....	149
Quadro 27 – acumulados pluviométricos durante a atuação dos diferentes sistemas atmosféricos e massas de ar na região Agreste da Borborema durante os anos-padrão de 2011 (Muito Chuvoso), 2013 (Normal) e 2012 (Muito Seco)	153
Quadro 28 – média de dias de atuação para cada sistema atmosférico nas estações dos setores do Agreste Setentrional e do Agreste Meridional.....	156

LISTA DE PRANCHAS

Prancha 1 – Climogramas das estações pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia localizadas na região Agreste	57
Prancha 2 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Chuvoso (2011) em Santa Cruz/RN	84
Prancha 3 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Chuvoso (2011) em Areia/PB	86
Prancha 4 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Chuvoso (2011) em Campina Grande/PB	87
Prancha 5 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Chuvoso (2011) em Surubim/PE	89
Prancha 6 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Chuvoso (2011) em Caruaru/PE	90
Prancha 7 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Chuvoso (2011) em Garanhuns/PE	92
Prancha 8 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Chuvoso (2011) em Palmeira dos Índios/AL	93
Prancha 9 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Normal (2013) em Santa Cruz/RN	109
Prancha 10 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Normal (2013) em Areia/PB	111
Prancha 11 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Normal (2013) em Campina Grande/PB	113
Prancha 12 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Normal (2013) em Surubim/PE	115
Prancha 13 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Normal (2013) em Caruaru/PE	116
Prancha 14 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Normal (2013) em Garanhuns/PE	119
Prancha 15 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Normal (2013) em Palmeira dos Índios/AL	120
Prancha 16 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Seco (2012) em Santa Cruz/RN	136
Prancha 17 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Seco (2012) em Areia/PB	138

Prancha 18 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Seco (2012) em Campina Grande/PB	140
Prancha 19 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Seco (2012) em Surubim/PE.....	142
Prancha 20 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Seco (2012) em Caruaru/PE	143
Prancha 21 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Seco (2012) em Garanhuns/PE	145
Prancha 22 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Seco (2012) em Palmeira dos Índios/AL.....	146

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba.
AGB – Associação dos Geógrafos Brasileiros.
AL – Alagoas.
APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima.
BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa.
C – Ano-padrão Chuvoso.
CCM – Complexo Convectivo de Mesoescala.
CNG – Conselho Nacional de Geografia.
CPTEC – Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos.
EMPARN – Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Norte.
ENOS – El Niño Oscilação Sul
GRADM – Gradiente Inter-hemisférico ou meridional da temperatura da superfície do mar.
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
LI – Linha de Instabilidade.
MC – Ano-padrão Muito Chuvoso.
mEa – Massa Equatorial Atlântica.
MS – Ano-padrão Muito Seco.
mTa – Massa Tropical Atlântica.
N – Ano-padrão Normal.
NEB – Nordeste Brasileiro.
OL – Ondas de Leste.
PB – Paraíba.
PCD – Posto de Coleta de Dados.
PE – Pernambuco.
RFF – Repercussões de Frente Fria.
RN – Rio Grande do Norte.
S – Ano-padrão Seco.
SEMARH – Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas.
Sudene – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste.
TA – Sistema Tropical Atlântico.
TSM – Temperatura da Superfície do Mar.
VCAN – Vórtice Ciclônico de Altos Níveis.
ZCIT – Zona de Convergência Intertropical.

RESUMO

O Agreste do Nordeste Brasileiro trata-se de uma região de importantes valores sociais, culturais e históricos. É nesta região que se localizam cidades de centralidades urbanas essenciais para seus respectivos estados, a exemplo de Campina Grande, na Paraíba, Caruaru, em Pernambuco e Arapiraca, no estado de Alagoas. No caso específico do Agreste da Borborema, região de aplicação deste estudo, nota-se a estreita relação entre o social e o natural, colocando o homem como agente produtor nas terras da região, que ora ocorrem com características úmidas, ora com feições sertanejas, o que dá a região uma particularidade não vista em outras porções do espaço geográfico nordestino. O Agreste da Borborema é uma região marcada pela diversidade paisagística que ocorre em curtas distâncias, ou seja, como aponta o emitente geógrafo Manuel Corrêa de Andrade, trata-se de uma miniatura do Nordeste. Além da diversidade paisagística, os aspectos naturais da região são marcados pela ocorrência do Planalto da Borborema, o maior domínio morfológico da região, que apresenta influências nos sistemas ambientais físicos, a exemplo do clima e, conseqüentemente, da drenagem. Talvez por apresentar tamanha diversidade natural, até hoje pouco se estudou sobre a região, sobretudo no que diz respeito à Climatologia Regional. Desta forma, partindo do fundamento teórico-metodológico da Região Geográfica e do Ritmo Climático, este que busca compreender a sucessão habitual e excepcional dos tipos de tempo e caracterizar o clima das regiões com ênfase na circulação atmosférica regional, este trabalho tem o objetivo de apresentar uma setorização climática para a região Agreste da Borborema por meio da análise da participação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos e seus reflexos na gênese e na variação das chuvas. Para o alcance deste objetivo, foram executadas etapas de análise espaço-temporal das chuvas na região Agreste da Borborema, por meio do estudo dos dados meteorológicos na escala temporal de 2005 a 2017, referentes a 7 estações automáticas, a saber: Santa Cruz/RN, Areia/PB, Campina Grande/PB, Surubim/PE, Caruaru/PE, Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL. A eleição dos anos-padrão foi realizada por meio da variação da pluviosidade, utilizando-se da técnica dos quantis. O ano de 2011 foi classificado como o ano-padrão Muito Chuvoso, o ano de 2013 como ano-padrão Normal e o ano de 2012 como ano-padrão Muito Seco. Com base nos resultados obtidos por meio da análise do ritmo dos atributos climáticos durante os anos-padrão, bem como, da temporalidade e espacialidade dos sistemas atmosféricos e das massas de ar, a região Agreste da Borborema foi dividida em dois setores que apresentam características diferenciadas no que diz respeito à gênese das chuvas: setor do Agreste Setentrional, que engloba as estações de Santa Cruz/RN, Areia/PB e Campina Grande/PB, marcado pela produção de chuvas por meio das Ondas de Leste e da Zona de Convergência Intertropical; e setor do Agreste Meridional, composto pelas estações de Surubim/PE, Caruaru/PE, Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL, e que tem como principal característica climática a predominância na atuação da Massa Equatorial Atlântica, com ocorrências menos significativas das Ondas de Leste e das Repercussões de Frentes Frias, esta última que atua de forma mais incisiva na estação alagoana de Palmeira dos Índios. Como perspectiva para estudos futuros no campo da Climatologia Regional, é esperado que a questão metodológica seja aprimorada, com utilização de recursos tecnológicos e da modelagem climática, já que existe uma limitação considerável no que diz respeito aos dados dos atributos climáticos.

Palavras-chave: Sistemas atmosféricos; Massas de ar; Ritmo climático; Anos-padrão; Precipitação.

ABSTRACT

The Brazilian Northeast Agreste is a region of important social, cultural and historical values. It is in this region that are located cities of urban centers essential for their respective states, such as Campina Grande, Paraíba, Caruaru, Pernambuco and Arapiraca, Alagoas state. In the specific case of Agreste da Borborema, the region of application of this study, we note the close relationship between the social and the natural, placing man as a producer agent in the region's lands, which sometimes occur with humid characteristics, sometimes with sertanejas features. which gives the region a particularity not seen in other portions of the northeastern geographical space. Agreste da Borborema is a region marked by landscape diversity that occurs over short distances, that is, as the issuing geographer Manuel Corrêa de Andrade points out, it is a miniature of the Northeast. In addition to landscape diversity, the natural aspects of the region are marked by the occurrence of the Borborema Plateau, the largest morphological domain in the region, which has influences on physical environmental systems, such as climate and, consequently, drainage. Perhaps because it has such natural diversity, so far little has been studied about the region, especially with regard to Regional Climatology. Thus, starting from the theoretical-methodological foundation of the Geographic Region and Climate Rhythm, which seeks to understand the usual and exceptional succession of types of weather and characterize the climate of the regions with emphasis on the regional atmospheric circulation, this paper aims to present a climatic sectorization for the Agreste region of Borborema by analyzing the participation of air masses and atmospheric systems and their effects on the genesis and variation of rainfall. In order to reach this objective, rain spatiotemporal analysis steps were performed in the Agreste region of Borborema, through the study of meteorological data on the time scale from 2005 to 2017, referring to 7 automatic stations, namely: Santa Cruz / RN , Areia / PB, Campina Grande / PB, Surubim / PE, Caruaru / PE, Garanhuns / PE and Palmeira dos Índios / AL. The election of the standard years was performed through the variation of rainfall, using the quantile technique. 2011 was classified as the Very Rainy Standard Year, 2013 as the Normal Standard Year, and 2012 as the Very Dry Standard Year. Based on the results obtained by analyzing the rhythm of climatic attributes during the standard years, as well as the temporality and spatiality of atmospheric systems and air masses, the Agreste de Borborema region was divided into two sectors with different characteristics. Regarding the genesis of the rains: Northern Agreste sector, which includes the Santa Cruz / RN, Areia / PB and Campina Grande / PB stations, marked by rainfall production through the East Waves and the Intertropical Convergence Zone ; and Southern Agreste sector, composed by the Surubim / PE, Caruaru / PE, Garanhuns / PE and Palmeira dos Índios / AL stations, and whose main climatic characteristic is the predominance of the Atlantic Equatorial Mass, with less significant occurrences of the Waves. of the East and the Cold Front Repercussions, the last one that acts more incisively in the Alagoas Palmeira dos Índios station. As a perspective for future studies in the field of Regional Climatology, it is expected that the methodological issue will be improved with the use of technological resources and climate modeling, as there is a considerable limitation regarding the climate attributes data.

Keywords: Atmospheric systems; Air masses; Climatic rhythm; Standard years; Precipitation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1. Região Geográfica	24
2.1.1. Abordagem regional do clima e o Ritmo Climático	28
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	31
3.1. Delimitação da área de estudo.....	33
3.2. Aquisição, organização e tratamento dos dados.....	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1. A região Agreste da Borborema: concepções e regionalizações.....	42
4.2. Descrição climática da área de estudo	49
4.2.1. Principais massas de ar e sistemas atmosféricos atuantes na região	49
4.2.2. Climogramas da região.....	54
4.3. Análise da variabilidade pluviométrica na região Agreste da Borborema	60
4.3.1. Seleção dos anos-padrão.....	65
4.4. Análise rítmica aplicada à Região Agreste da Borborema	69
4.4.1. Ano-padrão Muito Chuvoso – 2011.....	70
4.4.1.1. Análise do Período Pré-chuvoso do ano-padrão Muito Chuvoso – 2011.....	72
4.4.1.2. Análise do Período Chuvoso do ano-padrão Muito Chuvoso – 2011	74
4.4.1.3. Análise do Período Seco do ano-padrão Muito Chuvoso – 2011.....	76
4.4.1.4. Síntese da atuação dos sistemas atmosféricos e massas de ar durante o ano-padrão Muito Chuvoso – 2011	79
4.4.1.5. Ritmo dos atributos climáticos durante o ano-padrão Muito Chuvoso – 2011	82
4.4.1.6. Eventos de chuva intensa durante o ano-padrão Muito Chuvoso – 2011.....	93
4.4.2. Ano-padrão Normal – 2013.....	96
4.4.2.1. Análise do Período Pré-chuvoso do ano-padrão Normal – 2013	98
4.4.2.2. Análise do Período Chuvoso do ano-padrão Normal – 2013.....	100

4.4.2.3. Análise do Período Seco do ano-padrão Normal - 2013.....	101
4.4.2.4. Síntese da atuação dos sistemas atmosféricos e massas de ar durante o ano-padrão Normal - 2013	103
4.4.2.5. Ritmo dos atributos climáticos durante o ano-padrão Normal - 2013.....	107
4.4.2.6. Eventos de chuva intensa durante o ano-padrão Normal - 2013.....	120
4.4.3. Ano-padrão Muito Seco – 2012.....	123
4.4.3.1. Análise do Período Pré-chuvoso do ano-padrão Muito Seco – 2012	125
4.4.3.2. Análise do Período Chuvoso do ano-padrão Muito Seco – 2012.....	127
4.4.3.3. Análise do Período Seco do ano-padrão Muito Seco – 2012.....	129
4.4.3.4. Síntese da atuação dos sistemas atmosféricos e massas de ar durante o ano-padrão Muito Seco – 2012.....	131
4.4.3.5. Ritmo dos atributos climáticos durante o ano-padrão Muito Seco – 2012	134
4.4.3.6. Eventos de chuva intensa durante o ano-padrão Muito Seco – 2012	146
4.5. Síntese dos Resultados.....	148
4.5.1. Síntese da atuação dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema	148
4.5.2. As chuvas na região Agreste da Borborema: relação dos totais pluviométricos com a ocorrência os sistemas atmosféricos e massas de ar durante os anos-padrão	150
4.5.3. Os setores climáticos do Agreste da Borborema com base na temporalidade e espacialidade dos sistemas atmosféricos e das massas de ar.....	153
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	157
REFERÊNCIAS.....	159

1. INTRODUÇÃO

A região Nordeste, assim como ocorre em outras regiões geográficas, proporciona dificuldades para a construção de uma delimitação regional. Tal fato ocorre porque as características particulares das regiões não se apresentam isoladas, e as mudanças inter-regionais das paisagens não ocorrem de forma abrupta. Em sua concepção histórica, o Nordeste se apresenta “ora como áreas das secas, que desde a época colonial faz convergir para a região, no momento da crise, as atenções e as verbas do governo; ora como área dos grandes canaviais, que enriquecem meia dúzia em detrimento da maioria da população” (ANDRADE, 1986, p. 22).

Estas duas concepções de Nordeste são discutidas por Freyre (1961) na obra intitulada “Nordeste”, que retrata a região dos canaviais e a fartura da região canavieira do Nordeste e, posteriormente, por Menezes (1970), em uma obra intitulada “O Outro Nordeste”, na qual foram problematizadas as questões sociais advindas das secas, sucessivas e históricas, ocorridas na região. O Nordeste trata-se, portanto, de um espaço com duas realidades regionais principais que se apresentam vinculadas às características naturais, sobretudo climáticas, marcadas pela variabilidade entre períodos chuvosos e períodos secos.

Em uma breve análise histórica da divisão do Nordeste, Andrade (1986) elenca três momentos importantes, a saber:

- 1) as primeiras tentativas de divisão regional, na qual os autores apresentavam visões diferentes de Nordeste, a exemplo de delimitações que incluíam apenas os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas, além de outras classificações que incluíam, também, os estados do Maranhão e do Piauí, e um terceiro grupo que se configurava mais além, inserindo o estado de Sergipe e uma porção da Bahia, referente ao Recôncavo;
- 2) a classificação do Conselho Nacional de Geografia – CNG, em 1941, que estendia-se desde o estado do Maranhão até Alagoas; e
- 3) a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em que foram considerados nordestinos os estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, além do território de Fernando de Noronha, pertencente ao estado de Pernambuco.

A divisão dos espaços em regiões se pauta em um elemento que se sobressai, ou seja, que revela destaque na paisagem. No Nordeste, tal destaque aludido é o clima, como aponta Andrade (1986, p. 25):

No Nordeste, o elemento que marca mais sensivelmente a paisagem e mais preocupa o homem é o clima, através do regime pluvial e exteriorizado pela vegetação natural. Daí distinguir-se desde o tempo colonial a “Zona da Mata”, com o seu clima quente e úmido e duas estações bem definidas – uma chuvosa e outra seca –, do Sertão, também quente, porém, seco, e não só seco, como sujeito, desde a época colonial, a secas periódicas que matam a vegetação, destroçam os animais e forçam os homens à migração. Entre uma área e outra se firma uma zona de transição, com trechos quase tão úmidos como o da Mata e outros tão secos como o do Sertão, alternando-se constantemente e a pequena distância, que o povo chamou de Agreste. Daí dessa diversidade climática surgiria a dualidade consagrada pelos nordestinos e expressa no período colonial em dois sistemas de exploração agrária diversos, que se complementam economicamente, mas que política e socialmente se contrapõem: o Nordeste da cana-de-açúcar e o Nordeste do gado, observando-se entre um e outro, hoje, o Nordeste da pequena propriedade e da policultura (...).

Nessa concepção histórica e tradicional, o Nordeste foi dividido em quatro grandes sub-regiões que, de acordo com Andrade (1986) são, ao mesmo tempo, naturais e geográficas: Zona da Mata, Agreste, Sertão e Meio-Norte.

O Agreste é considerado como uma “miniatura” do Nordeste brasileiro pela sua diversidade paisagística percebida em curtas distâncias. É formado por uma estreita faixa de transição natural que se localiza entre a Zona da Mata e o Sertão e engloba, de forma latitudinal, os estados de Rio Grande do Norte a Bahia (ANDRADE, 1986). O maior domínio morfoestrutural do Agreste é o Planalto da Borborema, que ocorre entre os estados do Rio Grande do Norte e Alagoas e, em sua faixa exposta aos ventos oceânicos, recebe chuvas orográficas – barlavento –, já nas áreas a oeste, apresenta características naturais mais secas – sotavento. Além de sua posição morfológica, a altitude do Planalto da Borborema também interfere nas características climáticas da região, que condicionam a existência dos brejos, principalmente nos estados da Paraíba e Pernambuco (VASCONCELOS SOBRINHO, 1971; TABARELLI; SANTOS, 2004).

Por se tratar de uma região de transição, o Agreste apresenta grande diversidade de tipos climáticos. Tal variedade é reconhecida por Andrade (1986, p. 31):

O Agreste [...] é bem característico em seus aspectos, mas em outras ocasiões pode ser confundido com a Mata em seus trechos mais úmidos e com o Sertão nos mais secos. Em outros trechos [...] surgem os brejos que apresentam condições de umidade e pluviometria semelhantes às da “Zona da Mata”, ao lado de temperaturas, devido à altitude, bem mais amenas do que as desta região [...]. Em outros trechos, justamente à sotavento destas elevações, onde as taxas pluviométricas são bem mais baixas, a caatinga, que no Agreste tem sempre maior densidade e porte do que no Sertão, apresenta-se em largas extensões de pequeno porte e de baixa densidade vegetal.

As variadas paisagens que ocorrem no Agreste, marcadas, sobretudo, pelo aspecto climático, precisam ser melhor compreendidas. Para isso, é necessário considerar aspectos da dinâmica das massas de ar e dos sistemas atmosféricos, a influência do relevo e os processos ocorridos na interação entre o clima e o espaço geográfico.

As dificuldades acerca das referências para os estudos regionais sobre o Nordeste são decorrentes da carência de estudos a partir da década de 1990. O auge das produções regionais ocorreu nas décadas de 1960, 1970 e 1980, quando órgãos como a SUDENE, a Associação dos Geógrafos Brasileiros – AGB e o IBGE publicavam periodicamente estudos diversos e multidisciplinares, ofertando muitas publicações na área da Geografia. Porém, com o passar dos anos, as publicações foram se tornando raras, em especial, aquelas relacionadas à climatologia regional. Diante disso, torna-se necessário a retomada de estudos de climatologia geográfica de cunho regional, sobretudo no Nordeste, região do país em que a produção geográfica na área de climatologia ainda é escassa, salvo algumas exceções, a exemplo dos trabalhos desenvolvidos por Souza (1998) e por Soares (2015).

Assim, o estudo regional do Agreste com ênfase na setorização climática é de suma importância para que se tenha mais clareza da distribuição espacial das condições atmosféricas na região, especialmente das chuvas, considerando aspectos da climatologia dinâmica. Dessa forma, por meio da Análise Rítmica em climatologia proposta por Monteiro (1969, 1971 e 2015) tentar-se-á compreender a gênese e a variação espaço-temporal das chuvas na região considerando a atuação e a periodicidade das massas de ar e dos sistemas atmosféricos; e os controles climáticos regionais e locais (relevo, maritimidade e continentalidade).

A abordagem da Climatologia Geográfica no âmbito do Ritmo Climático no Nordeste – neste caso, com ênfase nas precipitações – é de suma importância para a investigação da variação espacial e temporal das chuvas, dos tipos de tempo e da gênese, temporalidade e espacialização das massas de ar e sistemas atmosféricos. A técnica da Análise Rítmica se aplica nesta situação para, além de verificar a habitualidade da sucessão dos tipos de tempo, conhecer os eventos pluviométricos extremos, especialmente diários, estes que são inibidos na concepção tradicional da Climatologia, que utiliza o estado médio da atmosfera como parâmetro de análise.

Nesta perspectiva, as pesquisas em Climatologia Regional são estritamente necessárias para a recondução dos estudos norteados pelo conceito de Região à Geografia na contemporaneidade. Destaca-se, assim, o trabalho desenvolvido por Pereira (2018), que aplicou a técnica da análise rítmica para se compreender a dinâmica climática da Zona da

Mata da Região Nordeste. Este trabalho vem, portanto, dar continuidade a esta tendência de retomada do conceito de região nos estudos de climatologia geográfica, avançando na compreensão da dinâmica climática, do ritmo climático e da compreensão dos tipos de tempo na região Agreste da Borborema, que possui características físicas e climatológicas bastante diferentes da Zona da Mata, embora se apresentem muito próximas e interligadas.

Diante do exposto, a presente pesquisa tem o objetivo de propor uma setorização climática para a região do Agreste da Borborema, que contemplará os aspectos geográficos inerentes à pluviosidade, os fatores da circulação regional da atmosfera (participação e intensidade de atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos) e as respostas provocadas no espaço geográfico pelos fenômenos climáticos. Nessa perspectiva, Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 20) destacam que “a Climatologia brasileira tem muitos desafios a enfrentar, tanto no que concerne ao detalhamento da dinâmica atmosférica quanto à diversidade climática do país”, e este trabalho visa superar um desses desafios ao compreender a diversidade climática da região Agreste da Borborema do Nordeste do Brasil ao setorizar e detalhar a dinâmica atmosférica dessa região.

Como objetivos específicos, têm-se os seguintes pontos:

- Analisar a variação espaço-temporal das chuvas no Agreste da Borborema;
- Eleger “Anos-Padrão” (Muito seco, Normal e Muito chuvoso) por meio da variação da pluviosidade;
- Categorizar os tipos de tempo dos “Anos-Padrão” através da análise sinótica e dos dados referentes aos atributos climáticos;
- Apresentar uma setorização climática da região Agreste da Borborema.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O embasamento teórico deste trabalho se dá a partir de estudos sobre os conceitos de Região Geográfica e de Ritmo Climático em sua abordagem regional.

2.1. Região Geográfica

O principal embate teórico moderno acerca do conceito de Região é pautado na discussão entre Região Natural e Região Geográfica. Moreira (1988, p. 11) diferencia essas duas abordagens, colocando expressões base como, no primeiro caso, a homogeneidade e, no segundo, a combinação de fatores físicos e socioeconômicos. Segundo a autora, no caso da região natural, são levados em consideração aspectos eminentemente naturais, como a distribuição florística e sua relação com o clima e o solo. Assim,

[...] o esforço de regionalização limita-se a identificação de espaços naturais homogêneos, ou seja, espaços caracterizados em função de um elemento da natureza ou da combinação de várias paisagens naturais congeladas que se prescindem da presença humana [...].

Porém, segundo a autora (1988, p. 13), sob o enfoque de Engels que trata da dominação do homem sobre a natureza, fator que revela a diferença essencial entre o homem e os demais animais, “torna-se difícil dissociar Natureza de paisagem humanizada”. Nesta perspectiva, a classificação geográfica da Região surge com uma associação entre aspectos naturais e socioeconômicos, nas quais se consideram diferenças metodológicas e mudanças nas perspectivas de abordagem:

A compartimentação do espaço com base na identificação de regiões geográficas distingue-se da que se destina a delimitar regiões naturais quer em relação à metodologia, quer em relação ao enfoque adotado: a) quanto à metodologia adotada. Além do método da observação e inventário dos fatos do meio físico preocupa-se em quantificar os dados sócio-econômicos; b) quanto ao enfoque. A região geográfica não é entendida apenas como um espaço natural homogêneo, mas o espaço natural transformado pela atividade humana. Em outras palavras, ele é o resultado da relação que se estabelece entre o homem e o meio ao longo do tempo.

Nesse sentido, a concepção de Região Geográfica se enquadra melhor ao processo de alcance dos objetivos desta pesquisa, já que não se almeja apenas compreender os fatores físicos do Agreste, mas também verificar as relações entre sociedade e natureza na região.

Vários são os autores que já abordaram conceitualmente a Região Geográfica e suas aplicabilidades, porém, não há consenso sobre o conceito de Região, o que o vincula às mais diversas formas de leitura do espaço. Além disso, não há termos homogêneos e abordagens

unânicos que versam sobre esta categoria de análise da Geografia. Tal aspecto particulariza o conceito diante do leque teórico pertencente à Geografia.

Por ser uma atual produção regional nordestina, o estudo de Matos (2013) será uma das principais referências conceituais sobre região para esta pesquisa. Suas afirmações sobre o Meio-Norte e suas possibilidades turísticas servem de apoio no campo teórico da região por haver uma análise consolidada e uma (re) construção do conceito, que atualiza a discussão, bem como, ousa ao tratar do conceito de região num momento em que esta abordagem apresenta “diversas mortes devido ao desgaste conceitual” (MATOS, 2013, p. 37).

Além do estudo de Matos (2013), há outras produções que servem de apoio, principalmente Andrade (1986), que faz as primeiras análises profundas sobre as regiões geográficas do Nordeste; Claval (1998), que apresenta uma estreita relação entre a história do pensamento geográfico e o debate regional; Haesbaert (1999), que adiciona a dialética na compreensão regional e seus conceitos articulados; Corrêa (1986), que enfatiza a complexidade do conceito de região; Santos (2002), que propõe uma discussão sobre uma nova definição para o conceito; Lencioni (2005), que faz um paralelo entre as diferentes perspectivas dos estudos de região e os paradigmas da Geografia; e novamente Haesbaert (2003 e 2010), que critica a sobrevalorização da região na atualidade e afunilamento de suas discussões, chegando ao questionamento de sua manutenção nas discussões geográficas, e discute a “morte” e a “vida” do conceito de região, aludindo sua evolução à temporalidade dos conceitos.

Nota-se, a partir desses autores, uma linha de abordagem do conceito que região, que se apresentou de forma muito forte na Geografia a partir da década de 1950, quando o método regional era o mais forte na ciência geográfica, e foi perdendo sua força a partir dos movimentos da globalização.

Haesbaert é um dos autores que mais contribuíram para a compreensão do conceito de região e os estudos regionais no Brasil. O autor apresenta diversas obras em temporalidades diferentes, que auxiliam na compreensão dos avanços e desusos de diversos procedimentos metodológicos e aspectos teóricos inerentes à região. Dentre essas obras, destacam-se “Região, Diversidade Territorial e Globalização” (HAESBAERT, 1999), “Morte e vida da região: antigos paradigmas e novas perspectivas da Geografia Regional” (HAESBAERT, 2003), e “Regional-global: dilemas da região e da regionalização na geografia contemporânea” (HAESBAERT, 2010). Uma das contribuições mais significantes dessas obras é apresentada pelo autor (2010, p. 181), quando afirma que a “sobrevivência” da região se vincula à visão integrada de uma área, e não apenas para que se tenha uma delimitação:

Se a região e a regionalização não desapareceram, não é somente porque a diferenciação e/ou a “desqualificação” do mundo continuam fortes, mas também porque, numa visão mais integrada e vivida e não simplesmente funcional e classificatória de região, continuam vivos os movimentos, as identidades, as representações e as políticas ditas regionais.

É por meio desta corrente regional que os estudos geográficos não mais apontam características regionais para determinados lugares, uma vez que a globalização impede a disseminação regional nos locais mais acessíveis à informática, por exemplo. Esta visão mais integrada entre os conceitos geográficos é proposta também por Milton Santos, em sua obra “Por uma geografia nova”, ao destacar os fluxos gerados pela globalização e as perdas de identidades e particularidades regionais. Segundo o autor, a “economia mundializada” é o principal fator para a deflagração da crise da concepção tradicional e clássica de região. Tal cenário exige, segundo o autor, uma nova definição para a palavra região (SANTOS, 2002). Volta-se, assim, ao que Haesbaert (2002, p. 21) coloca quando afirma que “não faltam (...) novas perspectivas para a análise regional, sejam na forma das antigas regiões-zona, ou na forma das regiões-rede ou das redes regionais”.

Lencioni (2005), por sua vez, aponta diversas perspectivas no estudo regional, iniciando pelo pensamento de La Blache que, embora não apresentasse uma definição para região, iniciava a discussão ao destacar as especificidades, particularidades e singularidade dos lugares. É isso, portanto, uma das bases dos estudos regionais: a individualização, a exclusividade. Como aponta a autora, La Blache defendia que “a região podia ser objetivamente distinguida na paisagem e que os homens têm consciência da existência das regiões à medida que constroem identidades regionais” (LENCIONI, 2005, p. 189).

A autora traz em Hettner o segundo viés teórico da região, que, influenciado principalmente pelas ideias de Hartshorne, se coloca diametralmente oposto a La Blache: “enquanto para La Blache a região se evidencia na paisagem, para Hettner ela não é auto-evidente. Os limites regionais são provenientes de um exercício intelectual, uma construção intelectual do pesquisador.” (LENCIONI, 2005, p. 190).

Mesmo apresentando complexidade, o conceito de região evidencia, atualmente, certo esvaziamento em sua discussão, o que resulta em uma barreira entre o pesquisador e a temática regional. Matos (2013, p. 38) mostra sua preocupação acerca dessa situação:

Do esvaziamento de debates sobre o conceito de região, tanto no âmbito das políticas públicas, como pela seara científica, forma-se uma complexa barreira diante à temática regional, vindo resultar na materialização de uma complexa compreensão desta (...). Esse suposto esvaziamento de conteúdo no debate da região, o confere um espaço de *guarda-chuva*, no qual tem seu escopo preenchido por uma gama de direcionamentos.

Outra discussão de região no paradigma da geografia, de acordo com Lencioni (2005), é marcada pela utilização da teoria geral dos sistemas para a tentativa de resolução de questões como a delimitação funcional da região, a definição da escala regional e a coesão do conteúdo regional. Na perspectiva sistêmica, o estudo regional procurava a classificação e a hierarquização das regiões, verificando suas relações funcionais e menosprezando o reconhecimento das regiões historicamente definidas.

Por fim, na perspectiva paradigmática da Geografia com ênfase na região, ocorrem as críticas à influência positivista e a ascensão da fenomenologia e do marxismo. Lencioni (2005, p. 193-197) destaca que:

As críticas à influência do positivismo lógico na geografia se avolumaram e a busca de novos caminhos significou o desenvolvimento de outras correntes do pensamento geográfico, tais como a fenomenologia e o marxismo, que, de diferentes maneiras, acentuaram a preocupação com o caráter social da geografia e conduziram à construção de novos parâmetros para o estudo regional. Uma nova geografia regional se apresentou com novas preocupações.

Considerando os objetos como fenômenos e como esses objetos aparecem na consciência, o enfoque regional começou a desenvolver novos temas. (...) Assim, procurou-se apreender os laços afetivos que criam uma identidade regional. A identidade dos homens com a região se tornou então um problema regional de inspiração fenomenológica.

A Geografia regional sob a inspiração marxista (...) trouxe grandes contribuições ao desenvolvimento da análise regional, tendo introduzido novas categorias de análise para o estudo regional.

Lencioni (2005) destaca, na conclusão de seu estudo, a obscuridade que os estudos regionais apresentaram a partir do fim do século XX e, principalmente, no século XXI. Segundo a autora, a homogeneidade da sociedade aparece como fator determinante, porém tal homogeneidade é frágil, tratando-se apenas de uma “aparência”. É por meio da fragilidade da homogeneidade, como destaca a autora, que os estudos regionais devem continuar a ser desenvolvidos, devolvendo à Geografia esta análise que foi perdida e/ou substituída, resgatando dimensões importantes do espaço geográfico e diferenciando as exceções, tão relevantes para os estudos geográficos, já que destacam os aspectos heterogêneos das categorias de análise da Geografia, inclusive, da Região Geográfica.

A variabilidade conceitual da região traz em tela a quantidade de alternativas de abordagem regional nas pesquisas atuais. Assim, de acordo com Matos (2013), essa conjuntura conceitual possibilita à análise geográfica “um novo leque de variáveis, resultando na promoção de regiões pautadas por enfoques dos mais variados interesses concebidos”

(MATOS, 2013, p. 38). A nova discussão do conceito de região é pautada nas diversas características que as sociedades apresentam atualmente, principalmente as que se moldam a partir dos movimentos de pessoas entre as cidades, por diversos motivos, bem como, das relações entre o homem com o meio ambiente e os impactos resultantes.

Matos (2013) destaca que os anos iniciais do século XXI exprimem um completo estado de complexidade conceitual de região, criando embates nas pesquisas geográficas que, de certo modo, continuam a propor abordagens não tão novas, partindo até para o determinismo. O autor aborda quatro fatores de complexidade na construção conceitual de região: o discurso globalizante (a diluição da região frente à homogeneização espacial), a análise descritiva (abordagem meramente descritiva, sem considerar os processos dinâmicos, sejam eles sociais ou naturais), a fragmentação do pensamento geográfico (a diluição da região na dicotomia entre geografia física e geografia humana) e a perspectiva de Região e Planejamento (o fracasso das políticas regionais).

Diante da perspectiva apresentada pela análise do conceito de região, baseada nos estudos geográficos pioneiros e atuais, tal fundamentação neste esboço conceitual justifica-se pelo ajuste entre o conceito e sua aplicabilidade nos estudos ambientados na Climatologia Geográfica. Assim, é por meio do pensamento baseado no conjunto da abordagem regional do clima e do ritmo climático que esta pesquisa se edifica.

2.1.1. Abordagem regional do clima e o Ritmo Climático

O desenvolvimento desta pesquisa insere-se no campo da Climatologia regional e ocorre de acordo com as produções do professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, que revolucionou as pesquisas de Climatologia Geográfica no Brasil, quando propôs nas décadas de 1960 e 1970 a análise do ritmo dos tipos de tempo, ou seja, o Ritmo Climático, e norteou os procedimentos metodológicos das pesquisas de Climatologia que vieram posteriormente. Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 19):

A partir da década de 1960, e principalmente sob a influência de Monteiro, a Climatologia brasileira passou a registrar a produção de trabalhos de cunho regional e local, os quais transcenderam a predominante abordagem estritamente meteorológica do clima. Passou-se a observar, assim, uma profusão de estudos acerca da interação do clima (natureza) com as atividades humanas (sociedade), em um jogo mútuo de influências [...].

Segundo Ribeiro (1993, p. 3), “a identidade do clima regional confunde-se com suas próprias repercussões na cobertura vegetal natural dos continentes, relação que tem inspirado a proposição de muitas classificações climáticas nesta escala”. Já Jesus (2008, p. 179) insere a

característica topoclimatológica na abordagem regional do clima: “o clima regional geralmente possui inúmeras variações no seu interior em função, sobretudo, da compartimentação topoclimatológica”.

Sant’Anna Neto (2013, p. 77) considera a escala regional do clima como intermediária e ressalta que, nesta perspectiva, permite “a observação e a compreensão de uma trama em que a organização da paisagem (...) articula-se revelando os diversos níveis de organização espacial.”. Além disso, há a permissão do “entendimento da circulação secundária dos grandes sistemas atmosféricos e suas relações com os fatores geográficos, como (...) a altitude”.

Ainda segundo Sant’Anna Neto (2013, p. 83), a escala regional do clima é mais complexa do que a global, já que os processos de circulação atmosférica geral e secundária recebem influência de fatores geográficos que podem potencializar ou minimizar os atributos climáticos. Segundo o autor:

Dentro de uma mesma zona de circulação atmosférica (as áreas intertropicais, por exemplo, uma região pode ser mais ou menos chuvosa do que outra, em função de sua posição com relação aos sistemas produtores de chuva, da orientação do relevo (orografia), da proximidade do mar, ou, ainda, pode ser mais ou menos quente do que outra, por causa da altitude (zonas planálticas ou montanhosas), e da continentalidade.

Nesse sentido, o clima regional do Agreste reflete a pluralidade citada por Andrade (1986), visto que suas variadas vegetações (de mata serrana a caatinga) são condicionadas pelas características climáticas regionais e, além disso, há a influência do Planalto da Borborema, que cria áreas de barlavento, de sotavento, e de diferenciadas dinâmicas de circulação do ar, a exemplo da movimentação atmosférica em vales de rios. Segundo Ribeiro (1993, p. 3),

O clima regional pode apresentar significativas variações em seu interior devido à ação de determinadas feições fisiográficas ou antrópicas que interferem no fluxo energético ou no transporte de massa da circulação regional, diferenciando subsistemas de circulação secundária.

Na busca do entendimento dinâmico do clima, Monteiro (1971, p. 9) rompeu com o paradigma da Climatologia ao passar da abordagem estático-estatística do clima para a abordagem dinâmica. Assim, foi proposto o paradigma do Ritmo Climático, que é um tratamento dos dados climatológicos a fim de considerar a sucessão habitual e excepcional dos tipos de tempo:

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

Esta compreensão do clima visa destacar os fenômenos atmosféricos que ocorrem em caráter habitual, evidenciando, também, os fenômenos e os estados atmosféricos que se apresentam em caráter raro e extremo. Trata-se, assim, de uma concepção regional, já que os diferentes tipos de tempo são associados aos sistemas atmosféricos e massas de ar, que se organizam e atuam numa dimensão mesoclimática (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Os estados momentâneos da atmosfera são compreendidos por meio da Técnica da Análise Rítmica, o que possibilitou a análise geográfica do clima (MONTEIRO, 2015). O tratamento dos dados climatológicos até a criação desta técnica ocorria a partir de uma estatística baseada na média para obtenção das normais climatológicas. Este tipo de dado climático põe uma espécie de “máscara” nos eventos extremos e impossibilita a análise em escala temporal reduzida e suas correlações com os impactos nas populações. Segundo Monteiro (1971, p. 12-13),

Só a análise rítmica detalhada ao nível de ‘tempo’, revelando a gênese dos fenômenos climáticos pela interação dos elementos e fatores, dentro de uma realidade regional, é capaz de oferecer parâmetros válidos à consideração dos diferentes e variados problemas geográficos desta região (...). Na análise rítmica as expressões quantitativas dos elementos climáticos estão indissoluvelmente 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.

O nível cronológico de “tempo” destacado por Monteiro (1971) é ressaltado por Zavattini (2015, p. 172) ao destacar a importância da decomposição cronológica dos dados climáticos para uma avaliação diária:

(...) a caracterização do ritmo do clima exige a decomposição cronológica em unidades menores que as anuais, mensais ou semanais, pois a sucessão contínua dos estados atmosféricos se dá em unidades diárias e horárias. (...) somente a partir da escala diária pode-se associar a variação dos elementos climáticos sobre os tipos de tempo de um dado lugar, que se sucedem conforme os mecanismos da circulação atmosférica regional.

Nesta decomposição cronológica, a Análise Rítmica “não requer o emprego de longas séries temporais” (ZAVATTINI, 2015, p. 173), como ocorre nas abordagens que utilizam as médias, a exemplo das normais climatológicas. A Análise Rítmica utiliza um procedimento

referente aos períodos representativos dos diferentes ritmos climáticos, sejam os habituais ou os excepcionais: os “anos-padrão”. É por meio dos “anos-padrão” que são elaborados os gráficos de Análise Rítmica e, assim, quantificam-se os tipos de tempo para cada dia dos anos representativos a fim de verificar os parâmetros genéticos do clima.

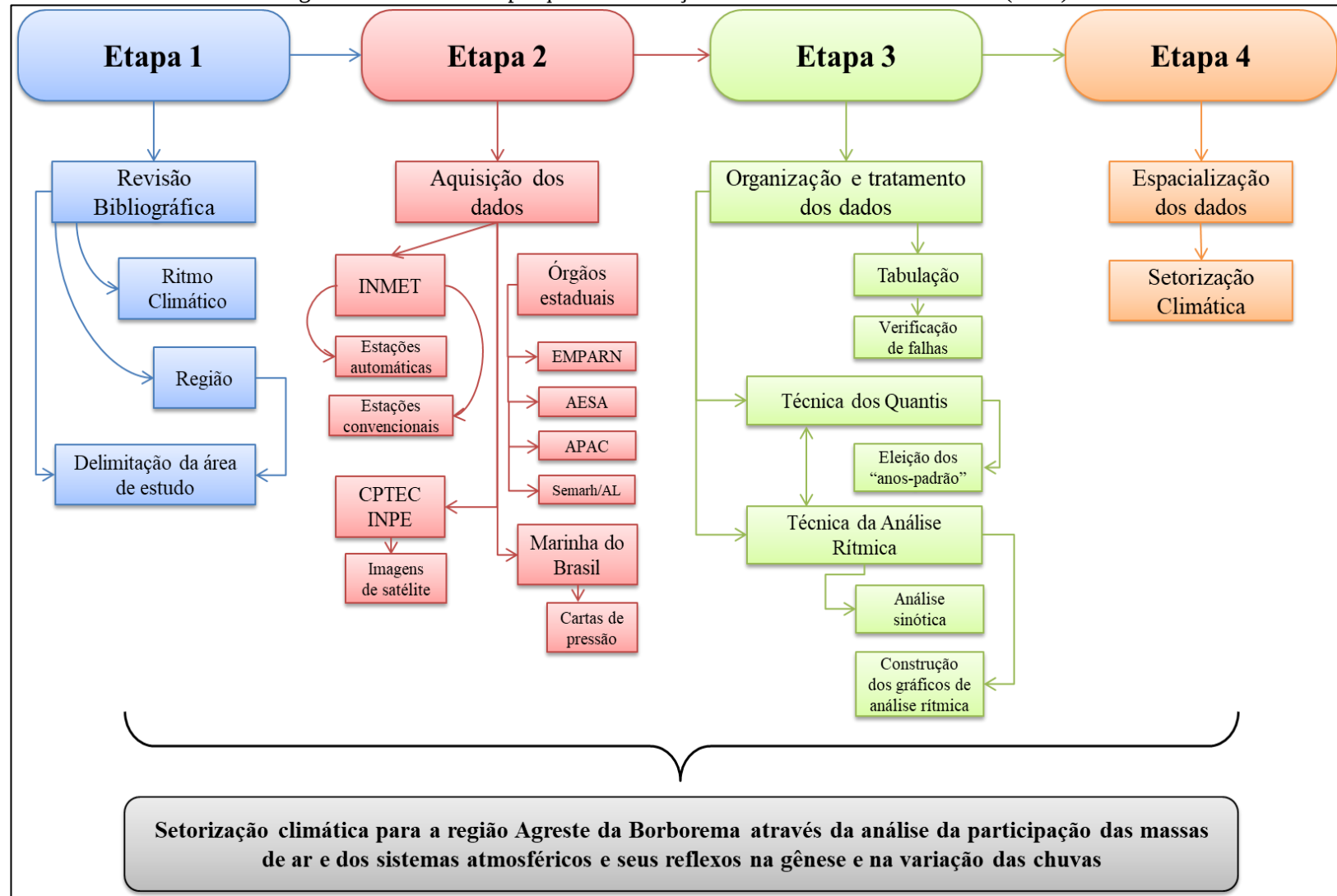
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho teve execução por meio de quatro etapas, resumidas a seguir:

- Etapa 1: consiste na parte de revisão bibliográfica e na abordagem conceitual, bem como, na delimitação da área de estudo;
- Etapa 2: constitui-se da fase de aquisição dos dados a serem utilizados na pesquisa, esta que terá como subsídio os órgãos que tratam da meteorologia nos quatro estados brasileiros envolvidos, além do INMET, o CPTEC/INPE e a Marinha do Brasil;
- Etapa 3: integra a organização e o tratamento dos dados coletados, com utilização da técnica estatística de separatriz dos Quantis e da técnica da análise rítmica, utilizada nos estudos da Climatologia Geográfica brasileira; e
- Etapa 4: compreende a fase de espacialização dos fenômenos climáticos na região, sobretudo as chuvas, bem como, da setorização climática em específico, considerando a periodicidade e a abrangência dos sistemas atmosféricos e massas de ar que atuam na região estudada.

Nos próximos tópicos, serão detalhadas etapas e sub-etapas, destacadas na Figura 1.

Figura 1 – Estrutura da pesquisa. Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2018).

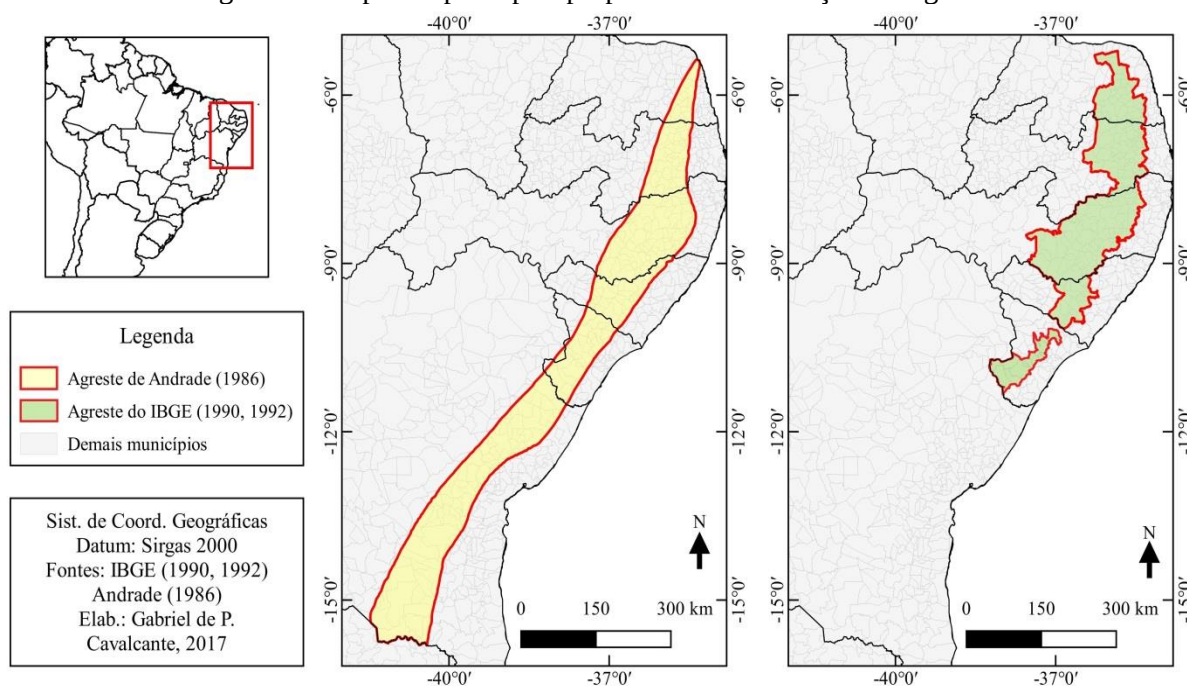


3.1. Delimitação da área de estudo

A composição de um espaço territorial é parte essencial para a realização de uma pesquisa geográfica. É dentro desse espaço que ocorrem os fenômenos eleitos como objetos de estudo, as situações que delimitam os problemas e a amplitude temporal e espacial dos dados que serão analisados. Esta pesquisa abrangerá o fenômeno das chuvas como abordagem, considerando a variabilidade, intensidade e abrangência dos sistemas atmosféricos e das massas de ar em um espaço territorial marcado pela presença do Planalto da Borborema, um controle climático (relevo). Nesse sentido, a delimitação da área de estudo para esta pesquisa obedeceu a dois critérios: 1) análise da abrangência dos recortes regionais apresentados pela literatura; e 2) ocorrência do Planalto da Borborema enquanto agente de controle climático.

As propostas existentes na literatura se baseiam em duas eminentes referências para a Geografia Brasileira: Andrade (1986) e do IBGE (1990, 1992), ambas mostradas na Figura 2.

Figura 2 – Mapa das principais propostas de delimitação do Agreste.



A regionalização de Andrade (1986) inclui no Agreste, porções do Cariri Paraibano, a exemplo dos municípios de Boqueirão e Cabaceiras, que não apresentam condições naturais de transição, mas sim, de semiaridez, conforme comprova a vasta literatura existente para esta região paraibana, como os estudos de Souza (2008) e Souza, Suertegaray e Lima (2009). É pertinente mencionar que esta delimitação foi elaborada de forma manual, o que permite a

generalização e a incorporação de áreas que não apresentam características – especialmente as características naturais – semelhantes.

Já as delimitações do IBGE (1990, 1992), por meio das publicações referentes às Mesorregiões Geográficas do Brasil, não propõem a Mesorregião do Agreste para o estado da Bahia (o que é apresentado por Andrade [1986]), provavelmente por causa da grande dimensão territorial desse estado, inviabilizando fragmentos de interação regional com foco na abordagem natural, além de apresentar uma descontinuidade entre Alagoas e Sergipe. Segundo Andrade (1986, p. 33-34):

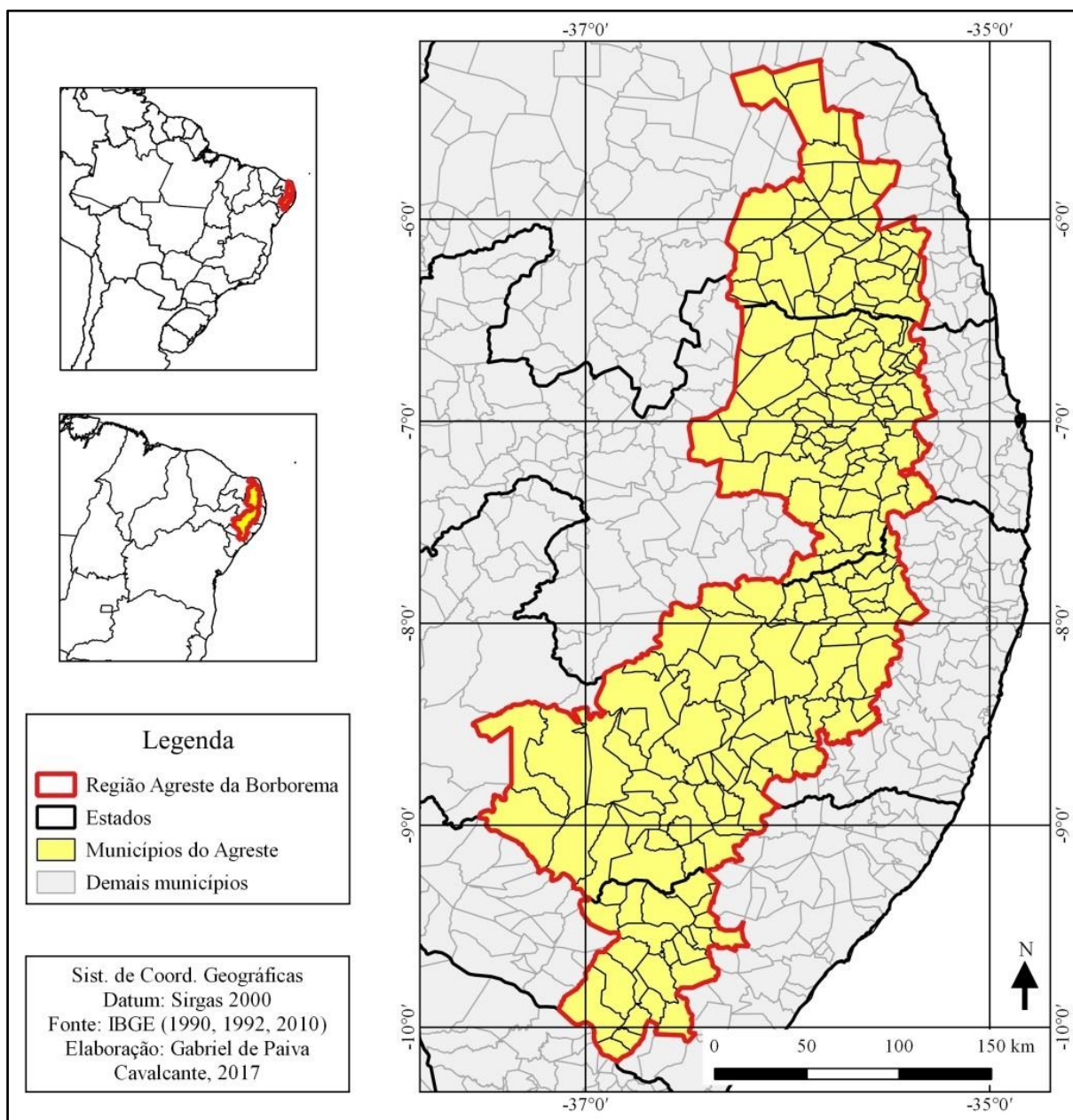
O Agreste baiano alonga-se de norte a sul, apresentando áreas tradicionalmente consideradas como sertanejas e de mata seca. Assim, podemos considerar agrestinos os municípios de Alagoinhas e Feira de Santana, dedicados à pecuária e à policultura, assim como os situados no planalto, mais ao sul, em altitudes que atingem às vezes 600 metros, como Jequié, Vitória da Conquista e Itapetinga, onde se desenvolve uma pecuária de corte, com gado de boa qualidade e pastagens cultivadas. O limite entre a Mata e o Agreste seria traçado pela linha que indica a separação entre o sistema monocultor cacaueteiro e o sistema de criação de gado de corte.

De acordo com a primeira publicação sobre as Mesorregiões e Microrregiões do IBGE (1990), os parâmetros para identificação das mesorregiões têm como determinante o processo social, como condicionante os aspectos naturais e a rede de comunicação como elemento da articulação espacial. Assim, nestas condições metodológicas, a criação da “Mesorregião do Agreste Baiano” torna-se inviável, já que os parâmetros naturais são apenas condicionantes, devendo haver relação de comunicação entre as cidades componentes das microrregiões, algo que se torna complicado em extensões territoriais mais abrangentes.

Além disso, a proposta do IBGE aborda um recorte territorial rigorosamente paralelo ao Planalto da Borborema – excetuando a mesorregião do Agreste do estado de Sergipe, fato que abrange integralmente o segundo critério de delimitação da área de estudo.

Desta forma, considerando os aspectos apresentados e os critérios de escolha, a área de abrangência dos estudos desenvolvidos nesta pesquisa corresponde ao recorte regional na zona de transição do Rio Grande do Norte, da Paraíba, de Pernambuco e de Alagoas, proposto pelo IBGE (1990, 1992). O recorte municipal é, novamente, do IBGE (1990, 1992), e a relação com a Borborema é proveniente das abordagens de Andrade (1986), Melo (1962) e Corrêa et al (2010). A Figura 3 mostra a localização da área e destaca o recorte de delimitação regional que será utilizado neste trabalho.

Figura 3 – Mapa de localização e recorte regional do Agreste da Borborema.



3.2. Aquisição, organização e tratamento dos dados

A aquisição dos dados pluviométricos utilizados neste trabalho ocorreu em dois tipos de banco de dados: primeiramente, foram levantadas as estações convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, por meio do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP do INMET, disponíveis no *site*¹ do referido órgão, que fornece os dados de forma gratuita.

¹ Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>

As estações do INMET se dividem em três grupos, a saber: estações de ar superior, estações climatológicas convencionais e estações automáticas, ou seja, os Pontos de Coleta de Dados – PCD. Segundo o INMET (2017):

O Sistema de Coleta e Distribuição de Dados Meteorológicos do Instituto (temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento, pressão atmosférica, precipitação, entre outras variáveis) é dotado de estações de sondagem de ar superior (radiossonda); estações meteorológicas de superfície, operadas manualmente; e a maior rede de estações automáticas da América do Sul. Os dados coletados por essa rede são disseminados, de forma democrática e gratuita, em tempo real, e têm aplicação em todos os setores da economia, de modo especial no agropecuário e em apoio à Defesa Civil. O Banco de Dados Meteorológicos do INMET já incorporou, em forma digital, em seu acervo, informações diárias coletadas desde 1961. (INMET, 2017, página da internet²).

A escolha das estações a serem consideradas na análise ocorreu mediante a consideração de três critérios: 1) possuir série de dados pluviométricos sem falhas para a categorização periódica padrão (anos-padrão e quadrimestre chuvoso); 2) apresentar disponibilidade de dados dos atributos climáticos suficientes para a aplicação da técnica da análise rítmica (temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, precipitação, direção e velocidade do vento, cobertura de céu, sistemas atmosféricos predominantes, entre outros, de acordo com Mendonça e Danni-Oliveira, 2007). Tais dados, coletados pelas estações automáticas do INMET, foram adquiridos mediante solicitação ao órgão; e 3) estar localizada dentro do limite regional do Agreste estabelecido pelo IBGE (1990) e no compartimento estrutural da Borborema, delimitado por Corrêa et. al. (2010).

Após a consideração desses três critérios, foram escolhidas as estações de Santa Cruz/RN, Areia/PB, Campina Grande/PB, Surubim/PE, Caruaru/PE, Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL.

Foram coletadas séries de dados pluviométricos de cinco estações convencionais do INMET: Areia/PB, Campina Grande/PB, Surubim/PE, Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL. As cidades de Santa Cruz/RN e Caruaru/PE não possuem estações convencionais ativas. Após a análise das cinco séries coletadas, observou-se que as estações de Campina Grande/PB, Surubim/PE, Garanhuns/PE constavam falhas substanciais, o que impossibilitou a utilização; desta forma, apenas as séries de Areia/PB e de Palmeira dos Índios/AL apresentavam consistência nos dados e ausência de falhas relevantes e, assim, foram utilizadas na pesquisa.

² Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=sobre_inmet

Tendo em vista a necessidade de se preencher o banco de dados e possuindo disponibilidade de órgãos estaduais (segundo tipo de base virtual) com séries diárias de precipitação em postos pluviométricos, foram coletadas informações dos seguintes órgãos: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Norte (EMPARN), Agência Executiva de Águas do Estado da Paraíba (AESA), Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e da Secretaria de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado de Alagoas (SEMARH). Assim, completou-se o banco de dados para a análise anual da precipitação, cujas fontes discriminadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Fontes dos dados de precipitação nas estações utilizadas na pesquisa.

UF	Estação	Coordenadas	Fonte dos dados
RN	Santa Cruz	6.23, -36.03	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Norte (EMPARN)
PB	Areia	6.97, -35.68	Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)
	Campina Grande	7.23, -35.91	Agência Executiva de Águas do Estado da Paraíba (AESA)
PE	Surubim	7.84, -35.79	Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC)
	Caruaru	8.24, -35.99	
	Garanhuns	8.91, -36.49	
AL	Palmeira dos Índios	9.42, -36.62	Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2018).

Os dados dos órgãos estaduais também serão utilizados durante a etapa de setorização climática, quando será necessário um número elevado de postos para uma regionalização pluviométrica mais consistente. Vale mencionar que, nesta etapa, também serão considerados postos pluviométricos fora dos limites regionais do Agreste (IBGE, 1990), listados no Anexo 1. A utilização de dados de postos pluviométricos extrínsecos aos limites regionais é importante para a interpolação dos dados em ambiente SIG, o que possibilita a contiguidade dos dados e uma maior aproximação do real.

Esta mesma estratégia será considerada na elaboração do mapa de isoietas das normais climatológicas, já que as estações climatológicas se localizam a consideráveis distâncias umas das outras e esse aspecto de localização não permite que características climáticas de menor escala em determinadas regiões sejam retratadas e analisadas.

Após a aquisição, os dados foram tabulados em planilha eletrônica do *Microsoft Excel 2010* para sistematização, verificação de falhas e escolha da escala temporal. Considerando a necessidade de uma série coesa de dados, a escala temporal ficou estabelecida no período do ano 2005 ao ano 2017.

Em seguida à escolha da escala temporal, aplicou-se a técnica dos quantis para a classificação da pluviosidade anual e do período chuvoso (sequência dos quatro meses que apresentam os maiores valores médios de pluviosidade em cada estação).

Por ser uma técnica estatística de separatriz na qual se divide uma série de dados em parcelas percentuais, estabelece-se um intervalo entre cada quantil equivalente a uma determinada porcentagem da série. Assim, determinam-se os períodos Muito Seco (MS), Seco (S), Normal (N), Chuvoso (C) e Muito Chuvoso (MC), calculados de acordo com os intervalos de probabilidade disponíveis no Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação das categorias e probabilidades da precipitação anual relacionada às ordens quantílicas para a região do Agreste da Borborema.

Categorias	Probabilidade
Muito Seco (MS)	$p(x) < Q_{0,15}$
Seco (S)	$Q_{0,15} \leq p(x) < Q_{0,35}$
Normal (N)	$Q_{0,35} \leq p(x) < Q_{0,65}$
Chuvoso (C)	$Q_{0,65} \leq p(x) < Q_{0,85}$
Muito Chuvoso (MC)	$p(x) \geq Q_{0,85}$

Adaptado de Sena (2017, p. 48).

O cálculo dos quantis obedeceu a sequência elaborada por Sena (2017), que considera a disposição dos dados como a primeira etapa, o ordenamento dos dados como a segunda etapa e, finalmente, o cálculo, com base em duas condições:

- a) Se a quantidade de anos coincidirem com alguma ordem quantílica, tem-se:

$$Q_p = Q_{pj} = y_j \quad (1)$$

- b) Se não coincidir, haverá um índice j tal que $p_j < p < p_{j+1}$, onde Q_p será obtido por interpolação, como segue:

$$Q_p = y_j + \left\{ \frac{[p - p_j]}{[p_{j+1} - p_j]} \right\} * [y_{j+1} - y_j] \quad (2)$$

Após a aplicação das probabilidades quantílicas, observaram-se os valores das categorias para cada estação, conforme mostra o Quadro 3:

Quadro 3 – Valor dos quantis com base nos totais anuais e do quadrimestre chuvoso. Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante, 2018.

VALOR DOS QUANTIS ANUAIS (mm)							
Categoria	Santa Cruz	Areia	Campina Grande	Surubim	Caruaru	Garanhuns	Palmeira dos Índios
Muito Seco	< 260,3	< 1029,2	< 562,2	< 408,6	< 341,4	< 546,2	< 504,7
Seco	$260,3 \leq X < 338,0$	$1029,2 \leq X < 1160,1$	$562,2 \leq X < 694,4$	$408,6 \leq X < 456,4$	$341,4 \leq X < 489,1$	$546,2 \leq X < 790,3$	$504,7 \leq X < 878,7$
Habitual	$338,0 \leq X < 523,8$	$1160,1 \leq X < 1294,5$	$694,4 \leq X < 769,5$	$456,4 \leq X < 613,5$	$489,1 \leq X < 716,0$	$790,3 \leq X < 1038,3$	$878,7 \leq X < 1093,5$
Chuvoso	$523,8 \leq X < 838,1$	$1294,5 \leq X < 1622,6$	$769,5 \leq X < 1052,8$	$613,5 \leq X < 731,2$	$716,0 \leq X < 758,4$	$1038,3 \leq X < 1122,4$	$1093,5 \leq X < 1219,8$
Muito Chuvoso	$\geq 838,1$	$\geq 1622,6$	$\geq 1052,8$	$\geq 731,2$	$\geq 758,4$	$\geq 1122,4$	$\geq 1219,8$
VALOR DOS QUANTIS COM BASE NO QUADRIMESTRE CHUVOSO (mm)							
Categoria	Santa Cruz	Areia	Campina Grande	Surubim	Caruaru	Garanhuns	Palmeira dos Índios
Muito Seco	< 154,5	< 519,6	< 376,9	< 234,3	< 164,0	< 366,5	< 276,2
Seco	$154,5 \leq X < 188,8$	$519,6 \leq X < 598,3$	$376,9 \leq X < 397,4$	$234,3 \leq X < 268,6$	$164,0 \leq X < 315,0$	$366,5 \leq X < 486,8$	$276,2 \leq X < 490,0$
Habitual	$188,8 \leq X < 316,3$	$598,3 \leq X < 789,1$	$397,4 \leq X < 476,6$	$268,6 \leq X < 348,6$	$315,0 \leq X < 407,6$	$486,8 \leq X < 532,3$	$490,0 \leq X < 702,4$
Chuvoso	$316,3 \leq X < 600,6$	$789,1 \leq X < 1029,5$	$476,6 \leq X < 545,8$	$348,6 \leq X < 440,8$	$407,6 \leq X < 477,1$	$532,3 \leq X < 638,5$	$702,4 \leq X < 831,0$
Muito Chuvoso	$\geq 600,6$	$\geq 1029,5$	$\geq 545,8$	$\geq 440,8$	$\geq 477,1$	$\geq 638,5$	$\geq 831,0$

Com a categorização do volume anual das chuvas, serão eleitos três anos representativos para caracterização do Ritmo Climático por meio da Técnica da Análise Rítmica, ou seja, os três “anos-padrão”, que representarão as classes Muito Seco, Normal e Muito Chuvoso. Estas serão escolhidas pelo fato de que as categorias Muito Seco e Muito Chuvoso representarem, respectivamente, os extremos negativos e positivo das chuvas, enquanto a categoria Normal representa os anos mais próximos a média histórica. Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 20),

Para caracterizar o ritmo climático de uma localidade, deve-se fazer uma decomposição cronológica dos estados atmosféricos em sua contínua sucessão, pois estes somente podem ser observados e analisados com precisão na durabilidade diária. Os estados atmosféricos, tomados como tipos de tempo, revelam-se claramente na escala do dia, e sua sucessão pode ser observada a partir da variação dos elementos do clima em interação com a circulação atmosférica (...) regional.

É a partir dessa decomposição cronológica dos tipos de tempo que será elaborado o gráfico de análise rítmica, com a representação dos principais elementos que condicionam a realidade climática e possuem dinâmica única e excepcional. Moura (2013) aponta as principais etapas de execução da Técnica da Análise Rítmica de acordo com Monteiro (1971, 1976, p. 36-37):

1) emprego de escala temporal de, no mínimo, diária na análise dos elementos fundamentais do clima; 2) escolha de períodos “padrão” (anual, estacional, mensal ou episódico), que expressem um quadro dinâmico das situações concretas; 3) utilização de cartas sinóticas e imagens de satélites como subsídio para identificar os tipos de tempo, possibilitando a relação entre a circulação atmosférica regional com as manifestações individualizadas localmente e 4) representação contínua e simultânea dos elementos básicos do clima e da circulação regional por meio da confecção de um gráfico.

Já Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 21) apresentam os atributos climáticos a ser inseridos no gráfico:

Para analisar o ritmo do clima de uma localidade, constrói-se um gráfico com a representação dos seguintes elementos: temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa, precipitação, direção e velocidade do vento, cobertura de céu, sistemas atmosféricos predominantes, entre outros. (...) quanto maior o detalhamento dos dados, melhor será a análise dos tipos de tempo e a evolução dos estados atmosféricos.

Assim, com a aplicação da Técnica da Análise Rítmica nos três “anos-padrão” a serem eleitos, será possível detalhar e setorizar as condições climáticas diárias no Agreste em três anos com comportamento pluviométrico distinto. A setorização climática será elaborada

utilizando a interpolação dos dados em SIG. Para isso, será utilizado o programa gratuito *Quantum Gis*, versão 2.14.8 (Essen) para a composição de mapas temáticos que venham a atender tal objetivo. Dentre as variadas características que os tipos de tempo apresentam, uma das mais notáveis é a precipitação. Assim, serão tabelados todos os eventos acima dos 20,0 mm para análise, com base na metodologia de Souza (1998).

No que diz respeito à análise sinótica, serão obtidas imagens de satélite no Banco de Dados de Imagens do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE³. Tais imagens serão analisadas com o objetivo de identificar o sistema atmosférico ou a massa de ar atuante nas regiões nas quais se localizam as estações utilizadas nesta pesquisa.

³ Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/>

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. A região Agreste da Borborema: concepções e regionalizações

Tendo em vista as questões naturais e sociais postas durante o seu processo de ocupação, a concepção de Agreste forma-se durante períodos intercalados de ascensão e decadência econômica, que podem ser avaliadas como importantes fatores para a consolidação da população nas áreas agrestinas, formando o espaço de pequenas propriedades que se tem na atualidade. Tal processo se deu por meio da variação entre os períodos de pulsação econômica, que geravam maiores relações de comércio e fortalecimento das áreas com atividade agropecuária, até momentos de queda no rendimento dessas atividades, que geravam desocupação em massa da parte antes já subempregada da população.

Além dos condicionantes econômicos, os fatores naturais também contribuíram para a ocupação e desenvolvimento do Agreste: os solos variados, notadamente ricos em algumas áreas, a presença de água e a relevante quantidade de chuva que, embora menor que os registros da Zona da Mata, são maiores do que os ocorrem em diversas áreas sertanejas. Assim, as ocupações humanas fixaram-se na região, gerando a formação de vilas e, posteriormente, cidades, fragmentando, com o passar dos anos, os municípios desta faixa de terras do Nordeste. Tais terras, antes pertencentes a grupos indígenas, foram ocupadas por trabalhadores expulsos dos engenhos e usinas da Zona da Mata, além das fazendas do Sertão. Este processo foi conflituoso, conforme afirma Gurjão (2009, p. 31):

Ora, se as terras do interior já estavam ocupadas pelos Cariris e Tarairiús, é claro que sua invasão pelos portugueses, para instalar fazendas de gado gerou conflitos. E conflitos muito sérios. Os nativos do interior resistiram bravamente ao homem branco. Este, além de tomar suas terras, escravizava-os, tornava-os cativos a seu serviço. Aliás, foi esse o motivo que os levou à luta. (GURJÃO, 2009, p. 31).

A questão regional do Agreste encaminha-se por meio das diversas abordagens discutidas ao longo do tempo nas ciências sociais e naturais, tomando a evolução científica e a quebra de paradigmas como etapas importantes na discussão sobre novos agentes geográficos. Essas etapas permeiam o desenvolvimento regional, que se inicia na ocupação truculenta do território (GURJÃO, 2009) e culmina nas formas de reprodução do espaço no século XXI por meio da modernização e da discussão sobre desenvolvimento sustentável.

Os problemas de regionalização inerentes ao Agreste nordestino têm foco na falta de consenso, principalmente no que diz respeito à delimitação da região, o que cria contradições nos estudos e dificultam uma análise regional. Os recortes territoriais existentes para a região

são concordantes apenas na parte de que se trata de uma estreita faixa de terras entre a Mata e o Sertão que configuram a transição natural, porém, não há um consenso na delimitação regional. Para o andamento desta pesquisa, foi necessário resgatar as abordagens regionais existentes sobre o Agreste e sistematizar os recortes territoriais, elegendo, assim, uma delimitação regional para o Agreste considerando a viabilidade para estudos na área da Geografia Física, sobretudo no campo da Climatologia.

A delimitação regional para o Agreste eleita para este trabalho considera a presença do Planalto da Borborema, que se localiza entre os estados do Rio Grande do Norte e Alagoas; assim, será adotada a denominação para a área de estudo de Região Agreste da Borborema do Nordeste do Brasil. Para isso, observou-se a importância topoclimática da Borborema para o Agreste, funcionando como um dos principais controles climáticos da região, determinando a variação dos elementos climáticos, sobretudo, das chuvas. Andrade (1986, p. 31-33) comenta a ligação entre o Agreste e o planalto da Borborema:

O Agreste está (...) profundamente ligado ao planalto da Borborema, ocupando sempre a sua porção leste, ao mesmo tempo que avança para o Rio Grande do Norte, e para o sul em Alagoas. Quase sempre ele ocupa a porção oriental do topo do planalto; enquanto a porção ocidental é sertaneja, como ocorre na Paraíba, nos interflúvios dos formadores do Mamanguape com os afluentes do Curimataú, e pode-se observar em Pernambuco, quando a chamada serra do Mimoso separa a bacia do Ipanema da bacia dos afluentes do Rio Moxotó. Esta porção Oriental do planalto, desde o Rio Grande do Norte até Alagoas, apresenta, em geral, um regime pluvial com chuvas de outono-inverno, isto é, caindo predominantemente entre março e agosto. Nas porções mais ocidentais, como Pesqueira, São Bento do Una, Brejo da Madre de Deus, ocorrem chuvas de verão nos meses de janeiro e fevereiro provocadas pela chegada até aí da massa de ar equatorial continental.

As ideias de Melo (1962), embora sejam mais antigas, corroboram com esta delimitação do Agreste que possui a Borborema como parâmetro. O autor divide a região em duas partes, a saber: Agreste Setentrional, que compreende a faixa de transição do Rio Grande do Norte e da Paraíba, e Agreste Meridional, correspondente às porções de Pernambuco e Alagoas. A diferenciação se dá no que se refere à existência da Depressão Sublitorânea e de brejos mais úmidos na Paraíba (Agreste Baixo e Agreste Alto).

Merece destaque a ênfase que o autor (1962, p. 525) dá aos brejos, seja do Agreste Setentrional, seja no Meridional. No caso de Pernambuco, o autor chama o Brejo de Garanhuns de “planalto sobre planalto”:

Alteia-se a área em um planalto sobre o planalto. É a região centralizada por Garanhuns onde as cotas altimétricas de 700 a 900 metros acarretam maior pluviosidade e todos os seus efeitos encadeados. Resulta para essa parte do

agreste, e não apenas para manchas situadas dentro dela, uma elevada produção agrícola (café, algodão e lavouras alimentares) assim como um realce na produção agropecuária.

No que diz respeito aos brejos na Paraíba, o autor (1962, p. 525) destaca a região de Areia:

A ocorrência dos brejos (...) se faz sentir de modo diverso do que acontece na área agrestina pernambucana. Em vez de constituírem minúsculas manchas, formam eles uma grande ilha dentro do agreste. Uma grande ilha correspondente à porção central do rebordo e da escarpa do planalto onde chegam ainda bastante carregadas d'água as massas de ar que atravessam a região úmida oriental e o agreste baixo. Beneficiada, assim, por abundantes chuvas orográficas, com totais pluviométricos semelhantes ou aproximados dos existentes na zona úmida oriental, individualiza-se a sub-região do brejo dentro do agreste paraibano. Biogeograficamente, é uma ilha de vegetação primitiva do tipo florestal dentro da caatinga agrestina.

Os fatores que condicionam a existência dos brejos à barlavento da Borborema proporcionam, por outro lado, as zonas secas situadas à sotavento, gerando domínios morfoestruturais distintos. Segundo Corrêa et al (2010, p. 37):

(...) as marcantes diferenças climáticas existentes entre as suas escarpas orientais, expostas às precipitações orográficas advindas da umidade trazida pelos ventos úmidos dos setores E-SE, e a vertente norte-ocidental, submetida ao clima semi-árido tropical, com larga estação seca e precipitações espasmódicas de verão-outono, exacerbado pelo efeito da sombra pluvial, resultam em domínios morfoesculturais distintos. A leste, as escarpas são recobertas por espessos mantos de alteração; a oeste, faz-se notável a distinção litológica dos modelados de dissecação diferencial, degraus de soerguimento tectônico e extensas paleosuperfícies regionais de gênese complexa.

Denomina-se esta área como o Agreste da Borborema do Nordeste do Brasil, que possui as características referentes a área, quantidade de municípios e população total mostradas no Quadro 4.

Quadro 4 – Características referentes a área, quantidade de municípios e população total do Agreste da Borborema.

Estado	Área do Agreste (km ²)	Municípios	População em 2010 (habitantes)
RN	9.367	43	426.757
PB	12.914	66	1.213.279
PE	24.387	71	2.217.600
AL	5.782	24	623.302
TOTAL	52.450	204	4.480.938

Fonte: IBGE (2010, 2017). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante, 2017.

O Quadro 5 mostra a população das 10 principais cidades da região em termos populacionais, dentre as quais se destacam Campina Grande/PB (385.213 hab.), Caruaru/PE (314.912 hab.), Arapiraca/AL (214.006 hab.) e Garanhuns/PE (129.408 hab.). Destaca-se que, das 10 cidades observadas, 70% localizam-se no estado de Pernambuco, 20% em Alagoas e 10% na Paraíba. No Agreste do Rio Grande do Norte, a cidade mais populosa é Santa Cruz, com 35.797 habitantes.

Quadro 5 – Cidades mais populosas do Agreste da Borborema. Fonte: IBGE (2010, 2017).

Cidade	Estado	População total (hab.) (IBGE, 2010)	Estimativa populacional (hab.) (IBGE, 2017)
Campina Grande	PB	385.213	410.332
Caruaru	PE	314.912	356.128
Arapiraca	AL	214.006	234.185
Garanhuns	PE	129.408	138.642
Santa Cruz do Capibaribe	PE	87.582	105.761
Gravatá	PE	76.458	83.241
Belo Jardim	PE	72.432	75.986
Palmeira dos Índios	AL	70.368	74.208
Pesqueira	PE	62.931	66.881
Bezerros	PE	58.668	60.549

Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante, 2017.

No que diz respeito às características naturais, a região Agreste da Borborema apresenta elevada diversidade, que se evidencia em decorrência de sua condição de transição e pela coexistência do controle climático da Borborema de forma paralela, com diferentes patamares de altimetria que ocasionam influência direta no clima, sobretudo nas chuvas. A Figura 4 apresenta tais elementos, bem como, localiza as estações a serem estudadas durante a pesquisa com o objetivo de diferenciar os diferentes patamares de altimetria nos quais as mesmas se encontram. Também são mostrados na Figura 4 os recortes regionais do Agreste e da Borborema, que destaca a sobreposição de ambos os espaços, além da altimetria em perfil transversal para cada estação, com destaque para a posição das localidades estudadas na geomorfologia regional.

O termo “Agreste da Borborema” é trazido para a literatura por meio da obra de Melo (1988, p. 265), fomentada pela SUDENE, que tinha como objetivo apresentar as características naturais e sociais das áreas de exceção de Pernambuco e da Paraíba. No trecho em que o autor descreve a região Agreste da Borborema, destaca-se a feição do maciço residual da Borborema, uma das principais feições geomorfológicas do Nordeste Brasileiro:

(...) o seu aparecimento está em correspondência com determinadas características fisiográficas do espaço territorial onde se encontra, o qual tem a configuração de uma faixa de terras de posição geográfica intermediária (...). Essa posição reflete-se nos diferentes elementos do quadro natural do planalto da Borborema, de relevo ondulado ou pouco acidentado, a oeste e noroeste dos quais se estendem os espaços dos pediplanos secos e, a leste, as áreas de relevo movimentado com que se inicia a descida da escarpa do mesmo planalto.

As feições que ocorrem na descida da escarpa do planalto da Borborema, estas que foram descritas pelo autor, correspondem às regiões próximas ao litoral do Rio Grande do Norte, ao Brejo Paraibano, a Depressão Sublitorânea (que ocorre, também, no estado da Paraíba), além da extensão do planalto até as proximidades do litoral nos estados de Pernambuco e de Alagoas. São regiões que possuem contato imediato com o planalto da Borborema, com influências diretas nas características climáticas, pedológicas e biogeográficas.

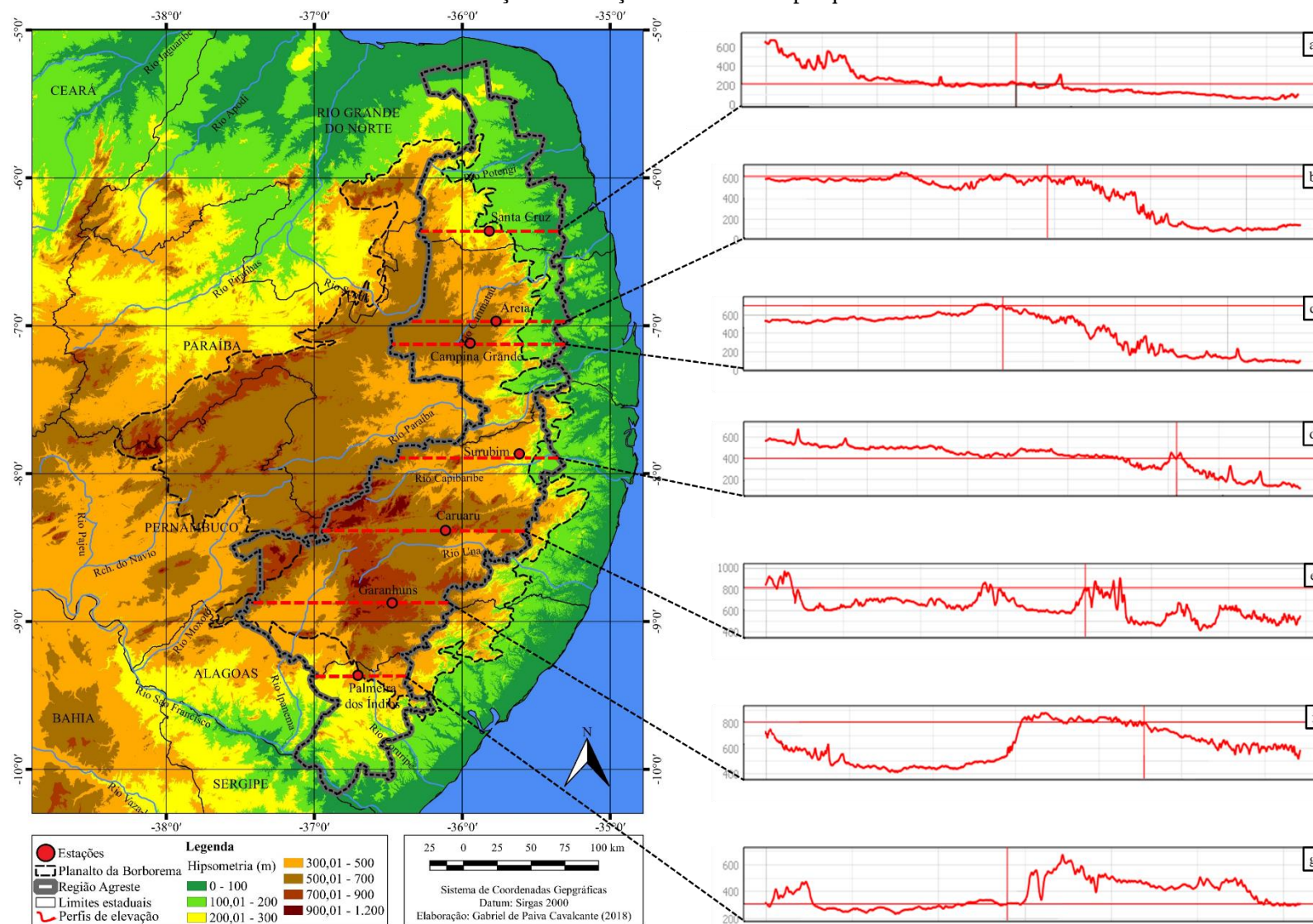
A localização das estações meteorológicas automáticas utilizadas para a composição dos dados deste trabalho apresenta variações bastante relevantes, principalmente no que diz respeito às suas respectivas posições no interior do Planalto da Borborema.

Na região de Santa Cruz/RN (Figura 4a), o Planalto da Borborema apresenta-se no setor noroeste do Agreste, com cotas acima dos 600 metros. Trata-se da região na qual o maciço ocorre mais afastado da costa. A subida entre 400 metros e 600 metros acima do nível do mar é consideravelmente abrupta e, ao alcançar tal patamar máximo, a altimetria passa a apresentar variação, característica típica de regiões onde ocorrem relevos mais acidentados.

As estações de Areia/PB e de Campina Grande/PB, cujos perfis transversais de elevação são apresentados nas Figuras 4b e 4c, ocorrem nos pontos de maior elevação da região, em patamares acima dos 600 metros. A leste das estações, a altimetria ocorre abaixo dos 200 metros (podendo ser identificados pontos abaixo dos 100 metros). Tal região configura a Depressão Sublitorânea, feição que ocorre em uma estreita faixa de terras entre a Zona da Mata e o Agreste Paraibano. Imediatamente a oeste da Depressão Sublitorânea, percebe-se nos gráficos a ocorrência dos primeiros morros da Borborema, com acréscimos abruptos na elevação. No que diz respeito às partes a oeste das estações, o relevo ocorre, notadamente, em caráter menos acidentado, típico das regiões localizadas à sotavento.

Nas estações pernambucanas de Surubim (400 m acima do nível do mar), Caruaru e Garanhuns (ambas a cerca de 800 m acima do nível do mar), percebe-se que não ocorrem as altimetrias com menos de 200 metros acima do nível do mar (Figuras 4d, 4e e 4f) devido à ausência de uma Depressão Sublitorânea.

Figura 4 – Mapa hipsométrico da região Agreste da Borborema com destaque para a delimitação do Planalto da Borborema e para os perfis transversais de elevação das estações utilizadas na pesquisa.



Em Garanhuns (Figura 4f), destaca-se o decréscimo da altimetria do planalto da Borborema devido a ocorrência da bacia hidrográfica do Rio Ipanema, que tem sua nascente no Agreste Pernambucano e deságua no Rio São Francisco, região do Sertão Alagoano. Tal característica insere a região em um patamar mais elevado de sotavento devido a diminuição abrupta da altimetria. Nesses casos, o ar úmido que transcende a barreira orográfica da Borborema se expande em curto período de tempo, dificultando, portanto, a formação de nuvens de chuva.

Por fim, a estação de Palmeira dos Índios/AL é a única deste trabalho a se localizar em uma região de sotavento, no que diz respeito às massas de ar que ocorrem no sentido leste-oeste: conforme a Figura 4g, a leste da estação ocorrem pontos que registram mais de 600 metros de altimetria, decaindo de forma abrupta ao se chegar na cidade, que se localiza a cerca de 340 metros acima do nível do mar. Já no que diz respeito aos sistemas atmosféricos que se deslocam no sentido sul-norte, a estação localiza-se à barlavento, já que sua posição ocorre no início da subida da Borborema. Assim, a umidade de tais sistemas, em especial das Repercussões de Frentes Frias, precipita primordialmente nesta região.

A seguir, no Quadro 6, apresenta-se uma síntese das características principais referentes à Geomorfologia, Geologia, Pedologia, Vegetação e Clima da região:

Quadro 6 – Principais características ambientais do Agreste da Borborema.

ASPECTOS AMBIENTAIS DA REGIÃO AGRESTE DA BORBOREMA		
Geologia, Relevo e Solos	Vegetação e Hidrografia	Aspectos Climáticos
Principal tipo de rocha: Cristalina: granitos e gnaisses, (rochas ígneas internas e metamórficas) Principal feição geomorfológica: Planalto da Borborema Outras feições de relevo: Depressão Sublitorânea (PB) Brejos de Altitude (PE/PB) Depressão do Curimataú (PB) Solos predominantes: Neossolos Latossolos Luvissolos Argissolos Planossolos	Vegetação: Floresta Latifoliada Perenifólia Caatinga Principais bacias hidrográficas: Rio Ceará-Mirim (RN) Rio Potengi (RN) Rio Trairi (RN) Rio Jacu (RN) Rio Curimataú (PB/RN) Rio Mamanguape (PB) Rio Paraíba (PE) Rio Goiana (PE) Rio Ipojuca (PE) Rio Ipanema (PE/AL) Rio Una (PE/AL) Rio Mundaú (PE/AL) Rio Paraíba do Meio (AL) Rio Traipu (AL) Rio Coruripe (AL)	Principal domínio morfoclimático: Planalto da Borborema Sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes: ZCIT: porção norte da região Ondas de Leste: porção leste Frentes: porção sul CCM: em toda a região VCAN: em toda a região LI: em toda a região Tipos de chuva: Convectiva Frontal Orográfica

Fontes: Vasconcelos Sobrinho (1971), Andrade (1986), Nimer (1989), Tabarelli; Santos (2004), Ferreira; Melo (2005), Corrêa et al (2010), Reboita et al (2010), Embrapa (2014), Emparn/RN (2017), Aesa/PB (2017), Apac/PE (2017) e Semarh/AL (2017).

Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante, 2017.

Por atuar como controle climático e, em consequência disso, receber totais pluviométricos significativos, sobretudo proveniente das chuvas orográficas na porção leste e de sistemas atmosféricos de escala global, a exemplo da atuação Zona de Convergência Intertropical na porção oeste, Ab'Saber (1953) classifica o planalto da Borborema como o segundo grande dispersor hidrográfico do Planalto Atlântico brasileiro, seguindo o apresentado pelos planaltos da região centro-sul de Minas Gerais e da Serra da Mantiqueira, que engloba os estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro. Segundo o autor, a rede de drenagem proveniente da Borborema possui as seguintes características:

Uma rede de drenagem fundamentalmente radial, em seus grandes traços, secciona o velho peneplano cristalino soerguido, demandando o Atlântico através de roteiros os mais variados: uns buscando o oceano por meio de cursos paralelos, dispostos de oeste para leste (rios Paraíba do Norte e Curimataú); outros nascendo nos rebordos sul-orientais da Borborema e marchando de nordeste para sudoeste, em busca do baixo São Francisco (rios Pajeú e Moxotó); e, outros, ainda, nascendo nos rebordos orientais e correndo de sudoeste para nordeste, buscando o Atlântico no litoral do Rio Grande do Norte (bacia do Piancó-Piranhas-Açu).

Desta forma, a hidrografia da região apresenta-se como uma resposta dos sistemas ambientais físicos, especialmente da geomorfologia e do clima. As primeiras produções científicas regionais chegam a comparar os volumes de água dos rios que nascem na Borborema com os rios do Centro-sul, destacando, entretanto, que as águas dos rios da Borborema são suficientes, por exemplo, para a exploração agrícola da área, conforme aponta Andrade (1959).

Destaca-se, porém, que a exploração agrícola na região Agreste da Borborema ocorreu de forma intensa nas últimas décadas, sobretudo com a cultura da cana-de-açúcar, o que provocou um relevante patamar de degradação, gerando exposição dos rios a fenômenos como assoreamento e, por conseguinte, favorecendo a ocorrência de desastres naturais, que provocam danos a sociedade e ao meio ambiente.

4.2. Descrição climática da área de estudo

4.2.1. Principais massas de ar e sistemas atmosféricos atuantes na região

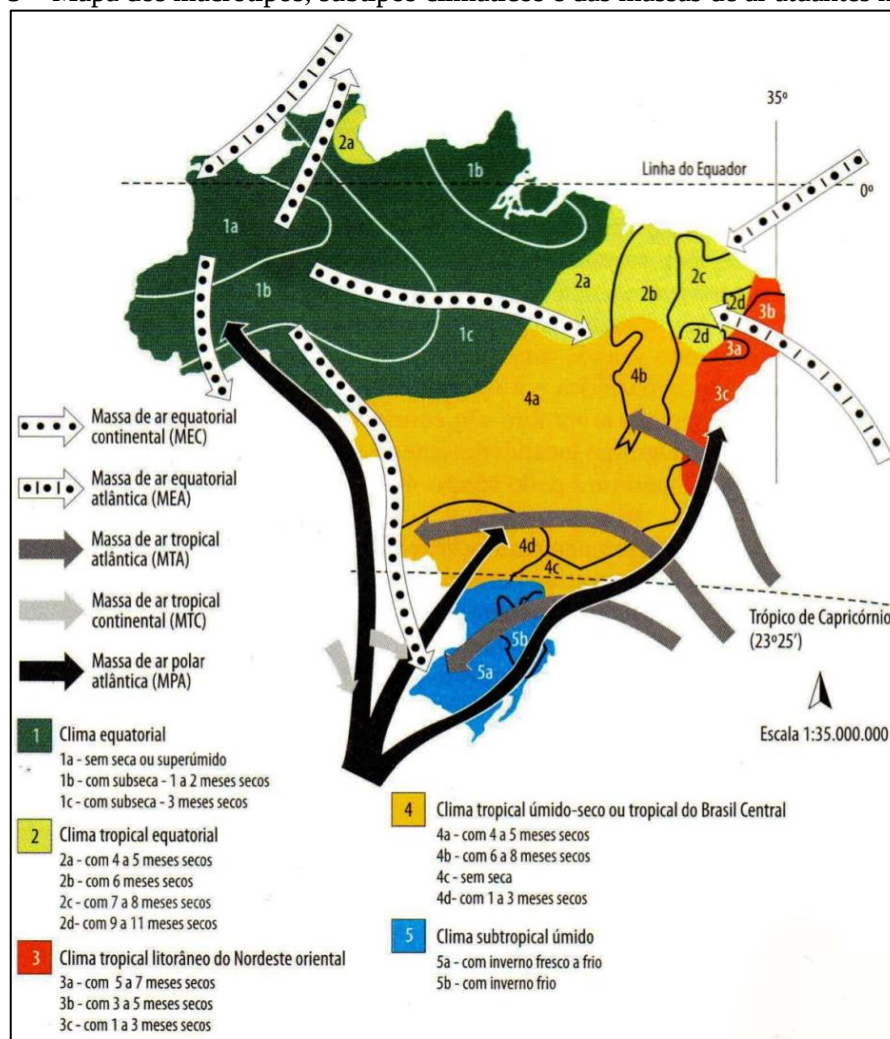
A distribuição das chuvas na região Agreste da Borborema, embora irregular, é resultante da atuação de distintos sistemas atmosféricos e da Massa Equatorial Atlântica - mEa, que variam em duração, abrangência e intensidade durante o ano de acordo com condições específicas da atmosfera.

De acordo com a Figura 5, o subtipo climático predominante na área de estudo é o 3b (Clima tropical litorâneo do Nordeste oriental com 3 a 5 meses secos). Durante o período seco, predomina na região a atuação da mEa, proveniente do fortalecimento da zona de alta pressão na porção sul do Oceano Atlântico devido ao aumento da Temperatura da Superfície do Mar - TSM. A mEa, ao se expandir, diminui a umidade do ar no continente, possibilitando a ocorrência de longos períodos de estabilidade atmosférica e inibindo a formação e o avanço dos sistemas atmosféricos com atividade convectiva, ou seja, aqueles que são produtores de chuva. Porém, o período de atuação da mEa não é marcado somente pela redução das chuvas e pela caracterização do período seco.

Segundo Nimer (1979), há períodos de instabilidade que provoca descontinuidade térmica e permite a ascensão das duas camadas de ar que compõem a mEa: a inferior fresca e carregada de umidade proveniente da evaporação oceânica e a superior quente e seca. Esta ascensão permite a formação de nuvens conduzidas à atividade convectiva e à formação de chuvas de verão na costa leste do NEB, estendendo-se a pontos que são influenciados pela orografia (Planalto da Borborema).

A compreensão sobre a mEa na Climatologia e na Meteorologia ainda é escassa e é notável o reduzido número de trabalhos que propõem esta problemática. Souza (1998), por exemplo, resolve nomear a mEa e a Massa Tropical Atlântica mTa de Sistema Tropical Atlântico – TA. Até o momento, o consenso existente em tal questão é sobre o deslocamento dessas massas de ar que se formam no Atlântico Tropical. Soares (2015), com base em Barros (1968), aponta que a principal diferença entre essas massas é a direção dos ventos: enquanto a mEa acompanha a direção dos alísios (leste-oeste), a mTa segue o padrão do anticiclone do Atlântico Tropical, mantendo-se na direção nordeste-sudoeste. Assim, a mEa atua na faixa leste da região Nordeste do Brasil – NEB, enquanto que a mTa, no setor que se inicia no litoral sul baiano até encontrar-se com as massas polares e frentes frias no Sul do Brasil. A Figura 5, de autoria de Mendonça e Danni-Oliveira (2007) resume os tipos climáticos do Brasil, com ênfase nos macrotipos e subtipos, além de diferenciar as massas de ar que atuam em todas as regiões.

Figura 5 – Mapa dos macrotipos, subtipos climáticos e das massas de ar atuantes no Brasil.



Fonte: Mendonça e Danni-Oliveira (2007).

Na estação chuvosa, os sistemas atmosféricos ocupam o espaço resultante do recuo da mEa em decorrência do enfraquecimento da zona de alta pressão oceânica, provocado pela diminuição da TSM. Assim, as condições tornam-se mais favoráveis para formação e/ou avanço dos seguintes sistemas:

- Zona de Convergência Intertropical – ZCIT: trata-se do sistema atmosférico mais afetado pela TSM, tanto do Pacífico, quanto do Atlântico. A ZCIT é compreendida, principalmente, como a confluência dos ventos alísios na zona equatorial do globo. Essa confluência forma nuvens convectivas, que provocam chuvas intensas no interior nordestino. O deslocamento da ZCIT ocorre, no máximo, entre 14° de latitude norte (de agosto a outubro) até 6° de latitude sul (de fevereiro a maio), conforme aponta o estudo de Souza (1998). Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 91), “a ZCIT acompanha o Equador Térmico – ET em seus deslocamentos sazonais”. Quando ao regime de chuvas no Nordeste, Molion e Bernardo (2002, p. 3) fazem uma relação

direta entre a quantidade de chuva e a presença da ZCIT na região: em anos de seca, a região Nordeste “fica debaixo de uma região de subsidência que inibe a precipitação”, enquanto que nos anos chuvosos a ZCIT desce para a região e se intensifica com o aumento da convergência;

- Ondas de Leste – OL: também chamadas de Distúrbios Ondulatórios de Leste - DOL, trata-se de um sistema atmosférico com formação influenciada pelos ventos alísios, que se desloca no sentido leste-oeste, da costa africana para o continente americano, por meio de cavados ou ondas (FERREIRA e MELLO, 2005). As OL atuam em toda a porção leste do Agreste e, quando adentram fortalecidas ao continente (especialmente em períodos nos quais a TSM apresenta anomalia positiva intensa, que provoca o aumento da evaporação), superam a barreira orográfica do Planalto da Borborema e interferem no regime pluviométrico de regiões localizadas à sotavento;
- Repercussão de Frentes Frias – RFF: as Frentes Frias são comuns na região meridional do Brasil, porém quando há condições específicas⁴, nuvens associadas às frentes avançam pelo Nordeste, a criar condições favoráveis para ocorrência de chuvas em determinadas regiões. O período mais comum de avanço dessas nuvens é entre novembro e janeiro (FERREIRA; MELLO, 2005). No Agreste, as RFF atuam principalmente na porção sul, mas existem registros de atuação desse sistema até no litoral do Rio Grande do Norte, conforme o estudo de Souza (1998);
- Vórtice Ciclônico de Altos Níveis – VCAN: são formados no oceano entre os meses de novembro e março, porém, com mais frequência e intensidade entre janeiro e fevereiro. Trata-se de um sistema circular, no qual o centro é marcado por um núcleo de subsidência de ar, que aumenta a pressão e inibe a formação de nuvens, enquanto que na borda formam-se nuvens com elevada atividade convectiva, provocando elevados totais pluviométricos (FERREIRA; MELLO, 2005; MOLION; BERNARDO, 2002). Os VCAN podem atuar em qualquer setor do Agreste;
- Complexo Convectivo de Mesoescala – CCM: são aglomerados isolados de nebulosidade formada devido a condições específicas de temperatura, pressão e relevo. Geralmente produzem chuvas fortes e de curta duração, com rajadas de vento (FERREIRA; MELLO, 2005). Assim como os VCAN, os CCM podem ocorrer em qualquer setor do Agreste;

⁴ Segundo Souza (1998, p. 189), “quando as frentes são desviadas para o Oceano Atlântico, misturam-se com o ar Tropical Atlântico. Assim frontolisadas, mergulham nas ondulações do sistema da TA e penetram no continente”.

- Linha de Instabilidade – LI: comuns em regiões tropicais, as LI se formam a partir do aquecimento da superfície, desenvolvendo nuvens do tipo cumulus durante o dia, com picos de formação no fim da tarde e início da noite, com ocorrência de atividade convectiva e, conseqüentemente, chuva. No Nordeste, as LI ocorrem com maior intensidade entre fevereiro e março, incrementadas pela ZCIT (FERREIRA; MELLO, 2005). As LI podem ocorrer em qualquer setor no Agreste, com condições mais favoráveis no setor norte devido à ZCIT.

Nota-se, principalmente a partir da compreensão dos sistemas de larga escala como a ZCIT, que a TSM (seja do Atlântico ou a do Pacífico) é fator essencial para a variabilidade de chuvas no Nordeste. A intercorrência dessas TSM gera dois fenômenos, respectivamente: o Gradiente Inter-hemisférico ou meridional da temperatura da superfície do mar – GRADM e o El Niño Oscilação Sul – ENOS.

Até recentemente, a oscilação da TSM do Atlântico era chamada de dipolo, porém tal compreensão passou a ser questionada por vários autores, como Andreoli e Kayano (2007) e Lucena, Servain e Gomes Filho (2010), que interpretam a oscilação como o GRADM. Segundo Lucena, Servain e Gomes Filho (2010, p. 177), o GRADM:

(...) caracteriza-se por anomalias da TSM de sinais opostos nas bacias norte e sul do AT, gerando um gradiente térmico norte-sul e inter-hemisférico (SERVAIN, 1991; SERVAIN et. al., 1999; HUANG e SHUKLA, 1997). Embora as anomalias da TSM referentes a esse modo usualmente apresentem sinais opostos em cada hemisfério, o desenvolvimento dessas anomalias nem sempre é simultâneo.

Nessa perspectiva, compreende-se que o GRADM é positivo quando a anomalia da TSM do Atlântico Norte é positiva, enquanto que a anomalia do Atlântico Sul é negativa. Do contrário (quando a anomalia da TSM do Atlântico Sul é positiva e a anomalia da TSM do Atlântico Norte é negativa), o GRADM é negativo. O GRADM neutro ocorre quando ambos os setores do Oceano Atlântico apresentam registros da TSM dentro da normalidade.

No Oceano Pacífico ocorre o ENOS, um fenômeno que intensifica a interação oceano-atmosfera, gerando, em diversos episódios, alterações na dinâmica e nos padrões dos ventos em escala mundial. O ENOS ocorre quando há anomalias positivas da TSM do Oceano Pacífico Tropical (El Niño) ou negativas (La Niña, também chamado de Anti-El Niño) (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

O El Niño afeta o regime de chuvas em regiões tropicais, a exemplo da diminuição das chuvas no centro da NEB, quando sua influência supera as condições do Oceano Atlântico, o que provoca aumento do período de estiagens e secas entre os meses de fevereiro a maio,

período em que se tem os maiores acumulados pluviométricos médios para a região devido a atuação da ZCIT. A diminuição das chuvas no NEB em decorrência do El Niño ocorre, sobretudo, devido aos movimentos descendentes sobre as regiões equatoriais do globo, algumas com o agravante da inibição do movimento ascendente, o que diminui, também, a formação de nuvens e, conseqüentemente, a redução da precipitação. O fenômeno La Niña, por sua vez, promove um resfriamento anormal das águas, porém, seus efeitos nem sempre geram impactos significativos como os que ocorrem devido ao El Niño (SOUZA, 1998; MELO, 1999; MARENGO, 2006; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; ARAÚJO et. al. 2013).

O principal sistema atmosférico afetado pelo ENOS no NEB é a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, com influências no posicionamento longitudinal, afastando-a do Nordeste Brasileiro durante os períodos de El Niño. A ZCIT é a principal causa das chuvas no NEB, sobretudo no Polígono das Secas, e esse distanciamento provoca mudanças bruscas no regime pluviométrico (MARENGO, 2006).

No espaço geográfico, os reflexos do GRADM e do El Niño são diversificados. Podem ser citadas diversas condições dos oceanos e diversos impactos em várias partes do Planeta. Na área em estudo, segundo Lucena, Servain e Gomes Filho (2010, p. 177), a escassez de chuva pode ser proveniente de “anomalias de TSM mais ou menos positivas no norte da bacia e, anomalias mais ou menos negativa no sul bacia do Atlântico Tropical”. Já os períodos de chuvas abundantes podem apresentar relação “com o evento La Nina e/ou com o GRADM negativo (anomalias da TSM negativas ao norte e positivas ao sul).”.

A compreensão da variabilidade interanual das ocorrências e intensidades do ENOS e do GRADM é importante para a composição dos anos padrão, visto que, dadas as ocorrências dessas anomalias térmicas nos oceanos, são provocadas mudanças no campo de pressão em escala regional (para o caso do GRADM) e global (para as ocorrências do ENOS), e, conseqüentemente, nas dinâmicas de gênese e de deslocamento dos sistemas atmosféricos e das massas de ar, causando mudanças significativas no regime pluviométrico das regiões, seja de acréscimo à normal, ou de registros abaixo do esperado.

4.2.2. Climogramas da região

Das sete localidades estudadas neste trabalho, cinco possuem estação climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET: Areia (PB), Campina Grande (PB), Surubim (PE), Garanhuns (PE) e Palmeira dos Índios (AL). Para sistematização dos climogramas, foram utilizadas as Normais Climatológicas do Brasil para o período 1991-2010 (INMET,

2018). Diante do apresentado, as localidades de Santa Cruz (RN) e Caruaru (PE) não serão analisadas neste tópico.

De acordo com o que apontam os gráficos da Prancha 1, a distribuição periódica das chuvas e das temperaturas ao longo do ano ocorre de forma relativamente similar entre as localidades, ou seja, não há diferenças efetivas com relação aos meses que registram o maior e menor acumulado pluviométrico ou as maiores e menores temperaturas. Em todas as estações, o período chuvoso corresponde aos meses de março a agosto, enquanto que o período seco, aos meses de setembro a fevereiro. Com relação às temperaturas, os meses de junho, julho e agosto apresentam os menores registros, enquanto que os maiores ocorrem entre dezembro e março.

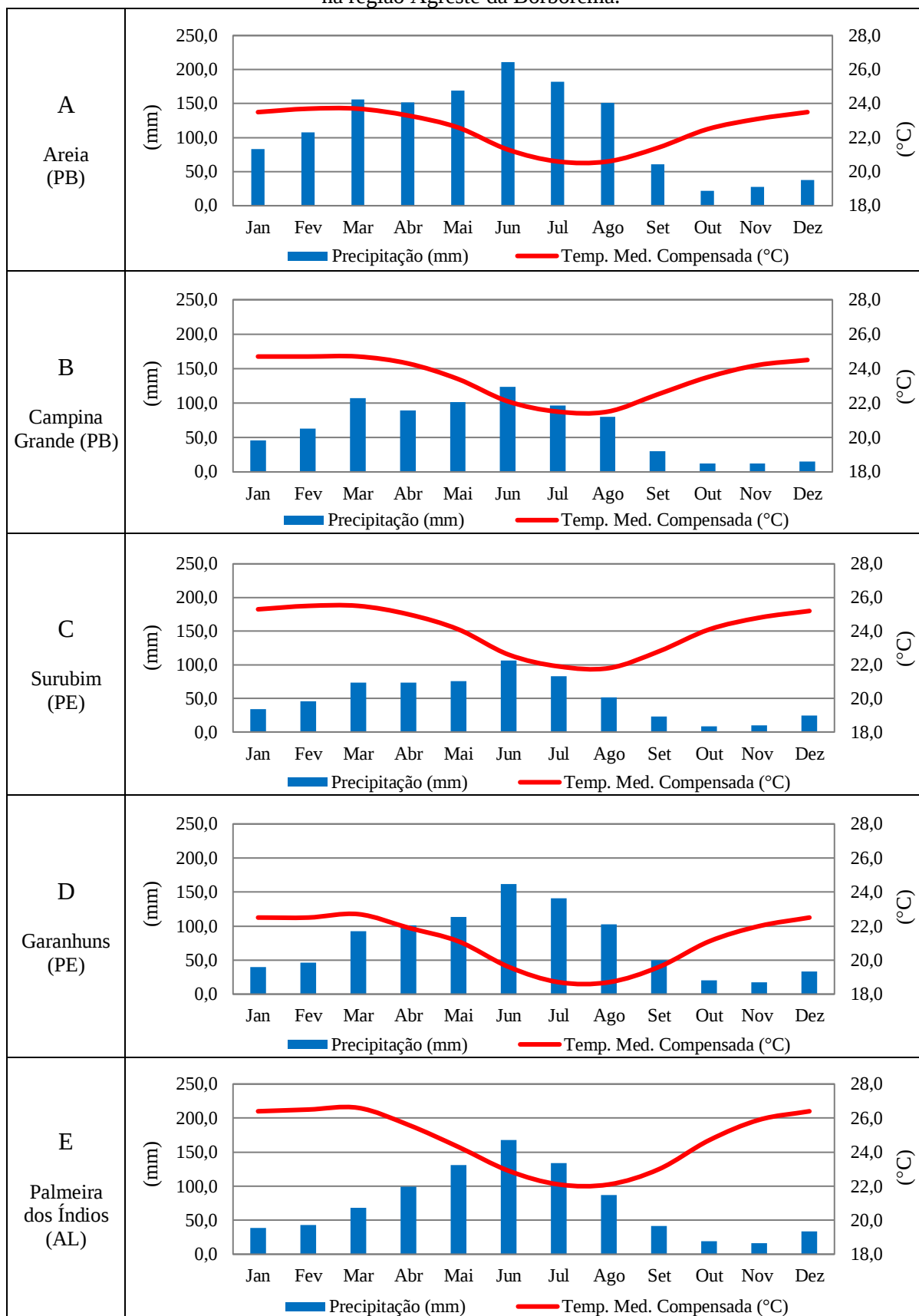
Pelo fato das estações estarem localizadas em uma região de transição, com descoincidentes patamares de elevação hipsométrica, as normais mensais e anuais de precipitação e temperatura apresentam diferenças regionais. O mês de junho, por exemplo, é o mais chuvoso em todas as cinco estações da região, porém o quantitativo pluviométrico desse mês varia de 106,5 mm em Surubim (PE) a 210,7 mm em Areia (PB). O Quadro 7 mostra o quantitativo médio mensal e anual de precipitação e Temperatura Média Compensada – TMC para as estações, enquanto que a Prancha 1 mostra a variação mensal dos dados de precipitação e temperatura.

Quadro 7 - Quantitativo médio mensal e anual de precipitação e Temperatura Média Compensada – TMC para as estações do INMET localizadas no Agreste da Borborema.

Estação	Areia		Campina Grande		Surubim		Garanhuns		P. dos Índios	
Mês	Prec. (mm)	TMC (°C)	Prec. (mm)	TMC (°C)	Prec. (mm)	TMC (°C)	Prec. (mm)	TMC (°C)	Prec. (mm)	TMC (°C)
Janeiro	83,0	23,5	45,6	24,7	33,8	25,3	40,1	22,5	38,5	26,4
Fevereiro	107,4	23,7	62,8	24,7	45,9	25,5	46,1	22,5	42,9	26,5
Março	156,3	23,7	107,1	24,7	73,2	25,5	92,2	22,7	68,2	26,6
Abril	151,7	23,3	89,3	24,3	73,2	25,0	101,4	21,9	99,0	25,6
Maio	169,2	22,6	101,7	23,4	75,6	24,1	113,2	21,1	131,0	24,3
Junho	210,7	21,3	123,6	22,1	106,5	22,6	161,7	19,6	167,7	22,9
Julho	182,2	20,6	96,7	21,5	82,9	21,9	141,1	18,7	134,2	22,1
Agosto	151,2	20,6	80,1	21,5	51,6	21,8	102,2	18,7	86,6	22,1
Setembro	60,9	21,4	30,0	22,5	23,2	22,8	50,0	19,6	41,8	23,0
Outubro	21,8	22,5	12,5	23,5	8,4	24,1	20,1	21,1	19,0	24,7
Novembro	27,5	23,1	12,3	24,2	10,2	24,8	17,1	22,0	15,9	25,9
Dezembro	37,8	23,5	15,3	24,5	24,5	25,2	33,1	22,5	33,4	26,4
Ano	1359,7	22,5	777,0	23,5	609,0	24,1	918,3	21,1	878,2	24,7

Fonte: INMET (2018).

Prancha 1 – Climogramas das estações pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia localizadas na região Agreste da Borborema.



Fonte: INMET (2018). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2018).

O Gráfico A da Prancha 1 mostra as normais climatológicas de precipitação e de temperatura média compensada da estação de Areia (PB). No que tange aos dados de precipitação, destaca-se o mês de junho, o único mês a apresentar média de precipitação acima dos 200,0 mm dentre todas as estações (registro de 210,7 mm). Os meses de julho e abril completam o trimestre mais chuvoso da estação, com registros médios de 182,2 mm e 169,2 mm, respectivamente. Nenhum outro mês em nenhuma das demais estações investigadas apresenta quantitativo superior a algum desses três meses. Por outro lado, os meses menos chuvosos são dezembro (média de 37,8 mm), novembro (média de 27,5 mm) e outubro (média de 21,8 mm). A normal climatológica anual de precipitação para a estação de Areia é de 1.359,7 mm, a maior dentre as estações investigadas. Com relação às normais mensais de temperatura, os meses mais frios são julho e agosto, com registro médio de 20,6°C. Fevereiro e março, por outro lado, formam o bimestre mais quente: registro de médio 23,7°C para ambos os meses. A amplitude térmica anual (diferença entre os meses mais frios e os meses mais quentes do ano) em Areia é de 3,1 °C.

Os dados referentes à estação de Campina Grande (PB) são mostrados no Gráfico B da Prancha 1. Os três meses mais chuvosos apresentaram totais médios acima dos 100,0 mm: junho (123,6 mm), março (107,1 mm) e maio (101,7 mm); já os menos chuvosos são dezembro (média de 15,3 mm), outubro (média de 12,5 mm) e novembro (média de 12,3 mm). A normal climatológica para as chuvas em Campina Grande é de 777,0 mm. Com relação às temperaturas, os meses de julho e agosto apresentam os menores valores (média de 21,5 °C), enquanto que janeiro, fevereiro e março registram média de 24,7 °C. A amplitude térmica anual em Campina Grande é de 3,2 °C.

No Gráfico C da Prancha 1 estão plotadas as informações referentes à estação de Surubim (PE). Os meses com os registros médios de chuva mais elevados são junho, julho e maio (106,5 mm, 82,9 mm e 75,6 mm, respectivamente), já os meses com os menores registros médios são outubro, novembro e setembro (8,4 mm, 10,2 mm e 23,2 mm, de forma respectiva). A estação de Surubim apresenta o menor acumulado pluviométrico anual dentre as normais climatológicas das cinco estações investigadas: média de 609,0 mm registrados a cada ano. Com relação às temperaturas, destacam-se como mais quentes os meses de fevereiro, março e janeiro (médias de 25,5 °C, 25,5 °C e 25,3 °C, respectivamente), enquanto que as menores temperaturas ocorrem nos meses de agosto, julho e junho (médias de 21,8 °C, 21,9 °C e 22,6 °C, respectivamente). A amplitude térmica anual em Surubim é de 3,7 °C.

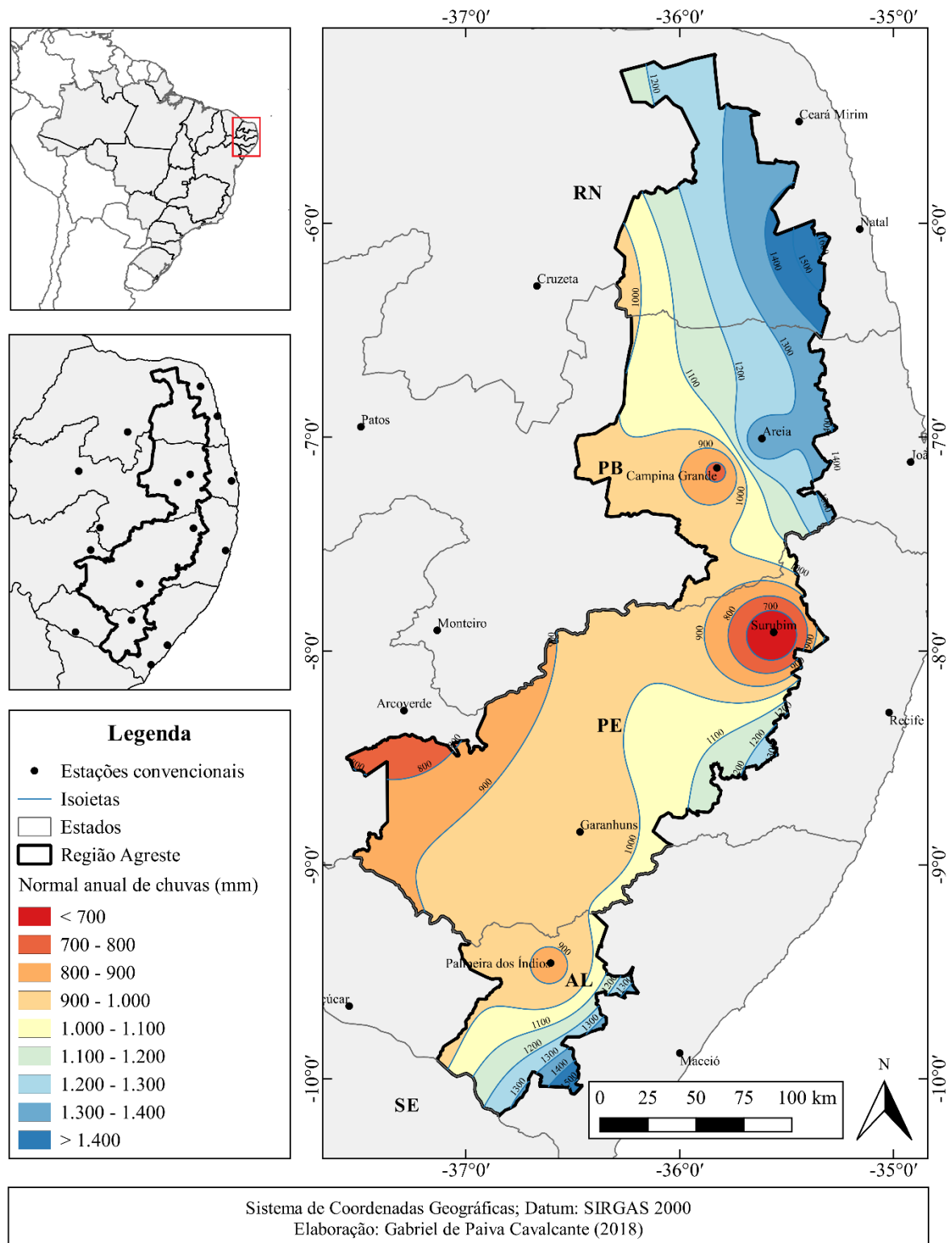
As informações referentes à estação de Garanhuns (PE) estão disponíveis no Gráfico D da Prancha 1. Destaca-se o mês de junho como o mais chuvoso, com acumulado médio de

161,7 mm, seguido por julho (média de 141,1 mm) e maio (média de 113,2 mm). A normal climatológica anual para a estação é de 918,3 mm, segundo menor quantitativo, sendo superado apenas por Areia/PB. Os meses que registram os menores quantitativos médios de chuva são: novembro (17,1 mm), outubro (20,1 mm) e dezembro (33,1 mm). Ao considerarem-se os dados de temperatura, o mês mais quente para a estação de Garanhuns é março, com registro médio de 22,7 °C, seguido por três meses que registram média de 22,5 °C: dezembro, janeiro e fevereiro. Dentre todas as cinco estações avaliadas, os quatro meses que registram médios de temperaturas abaixo dos 20 °C ocorrem em Garanhuns, a saber: julho e agosto (18,7 °C) e junho e setembro (19,6 °C). A amplitude térmica anual em Garanhuns é de 4,0 °C.

Por fim, no Gráfico E da Prancha 1, constam as informações sobre a estação de Palmeira dos Índios (AL). Três meses registram acumulado médio de chuva acima dos 100,0 mm: maio (131,0 mm), julho (134,2 mm) e junho (167,7 mm). Os menores acumulados ocorrem nos meses de novembro (média de 15,9 mm), outubro (média de 19,0 mm) e dezembro (média de 33,4 mm). A normal climatológica anual é de 878,2 mm, a terceira maior dentre as cinco estações analisadas. No que diz respeito às temperaturas, é na estação de Palmeira dos Índios que ocorrem os quatro únicos meses dentre todas as estações a superar a média de 26 °C: dezembro e janeiro (média de 26,4 °C), fevereiro (média de 26,5 °C) e março (média de 26,6 °C). Os meses mais frios são junho (média de 22,9 °C), julho e agosto (ambos com médias de 22,1 °C). A diferença entre julho/agosto (meses mais frios) e março (mês mais quente) é de 4,5 °C, a maior dentre as cinco estações investigadas.

A Figura 6 apresenta um mapa que contém a variação da normal climatológica anual da precipitação (1991-2010) para a região Agreste da Borborema. Para a sua elaboração, foram utilizados dados da normal climatológica anual de 16 estações convencionais do INMET, cinco delas inseridas na região Agreste (Areia/PB, Campina Grande/PB, Surubim/PE, Garanhuns/PE e Palmeiras dos Índios/AL, estas que foram utilizadas na construção da Prancha 1) e 11 estações localizadas em regiões circunvizinhas (Ceará Mirim/RN, Natal/RN, Cruzeta/RN, João Pessoa/PB, Monteiro/PB, Patos/PB, Recife/PE, Arcoverde/PE, Maceió/AL, Porto de Pedras/AL e Pão de Açúcar/AL).

Figura 6 – Mapa de isoietas das normais climatológicas anuais da região Agreste da Borborema (1990-2010). Fonte: INMET (2018).



Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2018).

De acordo com a Figura 6, nota-se que os setores que apresentam as normais climatológicas de precipitação mais elevadas estão localizados a leste da região Agreste. Destacam-se a porção nordeste da região, próxima a estações do leste potiguar, o leste do

Agreste Paraibano (região de Areia/PB), e, no sul do Agreste, a região que engloba as estações localizadas no leste de Alagoas. Esses pontos apresentam isoietas com valores acima dos 1.300 mm. No Agreste de Pernambuco, este valor é atingido em apenas um ponto, fato que está ligado à distância entre as estações climatológicas do leste do estado e a região. Por outro lado, as isoietas com os menores valores (abaixo dos 800,0 mm) circundam duas estações climatológicas (Campina Grande/PB e Surubim/PE). O ponto da região que se destaca pelos menores valores de isoietas é na região de Surubim/PE, quando as mesmas variam de 900,0 mm a 700,0 mm em um curto espaço.

No que se refere às diferenças pluviométricas no sentido leste-oeste, destaca-se a divisão da região por meio da isoietas no valor de 1.000,0 mm. Através dela, delimita-se a influência dos brejos de altitude em Areia/PB e em Garanhuns/PE, além dos avanços em regiões de vales de rios importantes: vale do rio Curimataú/PB, do Paraíba/PB e do Una/PE, fato este que pode ser justificado pela eventual facilidade de entrada dos sistemas atmosféricos por meio da abertura e baixa altitude desses sistemas ambientais.

4.3. Análise da variabilidade pluviométrica na região Agreste da Borborema

Na perspectiva da Climatologia Geográfica, as séries temporais de atributos climáticos requerem estudo detalhado, com escala, no mínimo, diária. Desta forma, a seleção de períodos representativos é de suma importância para que sejam verificados os estados atmosféricos durante períodos de dinâmicas climáticas distintas, diferenciadas por fatores como a TSM e a consequente abrangência das massas de ar e a ocorrência dos sistemas atmosféricos. Assim, é por meio dos anos-padrão que a climatologia geográfica consolidou pesquisas no Brasil, sobretudo na análise pluviométrica, já que a compreensão da precipitação anual (total, ritmo, frequência, dentre outros fatores) é fator essencial para que sejam detalhados os sistemas atmosféricos atuantes e os tipos de tempo deles decorrentes.

A classificação de cada período (anual e quadrimestre chuvoso) se encontra no Quadro 8. A representação da condição dos oceanos, também disponível no Quadro 8, é importante para detectar os períodos de ocorrência de El Niño, La Niña, GRADM+ ou GRADM-, fatores que influenciam na distribuição das chuvas na área de estudo.

Quadro 8 - Síntese da variação anual e do quadrimestre chuvoso da pluviosidade registrada por estação climática do INMET no Agreste da Borborema.

CONDIÇÃO DOS OCEANOS														
	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	
El Niño	L		M			F					L	F		
La Niña		L		F	L		F	M						
L= Leve; M= Moderado; F= Forte														
GRADM	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
	+			-	-	+		+	+	-	-			
GRADM positivo: + GRADM negativo: -														
SÍNTESE DA VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA ANUAL REGISTRADA POR POSTOS E ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NO AGRESTE DA BORBOREMA (2005-2017)														
POSTO/ESTAÇÃO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	MÉDIA
SANTA CRUZ														478,3
AREIA														1296,6
CAMPINA GRANDE														786,5
SURUBIM														559,7
CARUARU														576,1
GARANHUNS														888,9
PALMEIRA DOS ÍNDIOS														918,4
SÍNTESE DA VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DO QUADRIMESTRE CHUVOSO NO AGRESTE DA BORBOREMA (2005-2017)														
POSTO/ESTAÇÃO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	MÉDIA
SANTA CRUZ														293,7
AREIA														753,9
CAMPINA GRANDE														471,7
SURUBIM														332,9
CARUARU														337,0
GARANHUNS														528,7
PALMEIRA DOS ÍNDIOS														590,0
	MS S N C MC													

Fontes: EMPARN (2018), AESA (2018), APAC (2018) e INMET (2018). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2018).

Para a classificação da pluviometria anual e do período chuvoso, foi utilizada a técnica dos quantis (ver item 2.2.3), que classifica os períodos em cinco categorias com base no total pluviométrico, a saber: Muito Seco – MS, Seco – S, Normal – N, Chuvoso – C e Muito Chuvoso – MC.

Na síntese anual, o ano 2011 (que registrou ocorrência de La Niña Forte) apresentou a maior quantidade de estações na categoria MC: seis das sete estações (85,7% do total) registraram quantitativos de chuva acima de 25% da média histórica; neste ano, apenas a estação de Garanhuns/PE apresentou pluviosidade enquadrada na categoria Normal. O ano 2009 apresentou quatro estações enquadradas na categoria MC, enquanto que em 2010 ocorreram em três estações e em 2017, uma estação (Garanhuns/PE).

Por outro lado, na categoria MS, destaca-se o ano 2012 (com registro de GRADM positivo), com seis das sete estações enquadradas nesta categoria (exceto a estação de Campina Grande/PB, que se enquadrou na categoria de ano Seco). Em seguida, apresentam-se os anos 2016 (três estações na categoria MS), 2015 (duas estações) e 2010, 2014 e 2017 (uma estação em cada ano). Nota-se uma mudança abrupta na característica dos dados apresentados entre 2011 e 2012: enquanto que o ano 2011 apresentou predomínio de estações com registros de chuva com elevação de 25% à média histórica, o ano 2012 registrou o mesmo número de estações com redução de chuvas abaixo de 25% em comparação à média histórica. Tal fato pode estar ligado ao GRADM positivo em 2012, podendo provocar mudanças significativas nos padrões de circulação atmosférica, sobretudo da Massa Equatorial Atlântica.

Na categoria Normal, os anos com maiores registros de estações são 2006, ano de La Niña Leve com transição para El Niño Moderado (6 registros de estações, exceto Areia/PB, que se enquadrou na categoria Seco), e 2013, ano de GRADM positivo (5 registros de estações, exceto Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL, ambas as estações na categoria Seco). Os anos 2012 e 2015 não apresentaram nenhuma ocorrência de estações na categoria Normal.

O caso do biênio 2009-2010 torna-se didático no que diz respeito aos impactos nos quantitativos de chuva na região em detrimento das condições térmicas nos oceanos que banham o continente americano. Neste período, embora se tenha registro de El Niño Forte, o GRADM do Atlântico foi negativo em 2009 e positivo em 2010, o que pode ter possibilitado as diferenças nos padrões de chuva em tal período: em 2009, a maioria das estações enquadraram-se na categoria MC, número que diminuiu em 2010, agravando-se com a condição da estação de Areia/PB, com registro de chuva abaixo de 25% da média histórica. Desta forma, nota-se que, provavelmente, pela proximidade à região, as condições térmicas

do Oceano Atlântico podem possuir potencialidades mais determinantes para o regime pluviométrico e para a circulação atmosférica.

Analisando a sequência das características pluviométricas anuais presentes no Quadro 8, percebe-se que o período entre os anos 2005 e 2011 apresentou domínio das categorias que representam desvio positivo de chuvas: dos 14 registros de MC possíveis, 13 ocorreram neste período (92,8% do total); já nas categorias de desvio negativo, houve apenas um registro de MS (na estação de Areia/PB, em 2010). Em contrapartida, a característica do período entre os anos 2012 e 2017 se inverte: nele, ocorre apenas um registro de MC (na estação de Garanhuns/PE, em 2017), enquanto que 13 dos 14 registros de MS ocorrem entre esses anos.

Precedentemente ao início da análise da síntese que engloba os quadrimestres chuvosos das estações, é importante que tais períodos sejam discriminados. Portanto, o Quadro 9 mostra os quatro meses mais chuvosos para as estações analisadas, com destaque também para o percentual de chuva do período em comparação com o total médio anual.

Quadro 9 – Período chuvoso de cada estação do Agreste da Borborema e percentual de chuva em comparação com a total médio anual.

Estado	Estação	Quadra Chuvosa	Percentual
RN	Santa Cruz	março-junho	61,4%
PB	Areia	abril-julho	58,1%
	Campina Grande	abril-julho	60,0%
PE	Surubim	abril-julho	59,5%
	Caruaru	abril-julho	58,5%
	Garanhuns	maio-agosto	59,5%
AL	Palmeira dos Índios	abril-julho	64,2%

Fontes: EMPARN (2018), AESA (2018), APAC (2018) e INMET (2018). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2018).

A maioria das estações (cinco das sete estações) apresentam os quatro maiores registros médios mensais de chuva entre os meses de abril a julho, período de maior atuação das Ondas de Leste. Santa Cruz/RN e Garanhuns/PE trazem mudanças quanto ao período de ocorrência da quadra chuvosa. Em Santa Cruz/RN, o período chuvoso ocorre mais cedo em comparação às demais estações, fato provavelmente vinculado a atuação da Zona de Convergência Intertropical, que atua na região de fevereiro a maio; já na estação de Garanhuns, ocorre retardamento do período chuvoso, estendendo-se até agosto. Tais diferenças serão analisadas na próxima fase da pesquisa, que consiste na Análise Rítmica, quando fatores como ocorrência, temporalidade e abrangência dos sistemas atmosféricos atuantes nas estações estudadas serão detectados.

Na análise da síntese da variação pluviométrica do quadrimestre chuvoso das estações, o ano 2011 registrou o maior quantitativo na categoria MC (quatro estações, no total de 57,1%), seguido dos anos 2005, 2009 e 2017, cada um com três estações na categoria MC e de 2008, com uma estação (Santa Cruz/RN). Na categoria MS, destacam-se os anos 2012 e 2016, com cinco estações cada (Santa Cruz/RN, Surubim/PE, Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL tiveram os dois registros da categoria MC nesses anos). Houve duas estações nesta categoria no ano 2014, e uma estação nos anos 2007 e 2010.

A distribuição nos quadrimestres chuvosos das categorias MC e MS entre as estações se mostra menos concentrada do que na síntese anual. Entre os anos 2005 e 2011 há 11 ocorrências de estações na categoria MC (75,6% das ocorrências), e duas ocorrências de estações na categoria MS. Já no período entre os anos 2012 e 2017, foram observadas três ocorrências de estações na categoria MC e 12 ocorrências de estações na categoria MS (85,7% das ocorrências). Desta forma, embora os percentuais sejam menos expressivos se comparados à síntese anual, os números ainda revelam que o primeiro período (2005-2011) é expressivamente mais chuvoso do que o segundo período (2012-2017).

Na categoria Normal, os quadrimestres chuvosos com maiores registros de estações são os de 2013 (6 registros de estações, exceto Garanhuns/PE, que se enquadrou na categoria Seco), e os anos 2006 e 2008 (5 registros de estações para ambos os anos, exceto Areia/PB [Seco] e Campina Grande/PB [Chuvoso] em 2006, e Santa Cruz/RN [Muito Chuvoso] e Palmeira dos Índios/AL [Chuvoso] em 2008).

Considerando os totais médios anuais e dos quadrimestres chuvosos, o maior quantitativo é da estação de Areia/PB (média de 1.296,6 mm/ano e de 753,9 mm na quadra chuvosa). O total da quadra chuvosa registrado em Areia/PB supera até os registros anuais de três das demais estações (Caruaru/PE: 576,1 mm/ano e 337,0 mm na quadra chuvosa; Surubim/PE: 557,7 mm/ano e 332,9 mm na quadra chuvosa; e Santa Cruz/RN, estação com os menores totais: 478,3 mm/ano e 293,7 mm na quadra chuvosa). O segundo maior quantitativo de chuvas é registrado pela estação de Palmeira dos Índios (918,4 mm/ano e 590,0 mm na quadra chuvosa), seguida pelas estações de Garanhuns/PE (888,9 mm/ano e 528,7 mm na quadra chuvosa) e de Campina Grande/PB (786,5 mm/ano e 471,7 mm na quadra chuvosa).

Nota-se que as três estações com os maiores registros de pluviosidade localizam-se nas regiões de barlavento da Borborema, estas que primeiro recebem a influência dos sistemas atmosféricos que provocam chuva. O caso de Areia/PB, localizada na escarpa oriental do Planalto da Borborema na Paraíba, é o mais significativo: os 1296,6 mm anuais destoam dos registros nas demais estações, sendo 378,2 mm acima do registrado em Palmeira dos Índios

(situada no extremo sul da Borborema), segundo maior registro e 407,7 mm acima do registrado em Garanhuns (um brejo de altitude mais elevado que Areia/PB, porém localizado mais ao interior, o que minimiza a influência dos sistemas atmosféricos).

4.3.1. Seleção dos anos-padrão

Conforme apontado no item 3.2 da Metodologia, foram eleitos três anos-padrão para a análise concomitante e simultânea dos tipos de tempo, considerando a representação das categorias Muito Seco, Muito Chuvoso (pelo fato de ambas apresentarem os extremos negativos e positivos da pluviosidade) e Normal (por apresentar características que representam a normalidade pluviométrica).

Para eleição dos anos-padrão, foram considerados três critérios: 1) características pluviométricas anuais semelhantes para a maioria das estações, observando-se as categorias estabelecidas pela aplicação da técnica dos quantis; 2) características pluviométricas semelhantes entre os quadrimestres chuvosos para a maioria das estações, observando-se, também, as categorias estabelecidas pela aplicação da técnica dos quantis; e 3) condições da TSM nos oceanos Atlântico e Pacífico estas que, como já mencionado, alteram significativamente o padrão de circulação das massas de ar e, conseqüentemente, a temporalidade e a dimensão dos sistemas atmosféricos.

Após a análise dos critérios, os anos-padrão foram eleitos:

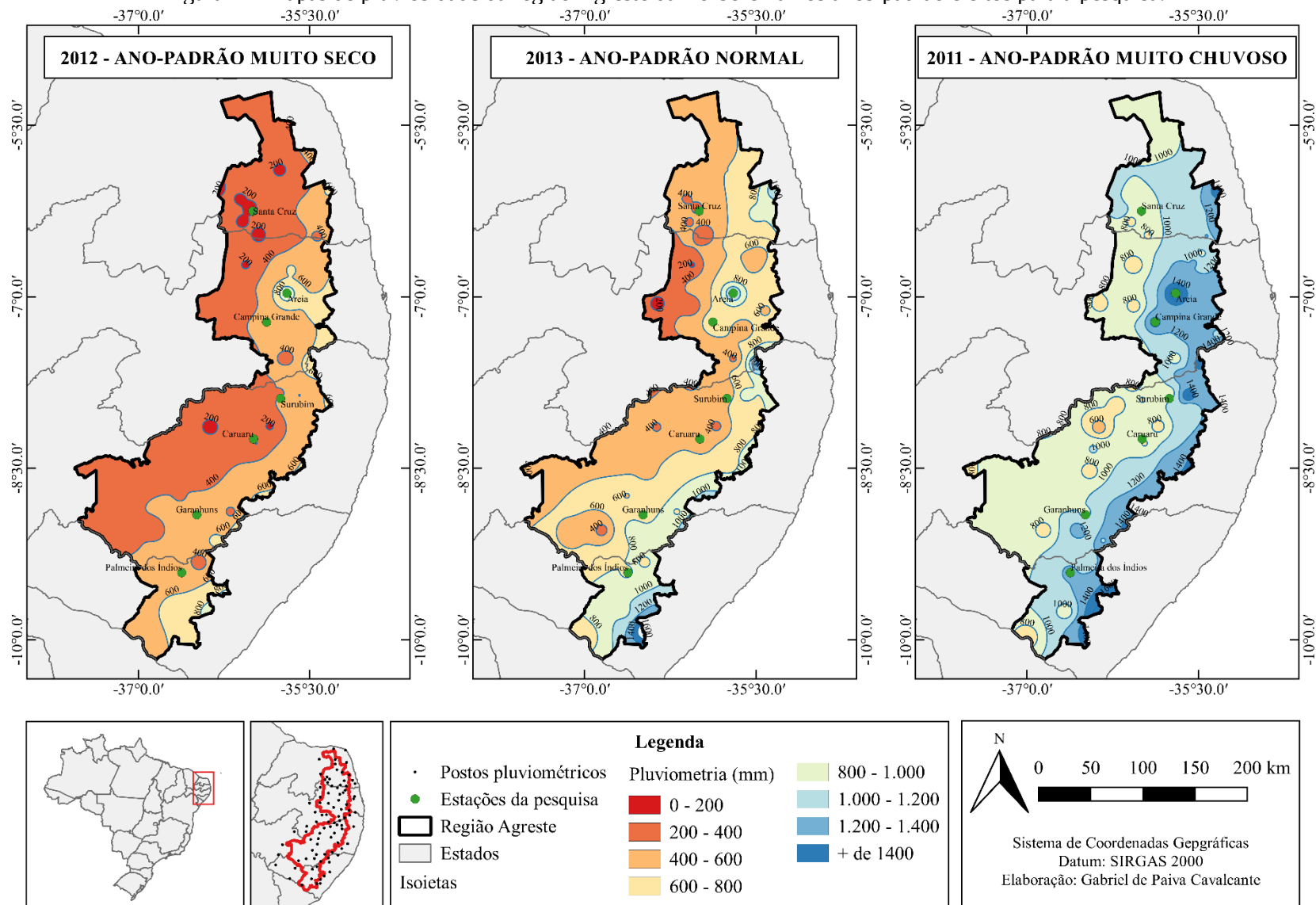
- Ano-padrão Muito Seco - MS: o ano 2012 apresentou o maior quantitativo de estações na categoria MS. Na síntese anual, seis das sete estações estudadas (85,7% das estações) se enquadram nesta categoria (a exceção é a estação de Campina Grande/PB, que registrou ano seco); já na síntese que abarca os quadrimestres chuvosos, cinco das sete estações (Santa Cruz/RN, Surubim/PE, Caruaru/PE, Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL) apresentaram dados pluviométricos que categorizaram o ano como MS, ou seja, 71,4% das estações. A estação de Campina Grande/PB, mais uma vez, se enquadrhou na categoria Seco, enquanto que a de Areia/PB, na categoria Normal. Com relação às condições de TSM, o GRADM se apresentou positivo, enquanto que o fenômeno La Niña ocorreu de forma moderada. Nenhum dos demais anos analisados apresentou condições pluviométricas negativas extremas que se aproximam ao ano 2012, o que o isola nas características da categoria MS;
- Ano-padrão Normal - N: dois anos apresentam características próximas à normalidade pluviométrica: o ano 2006 e o ano 2013. Na comparação desses anos na síntese anual, em 2006, seis das sete estações apresentaram-se na categoria Normal, enquanto que em 2013, a

quantidade de estações nesta categoria diminuiu para cinco. Na síntese do quadrimestre chuvoso é o ano 2013 que apresenta as características mais próximas à normalidade: seis das sete estações se encaixam na categoria Normal (exceção da estação de Garanhuns/PE, que apresentou registros na categoria Seco); no ano 2006, por sua vez, apresentou uma estação a menos na categoria Normal (cinco estações), sendo que as duas estações restantes se enquadraram em duas categorias diferentes: Areia/PB na categoria Seco e Campina Grande/PB na categoria Chuvoso. Por fim, considerando o terceiro critério de escolha (TSM), o ano 2013 apresenta novamente as condições próximas à normalidade pluviométrica ao apresentar tanto a TSM do Atlântico, quanto a do Pacífico neutras, enquanto que o ano 2006 registra La Niña leve. Assim, o ano eleito para a representação da categoria Normal é 2013 devido a quantidade superior de estações na categoria Normal no quadrimestre chuvoso e às condições neutras nos dois oceanos que circundam o continente americano;

- Ano-padrão Muito Chuvoso - MC: o ano 2011 apresentou o maior quantitativo de estações categorizadas como MC. Na síntese anual, seis das sete estações (85,7% do total) se encaixam nesta categoria, com exceção de Garanhuns/PE, categorizada como Normal; já na síntese que engloba os quadrimestres chuvosos, quatro das sete estações (57,1% do total) enquadram-se na categoria MC (Areia/PB, Campina Grande/PB, Surubim/PE e Palmeira dos Índios/AL), uma estação na categoria Chuvoso (Caruaru/PE), e duas estações na categoria Normal (Santa Cruz/RN e Garanhuns/PE). No que corresponde às condições de TSM, o GRADM ocorreu com neutralidade no período, enquanto que o La Niña manifestou-se forte no biênio 2010-2011 e moderado no biênio 2011-2012. De natureza igual ao que ocorreu na categoria MS, nenhum dos demais anos analisados apresentaram condições pluviométricas positivas extremas em comparação ao ano 2011, o que o isola nas características da categoria MS.

A Figura 7 apresenta a pluviosidade dos três anos-padrão eleitos.

Figura 7 – Mapas de pluviosidade da região Agreste da Borborema nos anos-padrão eleitos para a pesquisa.



Fontes: EMPARN (2018), AESA (2018), APAC (2018), SEMARH (2018) e INMET (2018).

Para a elaboração dos mapas da Figura 7 foi utilizada uma base de dados adquiridos na EMPARN, AESA/PB, APAC/PE, SEMARH/AL e do INMET. A junção dos dados dessas cinco fontes gerou uma planilha contendo informações de 100 postos pluviométricos ou estações climatológicas. Vale ressaltar que foram utilizadas informações de postos ou estações localizadas fora do recorte regional do Agreste para uma interpolação de valores mais confiável no ambiente SIG.

Nota-se que os registros pluviométricos são mais elevados no setor leste do Agreste nos três anos-padrão. No ano-padrão Seco (2012), os valores das isoietas variam de 200,0 mm a 900,0 mm, com aumento progressivo no sentido oeste-leste. Os dois setores com os maiores registros são o centro-leste do Agreste da Paraíba (região de Areia/PB), e o sudeste do Agreste de Alagoas, que apresenta os maiores registros pluviométricos daquele ano.

O ano-padrão Normal (2013) apresenta aumento nos dados de chuva em algumas regiões. Os registros pluviométricos apresentam aumento progressivo mais notável no sentido oeste-leste, se comparados ao ano-padrão seco, visto que, os valores das isoietas apresentam variação de 200,0 mm a 1.400,0 mm. Quatro setores se destacam no que tange aos valores pluviométricos mais elevados: leste do Agreste potiguar, centro-leste do Agreste da Paraíba (região de Areia/PB), extremo norte do Agreste de Pernambuco, faixa leste do Agreste de Pernambucano e o sudeste do Agreste de Alagoas. Os pontos com os menores valores ocorrem na faixa oeste da região em todos os quatro estados, com destaque para a parte que compreende o estado da Paraíba.

Por fim, o ano-padrão Muito Chuvoso (2011) revela a maior uniformidade entre os três anos analisados. Mesmo com o decréscimo gradual da pluviosidade no sentido oeste-leste, os menores valores ocorrem por volta dos 800,0 mm (com exceção para uma região da porção noroeste do Agreste de Pernambuco, com registro de 600,0 mm). Os valores mais elevados compreendem toda a faixa leste da região, contendo dois avanços para o interior: regiões de Campina Grande/PB e de Areia/PB, ambas com isoietas de valores acima dos 1.400,0 mm. Destaca-se, também, o setor sudeste do Agreste de Alagoas, com isoietas de valores acima dos 1.500,0 mm.

A progressividade do aumento dos registros pluviométricos no sentido oeste-leste pode possuir ligação com a influência orográfica do Planalto da Borborema, que barra a atuação de sistemas atmosféricos produtores de chuva que adentram ao continente sem a intensidade suficiente para a superação desta barreira natural. Assim, a precipitação torna-se maior na faixa leste da região Agreste, sobretudo nas regiões de escarpa, como Areia/PB e Garanhuns/PE, climatologicamente chamadas de brejos de altitude.

4.4. Análise rítmica aplicada à Região Agreste da Borborema

Este tópico tratará sobre o ritmo dos atributos climáticos (Temperatura Máxima, Temperatura Média Compensada, Temperatura Mínima, Umidade Relativa do Ar, Pressão Atmosférica, Velocidade do Vento, Direção do Vento e Precipitação) e dos sistemas atmosféricos, bem como, das massas de ar atuantes durante os anos representativos para esta pesquisa, ou seja, dos anos classificados como Muito Seco (2012), Normal (2013) e Muito Chuvoso (2011).

Devido a densidade de informações contidas em um ano, bem como, a necessidade de que haja facilidade para a leitura do trabalho, a análise baseou-se na pluviometria das localidades para ocorrer de forma dividida em três períodos a saber: Período Pré-chuvoso, Período Chuvoso e Período Seco. Há uma pequena variação na temporalidade de tais períodos entre as localidades estudadas, conforme se observa no Quadro 10, porém, sem necessidade de divisão na análise. Ressalta-se que, devido a falhas na sequência de dados fornecidos pelas estações automáticas, a análise do ritmo diário dos atributos climáticos pode tornar-se incompleta, porém, a grande maioria dos dados estão plotados nos gráficos.

Quadro 10 – Período chuvoso de cada estação do Agreste da Borborema e percentual de chuva em comparação com a total médio anual.

Estado	Estação	Período Pré-chuvoso	Período Chuvoso	Período Seco
RN	Santa Cruz	Janeiro/Fevereiro	Março/Junho	Julho/Dezembro
PB	Areia	Janeiro/Março	Abril/Julho	Agosto/Dezembro
	Campina Grande	Janeiro/Março	Abril/Julho	Agosto/Dezembro
PE	Surubim	Janeiro/Março	Abril/Julho	Agosto/Dezembro
	Caruaru	Janeiro/Março	Abril/Julho	Agosto/Dezembro
	Garanhuns	Janeiro/Abril	Maio/Agosto	Setembro/Dezembro
AL	Palmeira dos Índios	Janeiro/Março	Abril/Julho	Agosto/Dezembro

Fontes: EMPARN (2018), AESA (2018), APAC (2018) e INMET (2018).

Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2018).

Observa-se que a maioria das estações (cinco das sete estações) apresentam períodos pluviométricos semelhantes (Areia/PB, Campina Grande/PB, Surubim/PE, Caruaru/PE e Palmeira dos Índios/AL registram o Período Pré-chuvoso entre os meses de janeiro e março, o Período Chuvoso entre os meses de abril e julho, e o Período Seco entre os meses de Agosto a Dezembro). Santa Cruz/RN apresenta o seu Período Pré-chuvoso mais curto, ou seja, nos meses de janeiro e fevereiro, enquanto que o Período Chuvoso ocorre mais cedo do que as demais estações (de março a junho), além de apresentar o Período Seco mais longo, quando

comparado às demais localidades, ocorrendo entre os meses de julho e dezembro. Garanhuns/PE, por sua vez, apresenta o Período Pré-chuvoso mais longo entre as estações, ocorrendo de janeiro a abril, enquanto que o Período Chuvoso ocorre entre os meses de maio a agosto e o Período Seco, de setembro a dezembro. É a única localidade a apresentar temporalidades equivalentes durante os períodos pluviométricos (quatro meses, podendo, portanto, os períodos também serem chamados de quadra).

4.4.1. Ano-padrão Muito Chuvoso – 2011

Conforme é exposto na Figura 8, o ano de 2011 apresentou registros pluviométricos acima da média histórica em todas as estações, com destaque para os desvios positivos apresentados nas estações de Campina Grande/PB (com registro total de 1.495,4 mm, ou seja, 708,9 mm acima da média histórica) e Areia/PB (com 1.827,6 mm observados, totalizando 531,0 mm acima da média histórica). As demais estações apresentaram desvios positivos que variaram entre 62,2 mm (Garanhuns/PE) e 363,6 mm (Santa Cruz/RN).

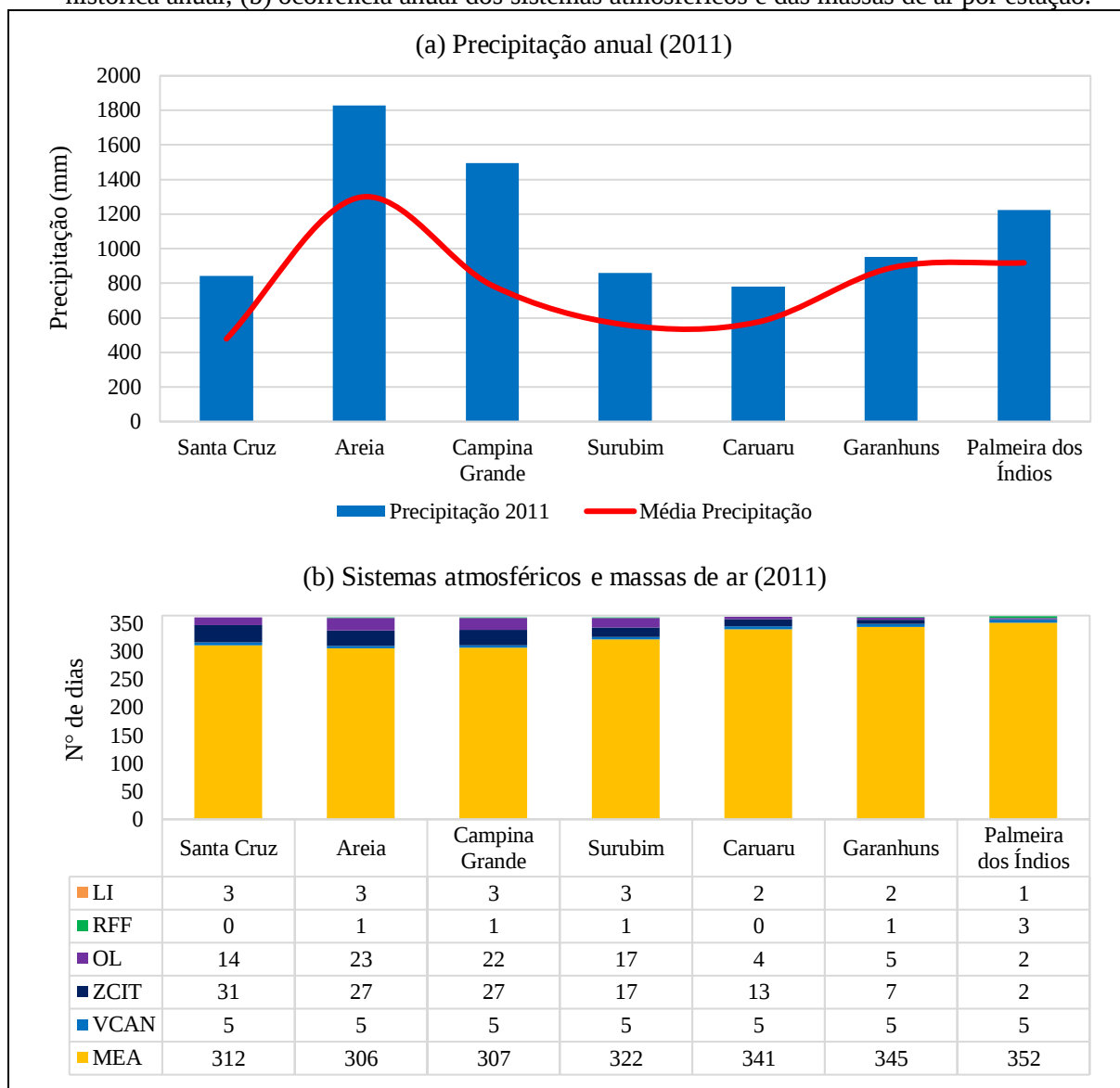
A Massa Equatorial Atlântica (mEa) atuou com mais frequência do que os demais sistemas atmosféricos em todas as estações. Sua participação variou de 306 dias em Areia/PB (o equivalente a 83,8% dos dias do ano de 2011) a 352 dias em Palmeira dos Índios/AL (que equivale a 96,4% dos dias para o ano de 2011). Trata-se, portanto, de uma massa de ar onipresente em toda a região, com ocorrência durante todo o ano.

No que diz respeito aos sistemas atmosféricos produtores de chuva, destacam-se:

- A Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, que atua mais fortemente ao Norte da região Agreste e apresenta frequência reduzida quando se avança ao Sul, é o sistema atmosférico produtor de chuva mais importante para a região no Ano Chuvoso de 2011, destacando-se nas estações de Santa Cruz/RN (31 dias), Areia/PB e Campina Grande/PB (27 dias). Quando ocorreu mais para o sul da região, principalmente na estação de Palmeira dos Índios/AL, o sistema foi, provavelmente, influenciado por ocorrências de outros sistemas, por condições da temperatura da superfície do mar, ou ainda por outros fatores que necessitam de estudos aprofundados a respeito;
- As Ondas de Leste – OL, que atuam com maior frequência nas estações de Areia/PB (23 dias), Campina Grande (22 dias) e Surubim/PE (17 dias). Este sistema ocorre com menor frequência em regiões que se localizam a oeste – ou a

sotavento – do Planalto da Borborema, a exemplo da cidade de Caruaru/PE, que registrou apenas 4 dias com atuação das OLS.

Figura 8 – (a) Gráfico de precipitação para o Ano Muito Chuvoso (2011) e comparação com a média histórica anual; (b) ocorrência anual dos sistemas atmosféricos e das massas de ar por estação.



Fonte: INMET (2018). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

- Os demais sistemas atmosféricos (Vórtice Ciclônico de Altos Níveis – VCAN, Repercussões de Frentes Frias – RFF e Linhas de Instabilidade – LI) apresentaram frequência reduzida nas estações estudadas, sempre com ocorrência menor ou igual a cinco dias. Não obstante, destacam-se os VCANs, sistemas atmosféricos mesoescala, que, quando ocorrem, provocam precipitações em regiões de grandes tamanhos, podendo atuar em todo o Agreste em uma só ocorrência, já que a sua borda proporciona atividade convectiva suficiente para cobrir toda a região.

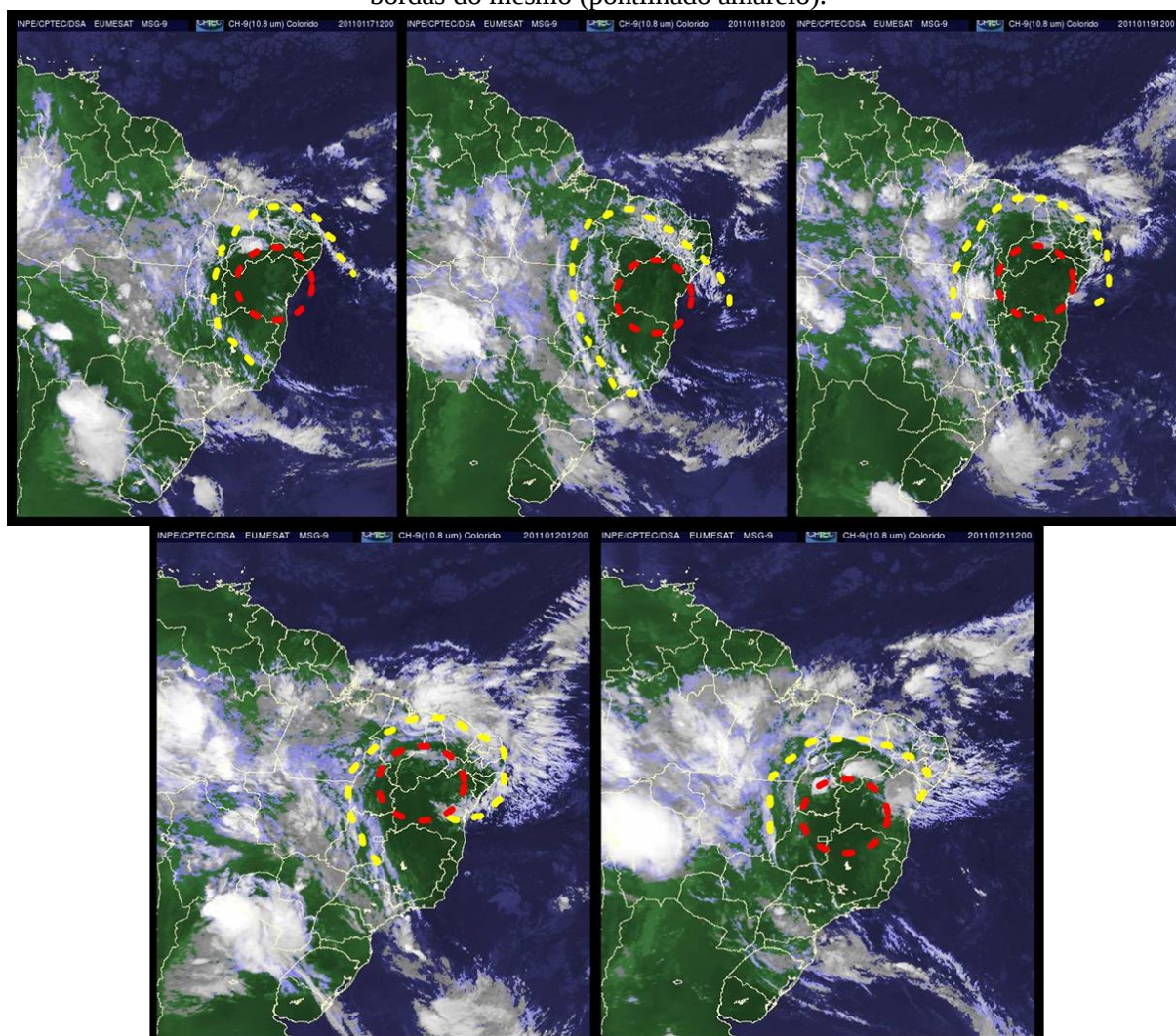
4.4.1.1. Análise do Período Pré-chuvoso do ano-padrão Muito Chuvoso - 2011

Em conformidade ao mencionado no início do tópico 4.4, o Período Pré-chuvoso é composto pelos primeiros meses do ano, porém, variando de dois meses de duração (de janeiro a fevereiro em Santa Cruz/RN) a quatro meses de duração (de janeiro a abril em Garanhuns/PE). Mesmo com a diferença na temporalidade, é importante a análise separada por períodos pluviométricos, visto que, por meio desse procedimento, serão detalhadas as realidades climáticas das localidades em tela e, conseqüentemente, da região Agreste da Borborema e suas diversidades. A seguir, será analisado o ritmo da ocorrência dos sistemas atmosféricos e das massas de ar nas localidades estudadas nesta pesquisa durante o Período Pré-chuvoso. Estes dados, além de disponíveis em quantitativos totais, também serão inseridos em percentagem nos quadros devido a diferença da duração dos períodos pluviométricos entre as localidades.

- Massa Equatorial Atlântica – mEa: assim como em todos os demais períodos de todos os anos-padrão estudados, durante o período pré-chuvoso a mEa atua na maioria dos dias. Em termos percentuais, a atuação desta massa de ar aumenta em relação direta na proporcionalidade com o aumento da latitude, ou seja, quanto mais ao sul se posiciona a localidade, maior a participação da mEa nas condições de tempo. Este fato se dá devido às dificuldades de avanços dos sistemas produtores de chuvas para o sul da região Agreste, principalmente a Zona de Convergência Intertropical - ZCIT. Desta forma, a participação da mEa na composição dos tipos de tempo da região varia de 74,6% em Santa Cruz/RN (com atuação durante 44 dias) a 92,2% em Palmeira dos Índios/AL (com atuação registrada durante 83 dias). Vale ressaltar que a mEa é uma massa de ar que proporciona estabilidade nos tipos de tempo, porém, há também momentos de instabilidade – estes que são influenciados pela umidade presente na massa de ar –, proporcionados pela inversão das camadas da massa de ar, permitindo com que ocorra, segundo Nimer (1989, p. 36) “*uma ascensão violenta das duas camadas do alísio*”. Ainda de acordo com o autor, “*este fenômeno acarreta queda de temperatura em altitude e forte instabilidade que produz chuvas contínuas no litoral*”. Tais chuvas podem chegar ao Agreste por conta da proximidade da região com o litoral.
- Vórtice Ciclônico de Altos Níveis – VCAN: houve atuação de VCAN durante cinco dias consecutivos (de 17 a 21 de janeiro), sendo ocorrências que englobaram

toda a região, conforme mostra a Figura 9. As chuvas provocadas pelo sistema ocorreram com maior volume em Santa Cruz/RN, com registro de 34,2 mm no episódio, seguido por Caruaru, com registro de 23,2 mm, ocorrido apenas em um dia (21 de janeiro). Nota-se, portanto, que embora o sistema tenha atuado de forma a alcançar todas as localidades estudadas, o mesmo não provocou eventos de chuva intensos ou extremos.

Figura 9 – Imagens de satélite dos dias 17, 18, 19, 20 e 21 de janeiro de 2011, com ocorrência de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis, com destaque para o centro do sistema (em vermelho) e para as bordas do mesmo (pontilhado amarelo).



Fonte: CPTEC/INPE, 2019.

- Zona de Convergência Intertropical – ZCIT: trata-se do sistema produtor de chuva mais importante durante o período pré-chuvoso, com atuação mais frequente em seis das sete estações pesquisadas. Sua atuação ocorre de forma mais ativa nas estações localizadas mais ao norte, visto que, o mesmo é um sistema atmosférico de baixa latitude. Nesse sentido, destacam-se as localidades de Santa Cruz/RN

(atuação da ZCIT durante 10 dias, o que representa 16,9% dos dias do período), Campina Grande/PB (14 dias, representando 15,6% do período) e Areia/PB (atuação registrada durante 13 dias, o que representa 14,4% do período). Em Palmeira dos Índios/AL, por outro lado, houve registro de atuação da ZCIT durante dois dias, o que equivale a apenas 2,2% do total;

- Ondas de Leste – OL: neste período, houve registro de apenas uma ocorrência deste sistema atmosférico na região Agreste, em Garanhuns/PE, no dia 08/04/2011. Ressalta-se, entretanto, que tal data, embora esteja enquadrada no período pré-chuvoso em Garanhuns, configura o período chuvoso nas demais estações;
- Repercussões de Frentes Frias – RFF: no período, não houve registros de atuação deste sistema atmosférico na região;
- Linhas de Instabilidade – LI: houve apenas um registro de ocorrência de LI na região Agreste, no município de Garanhuns/PE, no dia 09/04/2011. Assim como no caso da ocorrência de OL, a data deste registro figura durante o período chuvoso nas demais localidades estudadas.

O Quadro 11 apresenta uma síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região durante o período.

Quadro 11 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o Período Pré-Chuvoso do ano-padrão Muito Chuvoso – 2011.

Sistemas	Santa Cruz		Areia		Campina Grande		Surubim		Caruaru		Garanhuns		Palmeira dos Índios	
	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%
MEA	44	74,6	72	80,0	71	78,9	74	82,2	75	83,3	107	89,2	83	92,2
VCAN	5	8,5	5	5,6	5	5,6	5	5,6	5	5,6	5	4,2	5	5,6
ZCIT	10	16,9	13	14,4	14	15,6	11	12,2	10	11,1	6	5,0	2	2,2
OL	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,8	0	0,0
RFF	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
LI	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,8	0	0,0
Total	59	100	90	100	90	100	90	100	90	100	120	100	90	100

Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

4.4.1.2. Análise do Período Chuvoso do ano-padrão Muito Chuvoso - 2011

- mEa – durante o período chuvoso, o domínio da mEa recua em quatro das sete estações, embora continue com percentuais acima 73% dentre os dias que compõem o período. A diminuição da presença da massa de ar ocorre devido ao aumento da frequência dos sistemas atmosféricos produtores de chuva nas estações localizadas no

setor norte da região, a saber: Santa Cruz/RN, Areia/PB, Campina Grande/PB e Surubim/PE. Nessas localidades, a mEa atuou, de forma respectiva, em 73,0%, 68,0%, 68,9% e 78,7% dos dias (ou, em quantitativos totais, durante 89, 83, 84 e 96 dias, respectivamente). Por outro lado, a mEa registra aumento da proporção de ocorrência nas três demais estações: Caruaru/PE (com atuação durante 113 dias no período, o que representa 92,6% do total), Garanhuns/PE (117 dias com registro de atuação da mEa, correspondendo a 95,1% do total) e Palmeira dos Índios (119 dias com registro da massa de ar, o que representa 97,5% do total);

- VCAN: os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis não atuaram na região durante o período;
- ZCIT: embora este sistema atmosférico seja superado pelas Ondas de Leste durante o período chuvoso, sua atuação na região Agreste ainda é bastante marcante. Na estação de Santa Cruz/RN, a Zona de Convergência Intertropical continua sendo o sistema atmosférico produtor de chuva com a maior frequência de atuação, ocorrendo durante 21 dias (17,2% do total). Dentre as demais estações, o sistema atua durante 14 dias em Areia/PB (11,5% dos dias do período) e durante 13 dias em Campina Grande (o que representa 10,7% dos dias do período). O sistema ainda registra atuação nas estações de Surubim, Caruaru e Garanhuns, todas no estado de Pernambuco, com ocorrências totais de seis, três e um dia, de forma respectiva (o que representa, também de maneira respectiva, 4,9%, 2,5% e 0,8% dos dias do período chuvoso). A estação de Palmeira dos Índios/AL não registrou atuação da ZCIT durante tal período;
- OL: as Ondas de Leste são o sistema produtor de chuva com o maior registro de atuação nas estações estudadas, excetuando-se a de Santa Cruz/RN, durante o período. Destacam-se as estações de Areia/PB, Campina Grande/PB (ambas com 22 ocorrências, representando 18,0% do total de dias do período) e Surubim/PE (17 dias com registro de OL, o que representa 13,9% da quantidade de dias do período chuvoso). Nas demais estações, o sistema atmosférico varia de dois a nove dias de atuação. Nota-se, assim, uma densa concentração das ocorrências das Ondas de Leste no trecho entre Areia/PB e Surubim/PE, no centro da região;
- RFF: não houve registros de Repercussões de Frentes Frias na área de estudo durante o período;
- LI: as Linhas de Instabilidade atuaram de maneira pouco destacável na região durante o período, com variação de três ocorrências nas estações de Santa Cruz/RN, Areia/PB,

Campina Grande/PB e Surubim/PE, duas ocorrências em Caruaru/PE e uma ocorrência nas estações de Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL.

O Quadro 12 apresenta uma síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o período.

Quadro 12 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o Período Chuvoso do ano-padrão Muito Chuvoso – 2011.

Sistemas	Santa Cruz		Areia		Campina Grande		Surubim		Caruaru		Garanhuns		Palmeira dos Índios	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
MEA	89	73,0	83	68,0	84	68,9	96	78,7	113	92,6	117	95,1	119	97,5
VCAN	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
ZCIT	21	17,2	14	11,5	13	10,7	6	4,9	3	2,5	1	0,8	0	0,0
OL	9	7,4	22	18,0	22	18,0	17	13,9	4	3,3	4	3,3	2	1,6
RFF	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
LI	3	2,5	3	2,5	3	2,5	3	2,5	2	1,6	1	0,8	1	0,8
Total	122	100	122	100	122	100	122	100	122	100	123	100	122	100

Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

4.4.1.3. Análise do Período Seco do ano-padrão Muito Chuvoso - 2011

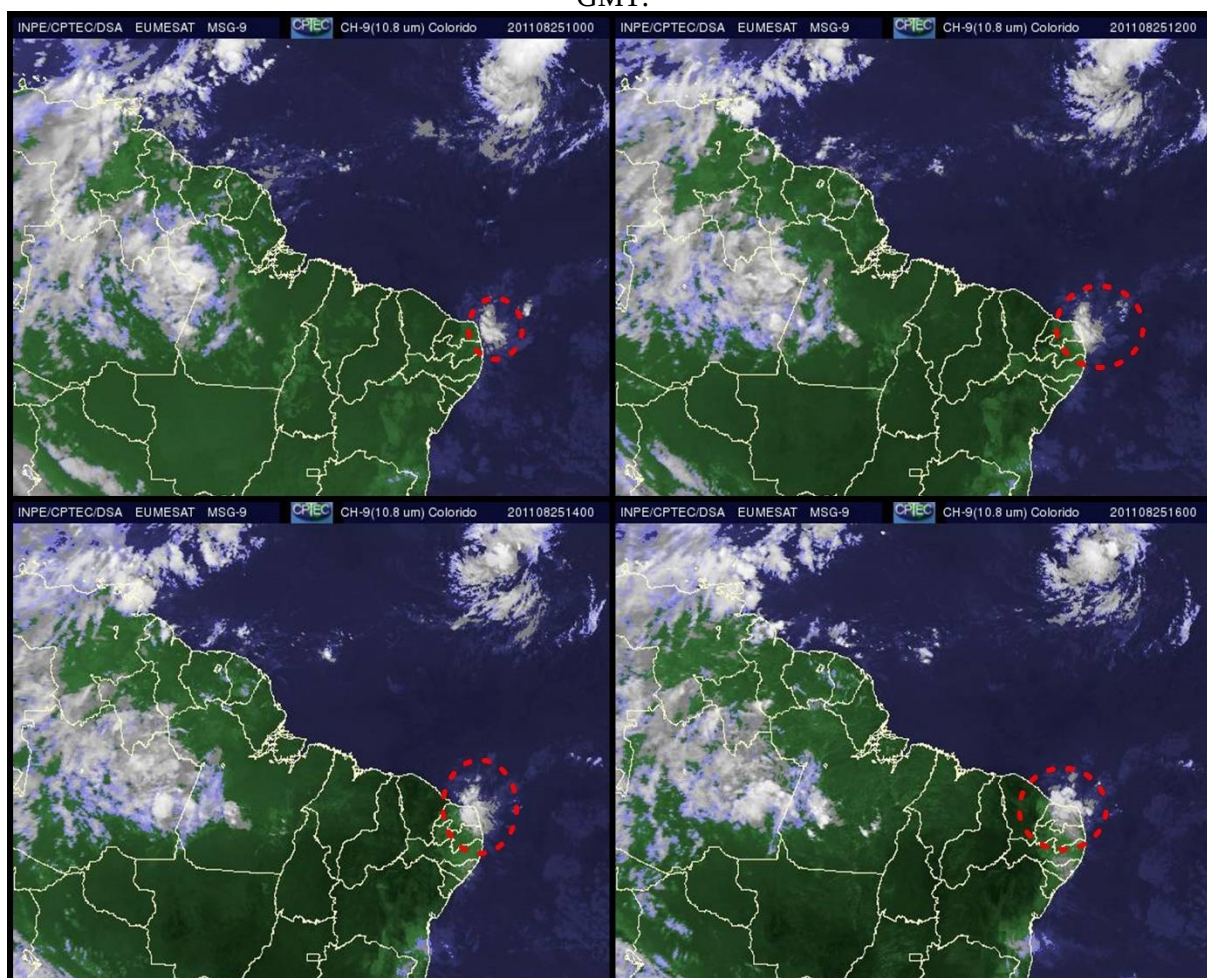
Antes de dar início às características dos sistemas atmosféricos e das massas de ar durante o Período Seco do ano-padrão Muito Chuvoso, 2011, vale enfatizar que, na área de estudo, este período é marcado pela estabilidade atmosférica, o que inibe a formação de sistemas atmosféricos produtores de chuva. Pelo fato da periodicidade do Período Seco ser variável entre as localidades estudadas, bem como, pela diversidade climática da região, podem ser identificados episódios nos quais haja mudança nos padrões dos ventos e, por consequência, chuvas durante tal período, conforme observado no mês de novembro dos três anos-padrão eleitos para a pesquisa, quando observou-se deslocamento dos ventos no sentido oeste-leste.

A seguir, serão detalhados alguns destaques sobre as ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar que atuaram durante o período:

- mEa: a Massa Equatorial Atlântica atuou com vasto predomínio durante o período. Sua participação na composição dos tipos de tempo variou entre 97,3% dos dias na estação de Santa Cruz/RN a 100% na estação de Caruaru/PE;
- VCAN, ZCIT e LI: esses três sistemas atmosféricos não registraram atuação durante o período;
- OL: as Ondas de Leste apresentaram atuação em apenas duas estações: Santa Cruz/RN e Areia, sendo cinco registros na primeira (quatro no mês de julho [05, 13, 16 e

17/07/2011] e um no mês de agosto [25/08/2011]) e um registro na segunda (no dia 25/08/2011). No que diz respeito aos registros pluviométricos destas ocorrências, destacam-se os 37,6 mm registrados na estação de Areia/PB no dia 25/08/2011. Tal evento ocorreu pela influência de uma OL que teve início durante a madrugada e apresentou evolução até às 21h GMT, quando começou a se dissipar. No que diz respeito a sua evolução na região, o sistema atmosférico começou a apresentar atividade convectiva mais intensa sobre o Oceano Atlântico, próximo à costa da Paraíba e do Rio Grande do Norte, e avançou até a Região Metropolitana de Fortaleza/CE. Como a presença da Borborema na porção setentrional do Nordeste não é tão marcante assim como ocorre em outras regiões, as Ondas de Leste alcançam evoluções espaciais maiores, visto que, não ocorrem barreiras orográficas significativas. A Figura 10 mostra a evolução do sistema atmosférico durante o dia 25 de agosto e sua abrangência na região.

Figura 10 – Evolução de uma OL no litoral oriental do Nordeste Brasileiro durante o dia 25/08/2011. As imagens, do satélite Meteosat, foram capturadas, respectivamente, às 10h00, 12h00, 14h00 e 16h00 GMT.



Fonte: CPTEC/INPE, 2019.

- RFF: as Repercussões de Frentes Frias foram os sistemas atmosféricos produtores de chuva com a maior participação na composição dos tipos de tempo na região Agreste durante o período seco. Não obstante, o referido sistema atuou apenas nas duas estações localizadas na porção sul da região (Garanhuns/PE, com uma ocorrência, o que significa 0,8% dos dias do período, e Palmeira dos Índios/AL, com três ocorrências, com registro percentual de 2% dos dias do período). Nessas três ocorrências da estação alagoana, houve registro pluviométrico total de 69,0 mm, sendo 26,0 mm na primeira ocorrência (19/10/2011), 22,0 mm na segunda ocorrência (06/11/2011) e 21,0 mm na última ocorrência (11/11/2011). A Figura 11 mostra as três Repercussões de Frentes Frias registradas para a região durante o período.

Figura 11 – Imagens de satélite dos dias 19/10/2011, 06/11/2011 e 11/11/2011 com registros de atuações de Repercussões de Frentes Frias (linha pontilhada em amarelo) na porção Sul da região Agreste.



Fonte: CPTEC/INPE, 2019.

Para finalizar a análise da atuação dos sistemas atmosféricos e massas de ar na região de estudo durante o Período Seco, o Quadro 13 apresenta uma síntese das ocorrências.

Quadro 13 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o Período Chuvoso do ano-padrão Muito Chuvoso – 2011.

Sistemas	Santa Cruz		Areia		Campina Grande		Surubim		Caruaru		Garanhuns		Palmeira dos Índios	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
MEA	179	97,3	151	98,7	152	99,3	152	99,3	153	100,0	121	99,2	150	98,0
VCAN	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
ZCIT	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
OL	5	2,7	1	0,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
RFF	0	0,0	1	0,7	1	0,7	1	0,7	0	0,0	1	0,8	3	2,0
LI	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	184	100	153	100	153	100	153	100	153	100	122	100	153	100

Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

4.4.1.4. Síntese da atuação dos sistemas atmosféricos e massas de ar durante o ano-padrão Muito Chuvoso - 2011

Este tópico tem o objetivo de sintetizar a atuação dos sistemas atmosféricos e das massas de ar durante o ano de 2011. Com isso, será possível compreender a dinâmica climática regional em escala anual e identificar os setores de atuação mais consistente e recorrente de cada um desses sistemas na região. O Quadro 14 apresenta os dados referentes às ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar entre as estações, exibindo os totais (em dias) e a participação percentual anual dos sistemas.

Quadro 14 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o ano-padrão Muito Chuvoso – 2011.

Sistemas	Santa Cruz		Areia		Campina Grande		Surubim		Caruaru		Garanhuns		Palmeira dos Índios	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
MEA	312	85,5	306	83,8	307	84,1	322	88,2	341	93,4	345	94,5	352	96,4
VCAN	5	1,4	5	1,4	5	1,4	5	1,4	5	1,4	5	1,4	5	1,4
ZCIT	31	8,5	27	7,4	27	7,4	17	4,7	13	3,6	7	1,9	2	0,5
OL	14	3,8	23	6,3	22	6,0	17	4,7	4	1,1	5	1,4	2	0,5
RFF	0	0,0	1	0,3	1	0,3	1	0,3	0	0,0	1	0,3	3	0,8
LI	3	0,8	3	0,8	3	0,8	3	0,8	2	0,5	2	0,5	1	0,3
Total	365	100	365	100	365	100	365	100	365	100	365	100	365	100

Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

Durante o ano de 2011, a Massa Equatorial Atlântica atuou com a maior frequência em todas as estações meteorológicas pesquisadas, com variação dos registros entre 306 dias e 352 dias (83,8% e 96,4% de participação nas estações de Areia/PB e Palmeira dos Índios/AL, respectivamente). Merecem ser mencionadas as estações de Caruaru/PE, Garanhuns/PE e, novamente, Palmeira dos Índios/AL, por registrarem atuação deste sistema em mais de 90% dos dias do ano de 2011 (93,4%, 94,5% e 96,4%, respectivamente).

A Zona de Convergência Intertropical foi o segundo sistema mais atuante (sendo o sistema atmosférico produtor de chuva com mais atuação) em 5 das 7 estações, a saber (Santa Cruz/RN, com 31 ocorrências e 8,5% do total; Areia/PB e Campina Grande/PB, com 27 ocorrências e 7,4% do total; Caruaru/PE, com 13 ocorrências e 3,6% do total; e Garanhuns/PE, com 7 ocorrências, e 1,9% do total). Na estação de Surubim, o sistema atmosférico apresentou atuação durante 17 dias (4,7% do total), mesma quantidade registrada

pelas Ondas de Leste, enquanto que na estação de Palmeira dos Índios, apresentou influência durante apenas 2 dias (0,5% do total), fato que está ligado à distância entre a área de atuação mais comum da ZCIT (próxima à linha do Equador) e a estação, que é a que se localiza mais ao sul dentre as estações inseridas nesta pesquisa. Assim, a ZCIT só alcança a região em eventos excepcionais, provavelmente influenciados pela atuação de outros sistemas atmosféricos.

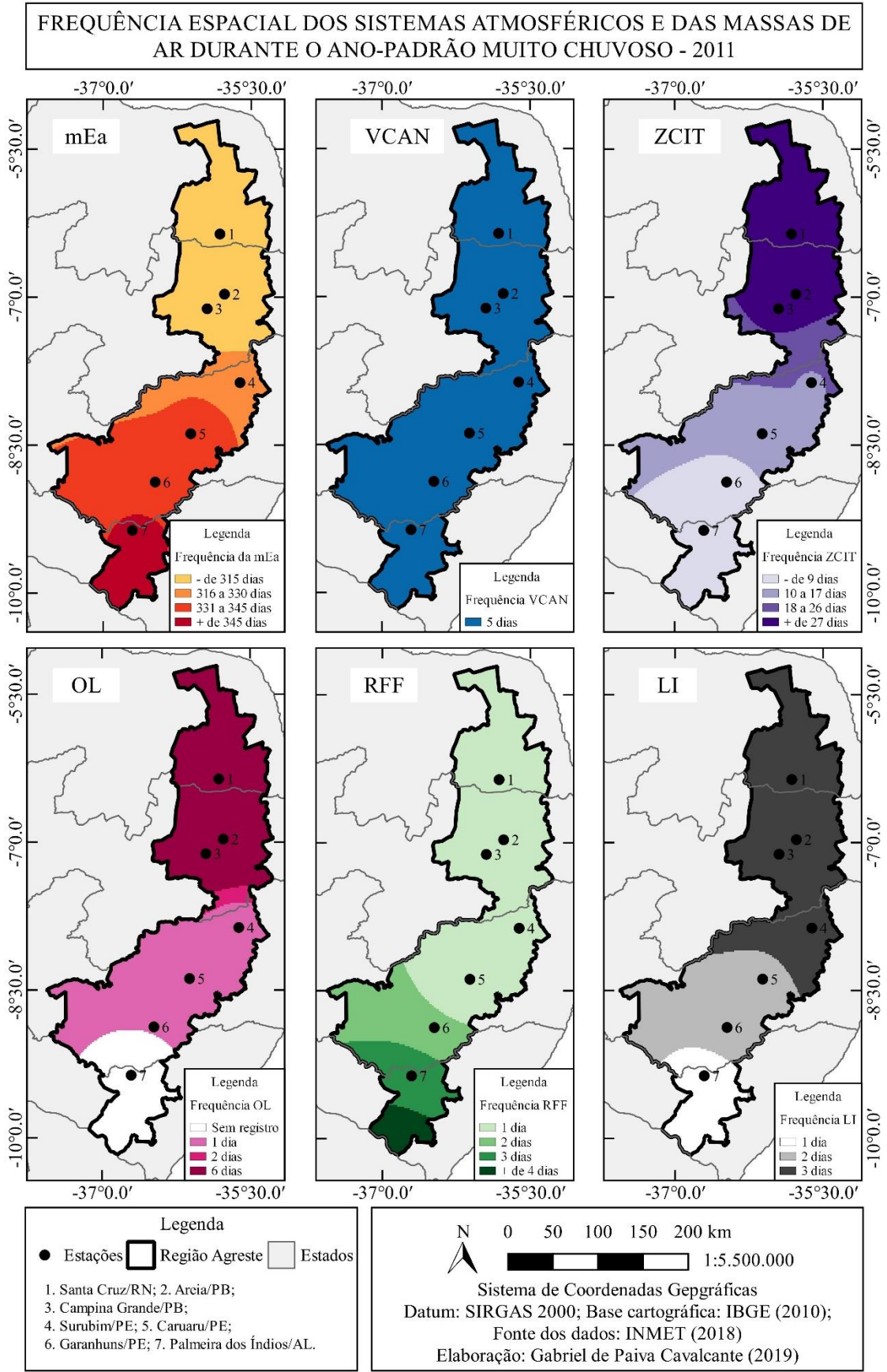
As Ondas de Leste configuram o terceiro sistema atmosférico mais atuante da região, sendo o segundo em produção de chuvas. A estação de Areia/PB possui o maior quantitativo de registros, com 23 ocorrências (6,3% do total), seguida por Campina Grande/PB (22 ocorrências e 6% do total), Surubim/PE (17 ocorrências e 4,7% do total) e Santa Cruz/RN (14 ocorrências e 3,8% do total); por outro lado, as estações de Garanhuns/PE, Caruaru/PE e Palmeira dos Índios/AL registraram entre 2 e 5 ocorrências (0,5% e 1,1% do total, de forma respectiva).

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis atuaram cinco vezes em todas as estações, o que representa 1,4% dos dias. Em Palmeira dos Índios/AL, foi o sistema atmosférico produtor de chuva com mais atuação. Já as Repercussões de Frentes Frias atuaram uma vez em Areia/PB, Campina Grande/PB, Surubim/PE, Caruaru/PE e Garanhuns/PE, representando 0,3% dos dias do ano nessas estações. Em Palmeira dos Índios, por sua vez, o sistema atuou durante 3 dias, sendo o segundo sistema atmosférico produtor de chuva mais atuante na estação. Na estação de Santa Cruz/RN, não houve registro de participação do sistema no ano em análise. Assim sendo, tal sistema atmosférico atuou com mais frequência na porção sul da região, com diminuição gradativa da atuação na medida em que se avança em direção ao norte.

O contrário ocorreu nas atuações das Linhas de Instabilidade, que registraram 3 ocorrências nas estações de Santa Cruz/RN, Areia/PB, Campina Grande/PB e Surubim/PE; 2 ocorrências em Caruaru/PE e Garanhuns/PE; e apenas uma ocorrência em Palmeira dos Índios/AL.

A Figura 12 mostra a espacialização de cada sistema atmosférico e massa de ar atuante na região durante o ano de 2011. Nota-se que a Massa Equatorial Atlântica atuou com mais frequência na parte sul da região, fato este que está ligado à maior frequência de outros sistemas atmosféricos na porção norte do Agreste.

Figura 12 – Frequência espacial dos sistemas atmosféricos e das massas de ar durante o ano-padrão Muito Chuvoso – 2011.



4.4.1.5. Ritmo dos atributos climáticos durante o ano-padrão Muito Chuvoso - 2011

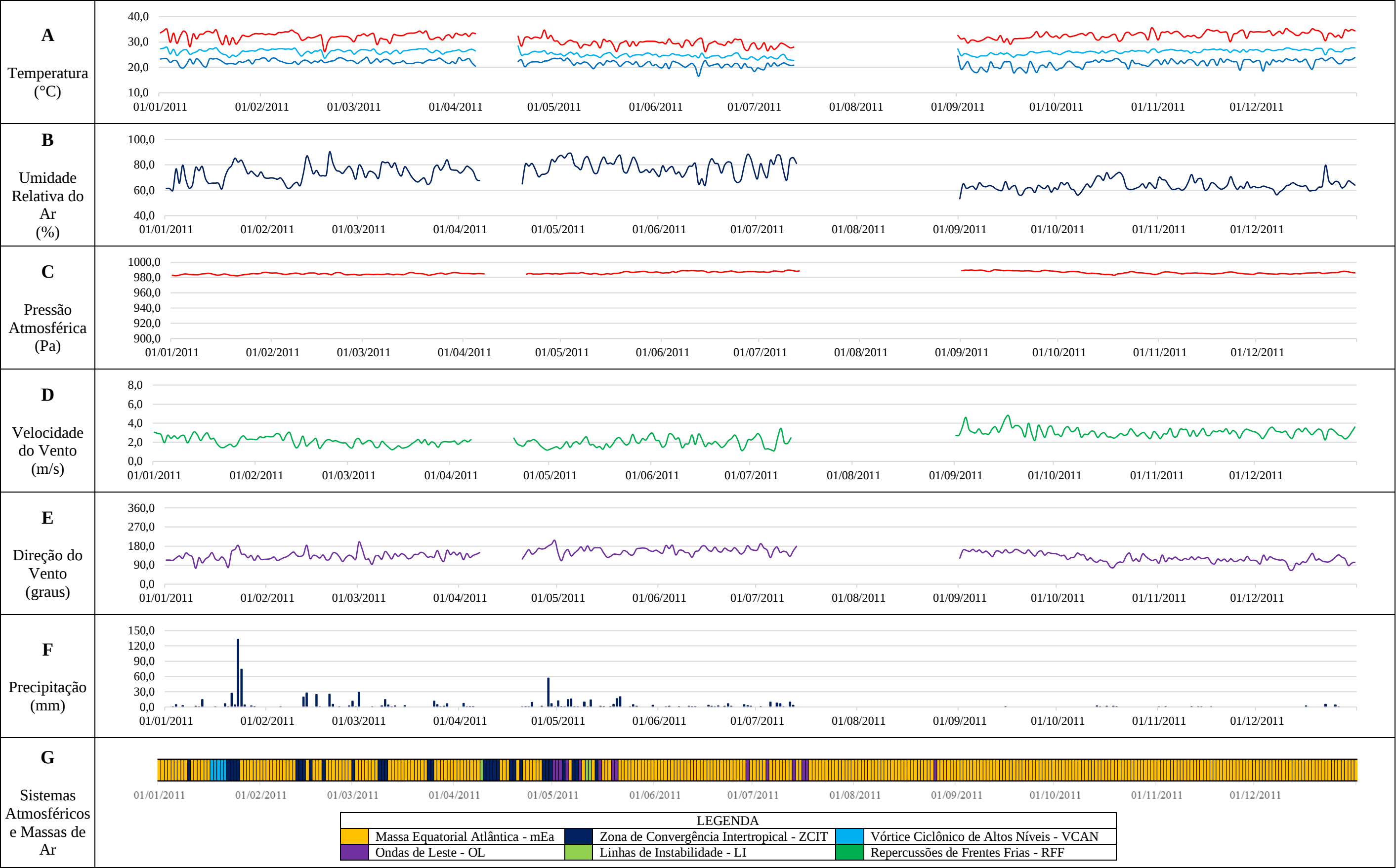
Nesta sessão, serão expostos os dados de temperatura máxima, temperatura média compensada, temperatura mínima, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, velocidade do vento, direção do vento, precipitação e ocorrência dos sistemas atmosféricos e das massas de ar nas Pranchas 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8, que apresentam os dados, de forma respectiva, das estações de Santa Cruz/RN, Areia/PB, Campina Grande/PB, Surubim/PE, Caruaru/PE, Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL.

A Prancha 2 apresenta os dados para a estação de Santa Cruz/RN. No Gráfico A da Prancha 2 estão disponíveis os dados de temperatura (máxima, média e mínima), no qual os registros ocorrem entre 16,5 °C (temperatura mínima do dia 14/06/2011) e 34,7 °C (temperatura máxima do dia 28/04/2011). Já no Gráfico B da Prancha 2, estão os dados de umidade relativa do ar (em %), que revelam variações consideráveis em curtos períodos de tempo. Desta forma, o menor valor de umidade registrado no ano de 2011 ocorreu no dia 01 de setembro (53,3%), enquanto que o maior registro deste atributo ocorreu no dia 20 de fevereiro (90,1%), que também registrou a menor temperatura máxima do ano (25,2 °C, de acordo com o Gráfico A).

No Gráfico C da Prancha 2, estão plotados os dados de pressão atmosférica. Este atributo climático registra pouca variação durante o ano, com registros entre 980 Pa e 990 Pa. Já o Gráfico D apresenta os dados de velocidade do vento. Nota-se que entre setembro e dezembro os ventos ocorrem, na maioria dos dias, com velocidade média acima de 2,0 m/s, enquanto que entre janeiro e julho, os registros ficam abaixo desse valor. No que diz respeito à direção do vento (Gráfico E da Prancha 2), a mesma varia entre 74,6° (10/01/2011) e 206,3° (30/04/2011).

O Gráfico F da Prancha 2 mostra os dados de precipitação. Foram registrados dois eventos acima dos 60,0 mm (133,4 em 23/01/2011 e 74,4 em 24/01/2011, um episódio de dois dias seguidos que, juntos, registraram um total de 207,8 mm). Destaca-se, também, o evento de 56,6 registrado no dia 28/04/2011. Tais eventos, de acordo com o Gráfico G, foram influenciados pela Zona de Convergência Intertropical, que, neste ano, ocorreu até o início do mês de maio (última atuação na área em 08/05/2011). O período de maior ocorrência de sistemas atmosféricos produtores de chuva foi entre o 28 de abril e 20 de maio, um período de 23 dias no qual a mEa atuou durante apenas seis dias. Destaca-se, portanto, a ocorrência intercalada da Zona de Convergência Intertropical e das Ondas de Leste (estas últimas que ocorreram até o dia 17/07/2011, já no início do período seco para a região).

Prancha 2 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Chuvoso (2011) em Santa Cruz/RN.



Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

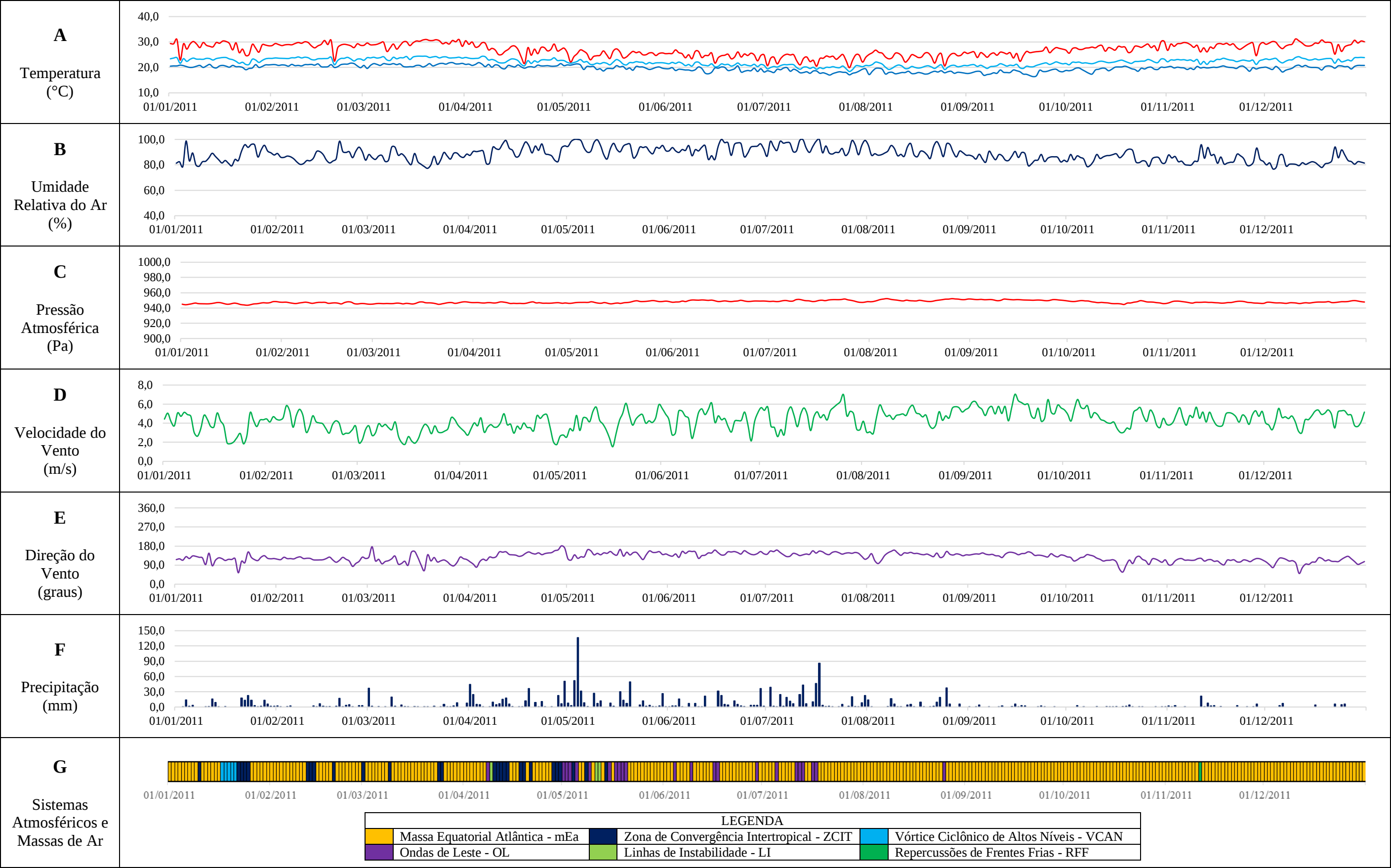
Os dados da estação de Areia/PB estão plotados na Prancha 3. No Gráfico A, que mostra as temperaturas máximas, médias e mínimas, nota-se um período considerável no qual as temperaturas máximas ocorrem abaixo dos 30°C (entre 05/04/2011 e 30/10/2011, ou seja, quase sete meses de forma diária consecutiva e ininterrupta). A menor temperatura do ano foi registrada no dia 22/09/2011, com registro de 16,7 °C, enquanto que no dia 03/01/2011 registrou-se a maior temperatura: 31,0 °C. No que tange aos dados de umidade relativa do ar (Gráfico B da Prancha 3), nota-se que a maioria dos dias registrou valores acima dos 80%, chegando ao pico de 100% em quatro ocasiões (nos dias 03/05/2011, 04/05/2011, 17/06/2011 e 17/07/2011). A pressão atmosférica (Gráfico C) registrou valores entre 940 Pa e 950 Pa, sem variações relevantes dos dados entre os dias. Os Gráficos D e E da Prancha 3 mostram dados sobre os ventos (velocidade e direção, respectivamente). No que diz respeito à velocidade, esta ocorre com variações notáveis entre os dias, sem haver um padrão dominante durante períodos específicos do ano. A direção do vento, por sua vez, é mais uniforme, e ocorre entre 90° e 180°, salvo algumas exceções que não fogem muito desse padrão.

Os dados de precipitação, plotados no Gráfico F da Prancha 3 revelam dois eventos acima dos 60,0 mm, a saber: 136,2 em 04/05/2011 e 85,8 em 17/07/2011. Destacam-se, também, mais seis eventos acima dos 40,0 mm (43,4 mm em 12/07/2011; 44,4 mm em 01/04/2011; 46,2 mm em 16/07/2011; 49,4 mm em 20/05/2011 e 50,6 mm em 30/04/2011). Conforme é mostrado no Gráfico G, essas chuvas ocorreram durante a atuação da Zona de Convergência Intertropical, das Ondas de Leste e das Linhas de Instabilidade.

No que se refere aos dados da cidade de Campina Grande/PB, mostrados na Prancha 4, embora se tenha registro de falha entre outubro e meados de novembro, nota-se que as temperaturas (Gráfico A) ocorrem entre 16,4 °C (mínima registrada no dia 03/08/2011) e 32,8 °C (máxima registrada no dia 08/01/2019). A umidade relativa do ar (Gráfico B) apresentou registros entre 50,0% e 95,5%. Há registros diferentes desses valores, porém, ocorreram durante os períodos de falhas e, portanto, não apresentam confiabilidade. Os registros de pressão atmosférica (Gráfico C) ocorrem entre 947 Pa e 957 Pa, enquanto que os dados sobre vento (velocidade e direção, plotados, respectivamente, nos Gráficos D e E) ocorrem sem falhas significativas até o mês de agosto.

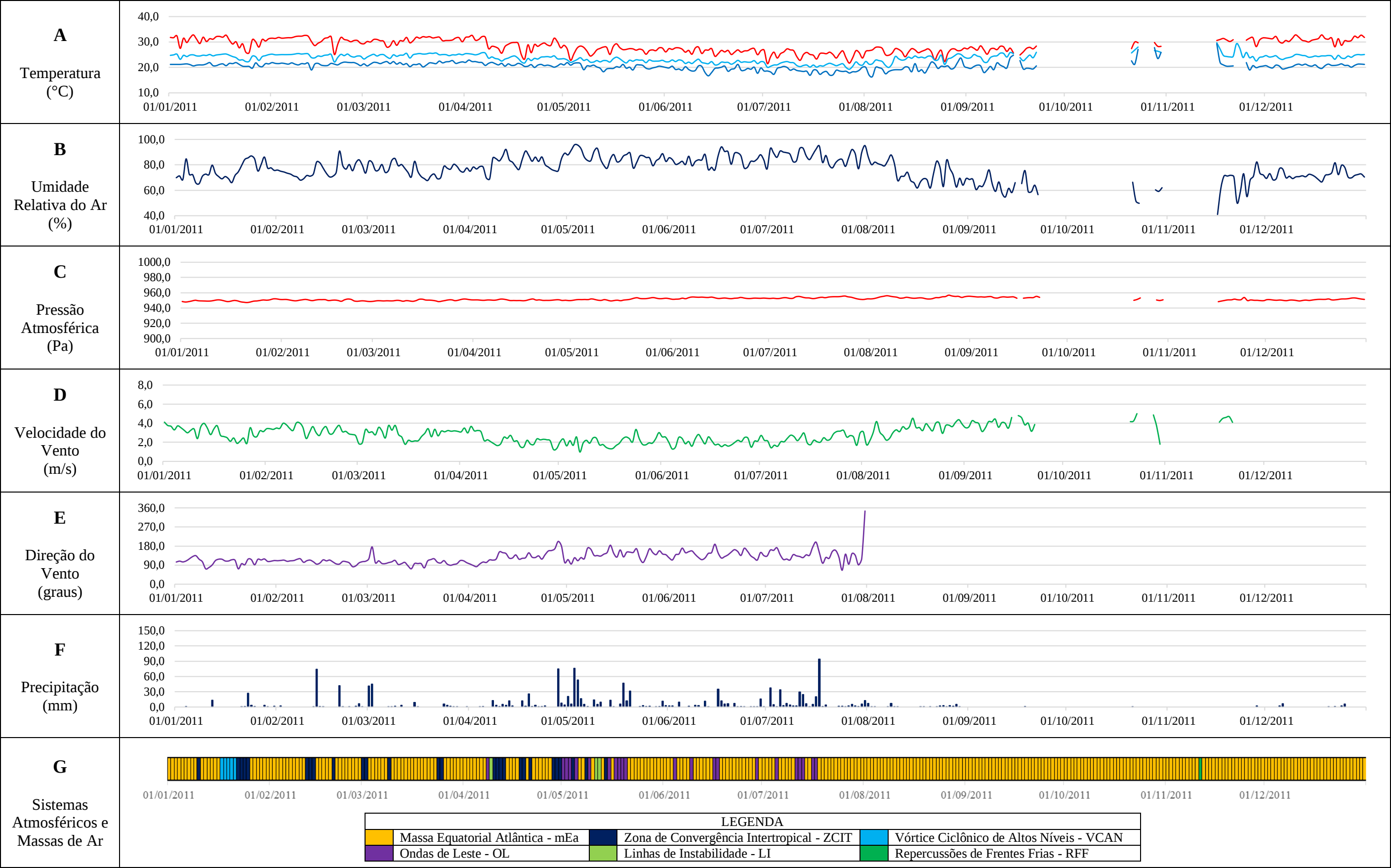
Já com relação às chuvas (Gráfico F), foram registrados quatro eventos acima dos 60,0 mm, a saber: 74,0 mm em 13/02/2011; 75,2 mm em 28/04/2011; 76,0 mm em 03/05/2011; e 94,4 mm em 17/07/2011. Assim como em Areia/PB, essas chuvas ocorreram durante a atuação da Zona de Convergência Intertropical, das Ondas de Leste e das Linhas de Instabilidade, conforme mostra o Gráfico G.

Prancha 3 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Chuvoso (2011) em Areia/PB.



Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

Prancha 4 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Chuvoso (2011) em Campina Grande/PB.



Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

Na Prancha 5, estão os dados concernentes a Surubim/PE. O Gráfico A mostra que as temperaturas ocorrem de 16,2 °C (registro de temperatura mínima em 22/09/2011) a 34,5 °C (temperatura máxima do dia 03/04/2011). Em síntese, as temperaturas máximas concentraram-se abaixo dos 30 °C entre os meses de abril e setembro, enquanto que as mínimas ficaram, na maioria dos dias, abaixo dos 20 °C entre os meses de julho a setembro. O Gráfico B da Prancha 5 expõe que os dados de umidade relativa do ar concentram-se acima dos 80% entre meados de maio e o fim de agosto, salvo poucas exceções. O menor valor de tal atributo climático ocorreu no dia 18/01/2011, com registro de 64,8%.

O Gráfico C exhibe a persistência da pressão atmosférica entre 960 Pa e 970 Pa. Já os Gráficos D e E indicam que as características do vento na região variam consideravelmente com o passar dos dias. No caso da velocidade do vento, houve registros médios diários entre 1,3 m/s e 5,3 m/s, enquanto que a direção do vento variou entre 90° e 180°.

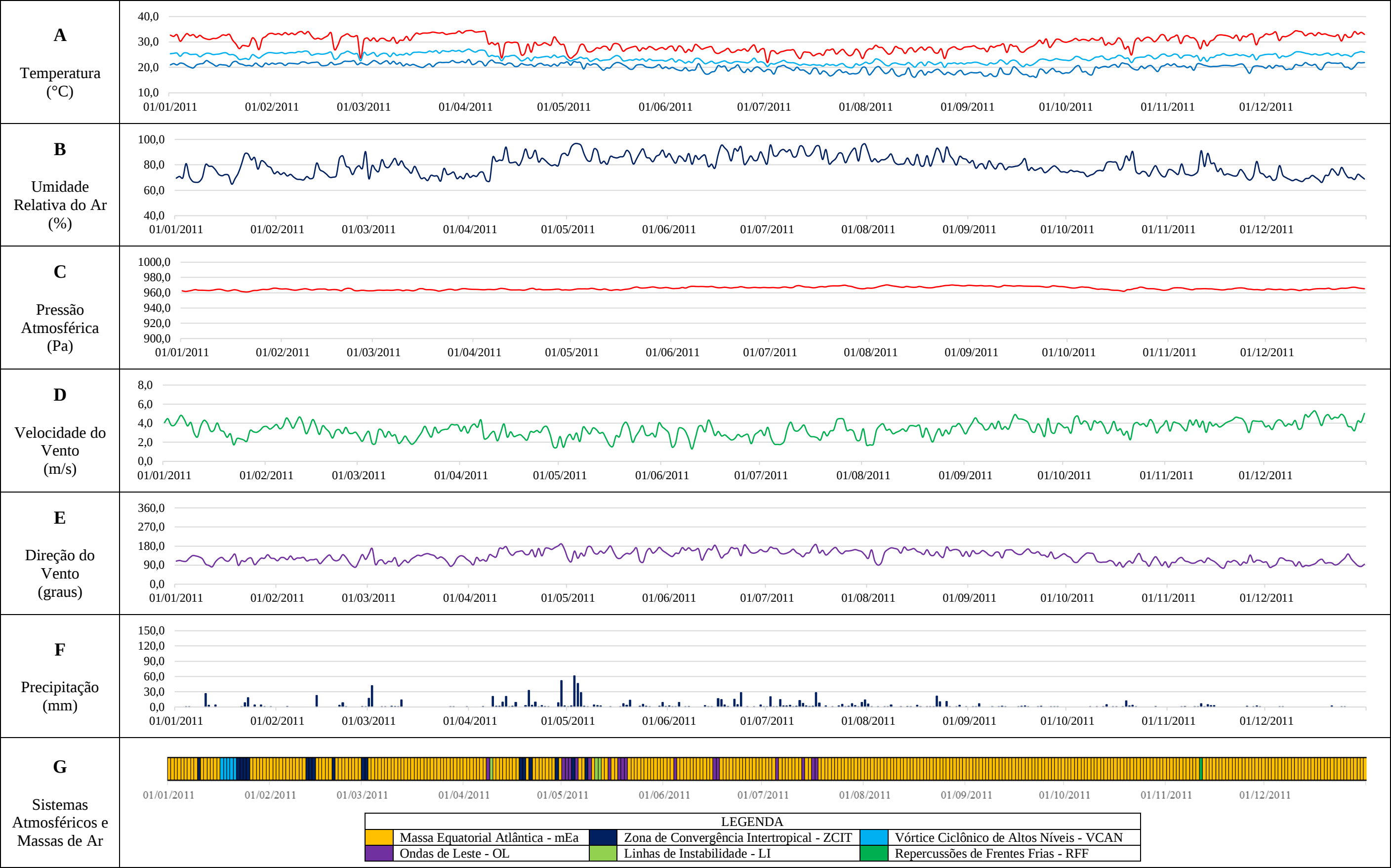
No que diz respeito às chuvas (Gráfico F da Prancha 5), houve apenas um registro acima dos 60,0 mm (61,0 mm no dia 03/05/2011). Destacam-se, também, os eventos dos dias 29/04/2011, 04/05/2011 e 02/03/2011, com registros de 52,0 mm, 46,6 mm e 41,8 mm, respectivamente. Assim, os eventos pluviométricos mais relevantes para Surubim, no ano de 2011, ocorreram entre os meses de março e maio, período de atuação da Zona de Convergência Intertropical e das Ondas de Leste, conforme mostra o Gráfico H da Prancha 5.

A Prancha 6 expõe os dados da estação de Caruaru/PE. Foram observadas três falhas, sendo uma com duração de quase dois meses (entre os dias 08/07/2011 e 05/09/2011). Mesmo assim, é possível entender a dinâmica climática da localidade durante o ano de 2011. O Gráfico A da Prancha 6 mostra que as temperaturas variam de 13,4 °C (registro da temperatura mínima do dia 26/11/2011) a 34,0 °C (registro da temperatura máxima do dia 11/12/2011). A umidade relativa do ar (Gráfico B da Prancha 6) ocorreu sempre acima dos 60%, enquanto que a pressão atmosférica registrou de 945 Pa a 952 Pa.

Os dados sobre o vento (velocidade e direção) apresentam variação considerável com o passar dos dias. Os registros médios de velocidade ocorrem de 0,9 a 5,4 m/s, enquanto a direção varia de 47,3° a 304,3°.

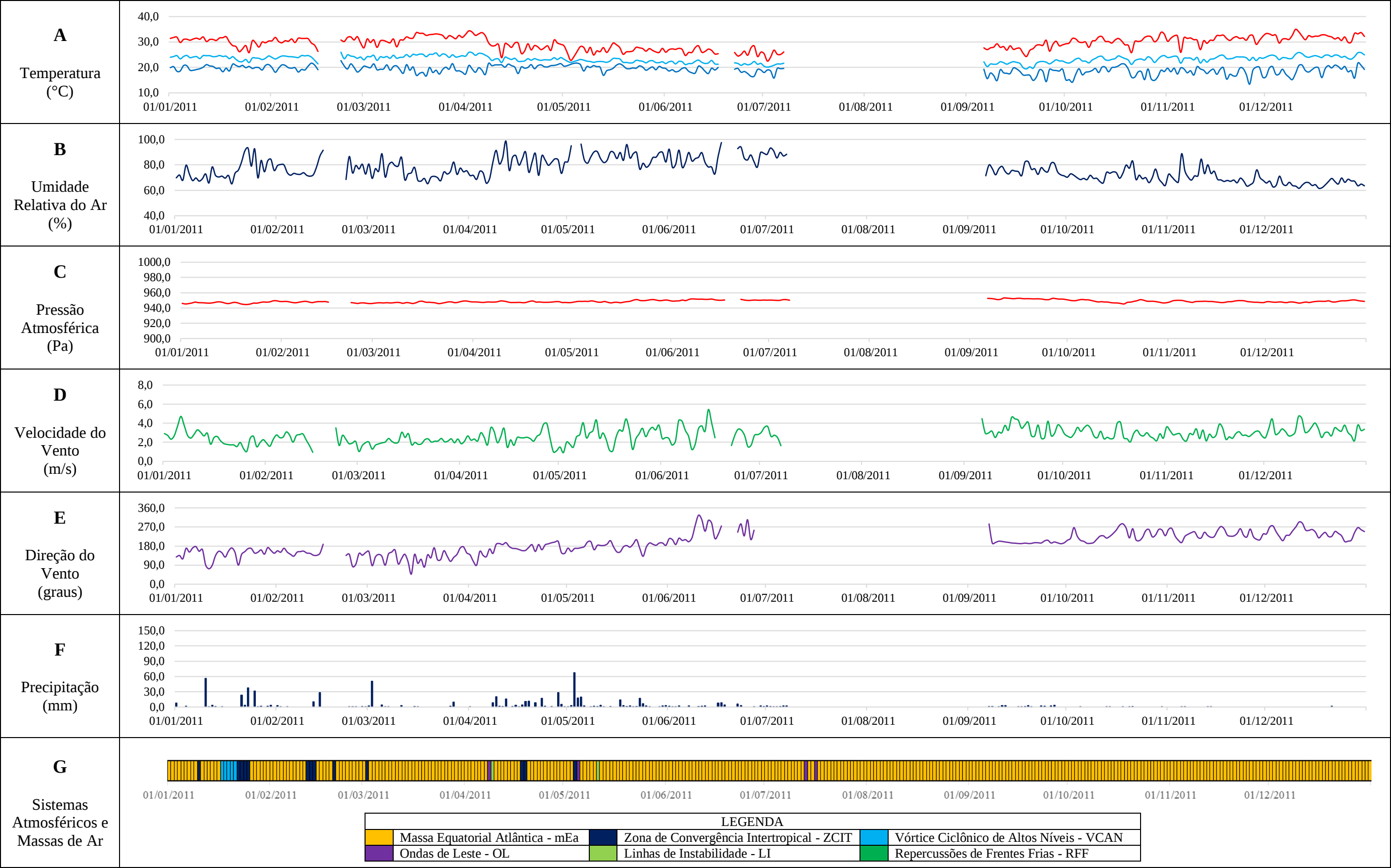
No que diz respeito aos eventos de chuva, há um registro acima dos 60,0 mm (67,6 mm no dia 03/05/2011), destacam-se, também, os eventos de 56,4 mm e 50,8 mm, que ocorreram, respectivamente, nos dias 10/01/2011 e 02/03/2012. Tratam-se de eventos que ocorreram em meses alternados, porém, influenciados pela Zona de Convergência Intertropical.

Prancha 5 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Chuvoso (2011) em Surubim/PE.



Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

Prancha 6 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Chuvoso (2011) em Caruaru/PE.



Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

No caso de Garanhuns (Prancha 7), o menor registro de temperatura ocorreu no dia 19/08/2011, com 14,8 °C, enquanto que o maior registro, de 33,1 °C, ocorreu no dia 11/12/2011, conforme mostra o Gráfico A da Prancha 7. Já no que diz respeito à umidade relativa do ar (Gráfico B da Prancha 3), os registros se mantiveram acima dos 60%, exceto no dia 17/03/2011, quando o registro foi de 57,7%. O Gráfico C da Prancha 7, por sua vez, mostra que os registros de pressão atmosférica ocorreram sempre próximos a 920 Pa, com extremos entre 917 Pa e 926 Pa. A velocidade do vento (Gráfico D da Prancha 7) ocorre entre 0,9 m/s e 6,2 m/s, com variações diárias mais bruscas a partir do mês de agosto. Já a direção do vento (Gráfico E da Prancha 7), ocorre entre 44,5° e 193,7°.

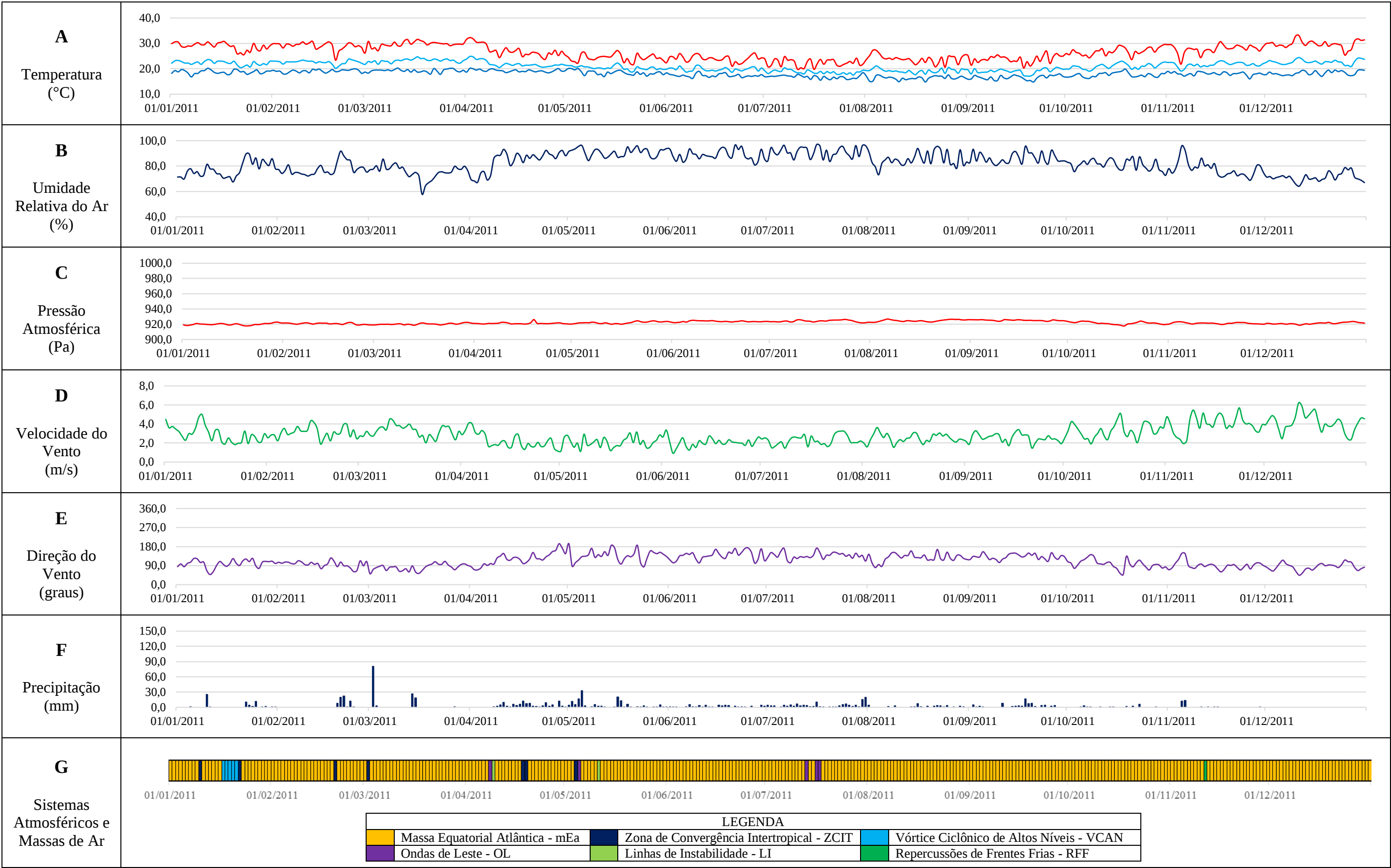
Os registros de precipitação não foram tão destacáveis como nas demais estações, com exceção do evento do dia 02/03/2011, que registrou 80,4 mm, conforme mostra o Gráfico F da Prancha 7. De acordo com o Gráfico G da Prancha 7, este evento ocorreu por influência da Zona de Convergência Intertropical. Destaca-se, também, o evento do dia 05/05/2011, com registro de 32,6 mm, que ocorreu durante a atuação de uma Onda de Leste.

Na Prancha 8 são apresentados os dados dos atributos climáticos para a estação de Palmeira dos Índios/AL. Há uma falha entre o início de janeiro e meados de fevereiro, que pode mascarar os eventos que podem ter ocorrido na região durante tal período, porém, é possível entender a dinâmica do clima com os demais dados disponíveis.

De acordo com o Gráfico A da Prancha 8, a menor temperatura mínima ocorreu nos dias 10 e 18/08/2011, com registro de 16,4 °C, enquanto que o maior registro foi de 37,7 °C, no dia 11/12/2011. O Gráfico B, por sua vez, mostra que os dados de umidade relativa do ar para a estação apresentam variações relevantes entre os dias, com registros variando entre 52% e 95,5%. Já o Gráfico C exibe os dados de pressão atmosférica, que ocorreram entre 977 Pa e 987 Pa. Os dados de direção e velocidade do vento (Gráficos D e E da Prancha 8, respectivamente) continuam apresentando a característica de variação abrupta dos dados, assim como nas demais estações. Desta forma, os registros de velocidade variaram entre 0,8 m/s e 5,4 m/s, enquanto que a direção variou entre 59,2° e 253,9°. Por fim, os dados de chuva (Gráfico F da Prancha 8) não apresentaram eventos acima dos 30,0 mm. O maior evento ocorreu no dia 18/09/2011, com registro de 28,6.

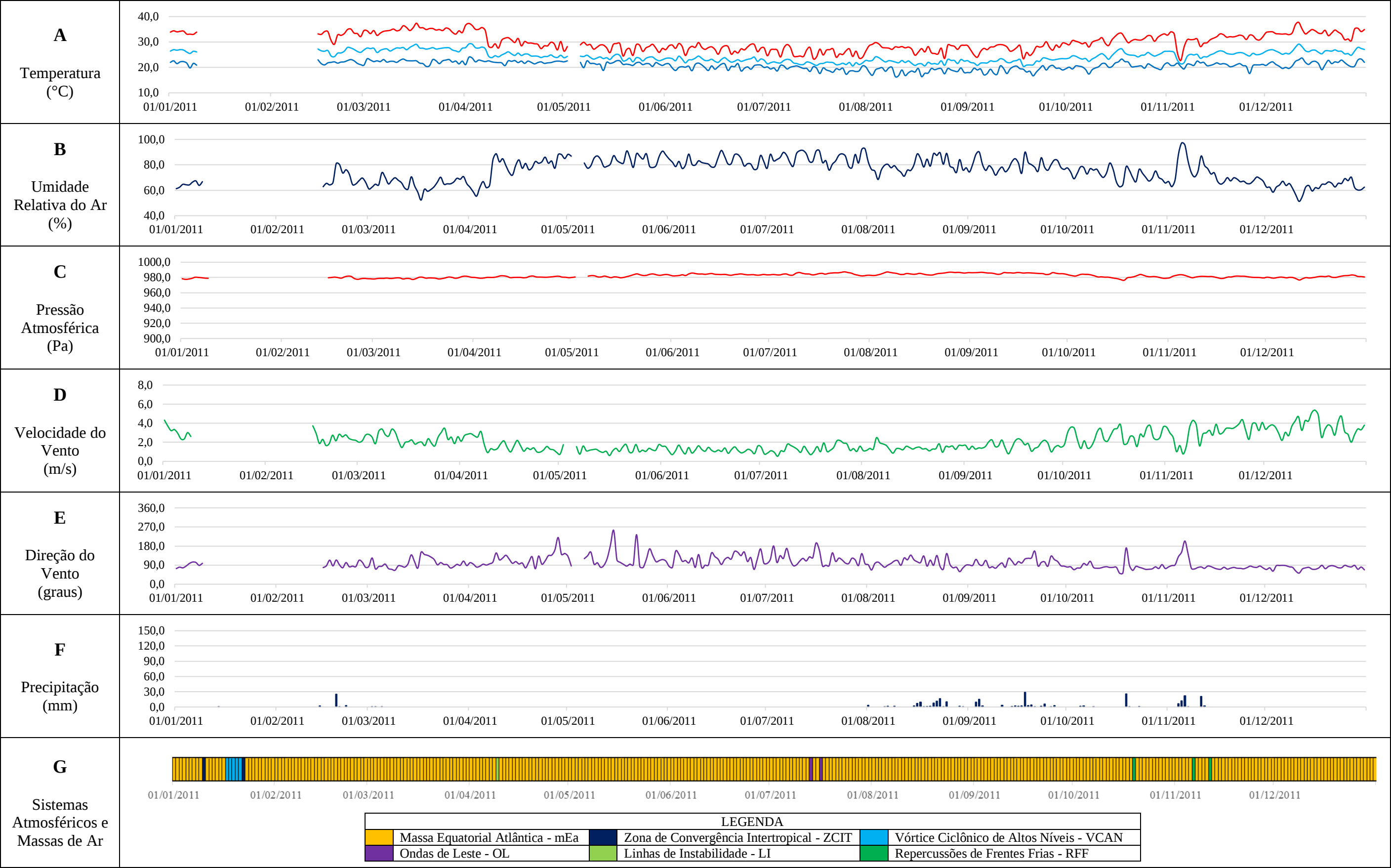
Além desses registros, destaca-se a atuação de uma Repercussão de Frente Fria no dia 06/11/2011, que resultou em mudanças substanciais nos atributos climáticos, principalmente nas temperaturas (queda acentuada), umidade (aumento acentuado) e direção do vento (sudoeste durante o dia de atuação do sistema). Durante este dia, a precipitação foi de 22,0 mm.

Prancha 7 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Chuvoso (2011) em Garanhuns/PE.



Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

Prancha 8 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Chuvoso (2011) em Palmeira dos Índios/AL.



Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

4.4.1.6. Eventos de chuva intensa durante o ano-padrão Muito Chuvoso - 2011

Para a análise dos eventos de chuva intensa nas estações meteorológicas, foram consideradas as 90 ocorrências de chuvas que registraram acima de 20,0 mm, distribuídas entre as sete localidades estudadas. Isto posto, de acordo com o Quadro 15, a estação de Areia/PB foi a que registrou a maior quantidade de eventos (28 no total), seguida de Campina Grande/PB (19 eventos), Surubim/PE (14 eventos), Santa Cruz/RN e Caruaru/PE (9 eventos), Garanhuns/PE (6 eventos) e Palmeira dos Índios (5 eventos).

Quadro 15 – eventos de chuva acima de 20,0 mm que ocorreram durante o ano-padrão Muito Chuvoso – 2011.

Eventos de chuva acima de 20,0 mm em 2011 (ano Muito Chuvoso)													
Santa Cruz		Areia		Campina Grande		Surubim		Caruaru		Garanhuns		Palmeira dos Índios	
Data	Prec	Data	Prec	Data	Prec	Data	Prec	Data	Prec	Data	Prec	Data	Prec
23/01/2011	133,4	04/05/2011	136,2	17/07/2011	94,4	03/05/2011	61,0	03/05/2011	67,6	02/03/2011	80,4	18/09/2011	28,6
24/01/2011	74,4	17/07/2011	85,8	03/05/2011	76,0	29/04/2011	52,0	10/01/2011	56,4	05/05/2011	32,6	19/10/2011	26,0
28/04/2011	56,6	03/05/2011	51,8	28/04/2011	75,2	04/05/2011	46,6	02/03/2011	50,8	14/03/2011	26,6	19/02/2011	25,4
01/03/2011	29,0	30/04/2011	50,6	13/02/2011	74,0	02/03/2011	41,8	23/01/2011	37,8	10/01/2011	25,0	06/11/2011	22,0
13/02/2011	27,4	20/05/2011	49,4	04/05/2011	53,0	19/04/2011	32,6	25/01/2011	31,6	21/02/2011	22,2	11/11/2011	21,0
21/01/2011	27,2	16/07/2011	46,2	18/05/2011	47,0	23/06/2011	28,4	14/02/2011	28,4	16/05/2011	20,4		
20/02/2011	25,0	01/04/2011	44,4	02/03/2011	45,0	05/05/2011	28,2	28/04/2011	28,4				
16/02/2011	24,8	12/07/2011	43,4	20/02/2011	42,0	16/07/2011	28,2	21/01/2011	23,2				
20/05/2011	20,2	02/07/2011	38,6	01/03/2011	41,2	10/01/2011	26,4	09/04/2011	20,0				
		25/08/2011	37,6	02/07/2011	37,4	13/02/2011	22,6						
		01/03/2011	37,2	16/06/2011	35,4	22/08/2011	21,2						
		19/04/2011	36,6	05/07/2011	33,6	12/04/2011	20,8						
		29/06/2011	36,4	20/05/2011	31,4	08/04/2011	20,8						
		05/05/2011	31,6	11/07/2011	29,6	02/07/2011	20,2						
		16/06/2011	31,4	23/01/2011	27,0								
		17/05/2011	30,2	19/04/2011	25,8								
		09/05/2011	27,0	12/07/2011	24,8								
		30/05/2011	26,6	01/05/2011	20,6								
		05/07/2011	24,8	16/07/2011	20,0								
		02/04/2011	24,6										
		11/07/2011	24,6										
		23/01/2011	22,8										
		28/04/2011	22,6										
		31/07/2011	22,4										
		17/06/2011	22,4										
		11/11/2011	21,2										
		12/06/2011	21,2										
		27/07/2011	20,2										
TOTAL	9	TOTAL	28	TOTAL	19	TOTAL	14	TOTAL	9	TOTAL	6	TOTAL	5

Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

Em Santa Cruz/RN, dos nove eventos registrados, oito ocorreram durante os quatro primeiros meses dos anos, fato que os vinculam à atuação da Zona de Convergência Intertropical, período de atuação mais significativa do referido sistema na região. O evento mais forte ocorreu no dia 23/01/2011, com registro de 133,4 mm.

Na estação de Areia/PB, os eventos se distribuem mais uniformemente entre os meses, em comparação às demais estações. Há eventos registrados nos meses de janeiro, março, abril, maio, junho, julho, agosto e novembro, influenciados por todos os sistemas atmosféricos produtores de chuva que atuam na região. O mês de julho foi o que apresentou a maior quantidade de eventos (oito ocorrências), seguido do mês de maio (sete ocorrências).

Em Campina Grande/PB, embora haja uma proximidade com a estação de Areia/PB, foram registrados nove eventos a menos (19 eventos). As ocorrências se concentraram entre janeiro e julho, sendo este último o mês que registrou o maior quantitativo de eventos (6 ocorrências), seguido de maio (5 ocorrências). O evento mais significativo na estação ocorreu no dia 17/07/2011, com registro de 94,4 mm. Assim como em Areia/PB e Santa Cruz/RN, tais eventos ocorreram durante o período de atuação da Zona de Convergência Intertropical e das Ondas de Leste.

Na estação de Surubim/PE, foram registrados 14 eventos acima de 20,0 mm. O maior registro ocorreu no dia 03/05/2011, com chuva de 61,0 mm. Os eventos ocorreram entre os meses de janeiro e agosto, sendo abril o mês que registrou o maior quantitativo de eventos (4, no total). Por ocorrerem nos primeiros meses do ano, assim como nas demais estações até aqui, as chuvas que ocorreram em Surubim durante o ano de 2011 foram influenciadas pela Zona de Convergência Intertropical e pelas Ondas de Leste.

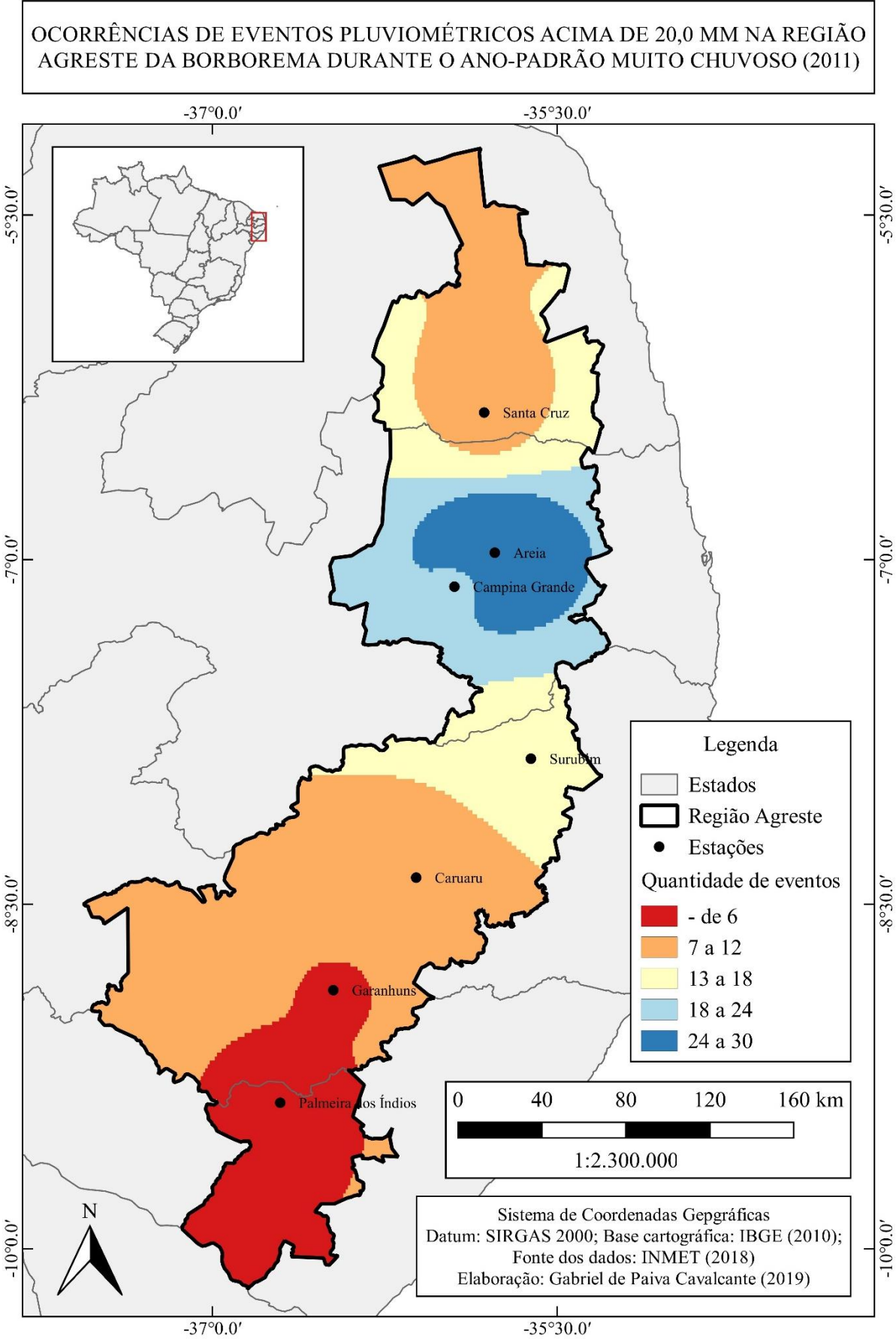
Partindo para a estação de Caruaru/PE, foram registrados 9 eventos acima dos 20,0 mm, que ocorreram entre os meses de janeiro e maio (janeiro registrou o maior quantitativo: 4 eventos). O evento mais significativo ocorreu no dia 03/05/2011, com registro de 67,6. Nota-se, nesta estação, uma redução na temporalidade das chuvas, em comparação às demais estações apresentadas até aqui. Tal fato pode estar ligado à localização da cidade de Caruaru, à sotavento da Borborema, o que limita consideravelmente o avanço das Ondas de Leste.

Em Garanhuns/PE, foram registrados 6 eventos acima dos 20,0 mm, distribuídos entre os meses de janeiro e maio. O maior evento foi registrado no dia 02/03/2011, com chuva 80,4 mm. Garanhuns é conhecida por ser uma cidade de brejo de altitude, apresentando elevados patamares de pluviosidade anual, porém, em 2011, apresentou chuvas próximas ao habitual, se distanciando do padrão identificado nas demais estações. Logo, por este motivo, suas características de umidade não foram tão marcantes no estudo pluviométrico do ano de 2011.

Por fim, em Palmeira dos Índios/AL, foram registrados 5 eventos maiores ou iguais a 20,0 mm, sendo 4 ocorrências (80%) no último quadrimestre do ano. Os eventos enquadrados nesta categoria ocorreram entre 21,0 mm e 28,6 mm (evento mais significativo do ano, que ocorreu no dia 18/09/2011). Trata-se, assim, da única estação a apresentar eventos nos últimos meses do ano. Tal fato é influenciado pela atuação das Repercussões de Frentes Frias, já que Palmeira dos Índios é a estação localizada mais ao sul dentre as analisadas nesta pesquisa.

A Figura 13 apresenta a espacialização dos eventos pluviométricos acima dos 20,0 mm na região.

Figura 13 – Distribuição espacial dos eventos pluviométricos acima de 20,0 mm na região Agreste da Borborema durante o ano-padrão Muito Chuvoso - 2011.



Nota-se que há concentração da ocorrência dos eventos no estado da Paraíba, fato motivado pela atuação mais frequente das Ondas de Leste nas estações de Areia e Campina Grande durante o período chuvoso. Nas demais localidades, os registros ocorrem entre 7 e 18 eventos, excetuando a porção meridional da região, que compreende as estações de Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL, que registraram menos de 6 eventos, cada uma. Tal fato justifica que, dos 49 desastres hidrometeorológicos registrados na região durante o ano, 38 ocorreram no estado da Paraíba (77,5% dos casos, que ocorreram nos municípios de Campina Grande (2), Queimadas, Alagoa Grande, Lagoa Seca, Itabaiana (2), Areia (2), Alagoa Nova, Aroeiras, Ingá (2), Araçagi, Pocinhos, Barra de Santa Rosa, Gurinhém, Puxinanã, Alagoinha, Massaranduba, Arara (2), Mogeiro (2), Salgado de São Félix (2), São Sebastião de Lagoa de Roça, Natuba, Pirpirituba, Itatuba, Mulungu, Umbuzeiro, Juarez Távora, Caldas Brandão, Montadas, Matinhas, Riachão do Bacamarte), enquanto que Pernambuco registrou 9 desastres (Bezerros, Limoeiro, Bom Jardim, Passira, Cumaru, São Vicente Férrer, Lagoa dos Gatos, Casinhas, Barra de Guabiraba) e Rio Grande do Norte, dois desastres (nos municípios de Tangará e São Tomé). Em Alagoas não houve registro (BRASIL, 2011).

4.4.2. Ano-padrão Normal – 2013

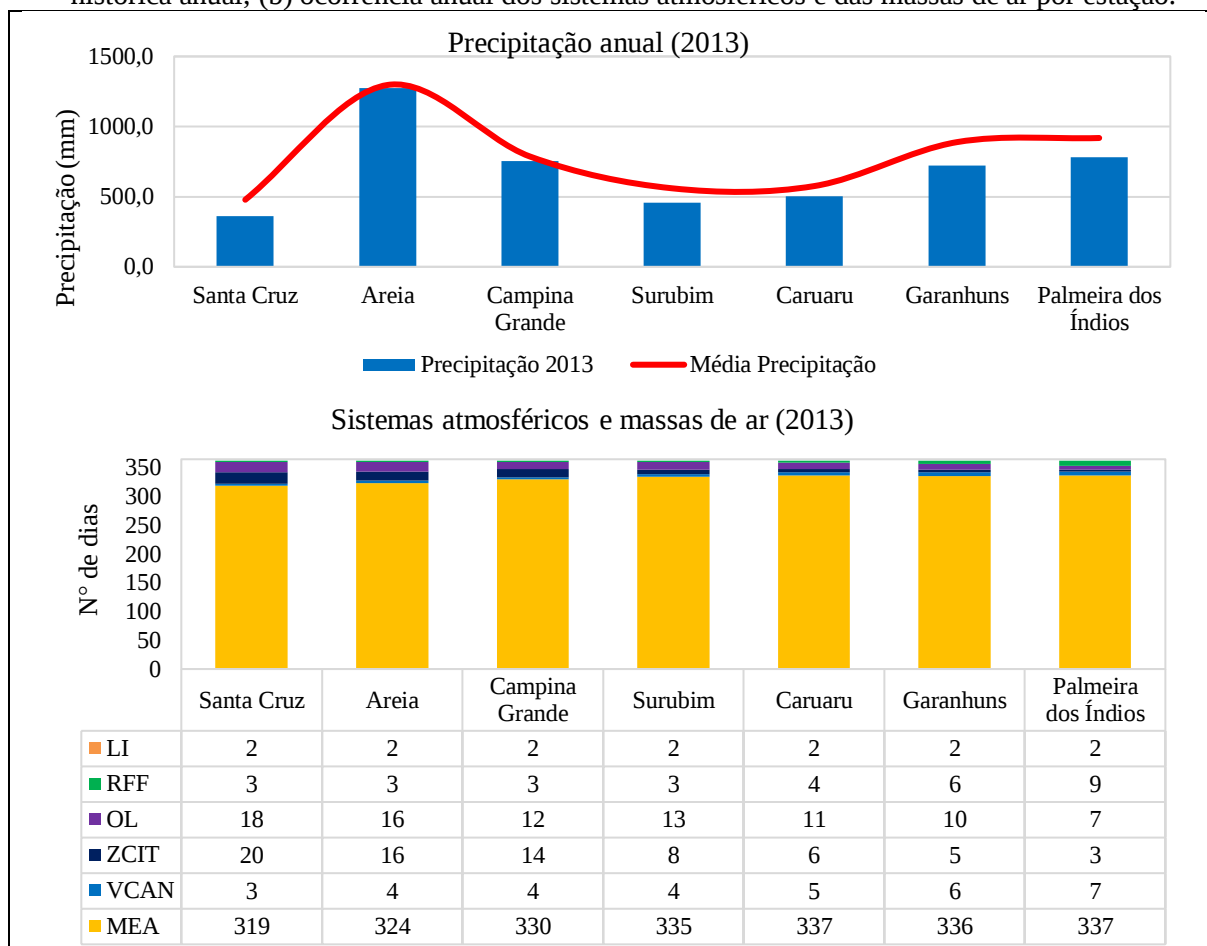
A Figura 14 mostra que todas as estações apresentaram registros pluviométricos abaixo da média histórica. Apesar disso, tais registros foram próximos à média o suficiente para a classificação Normal na maioria das estações (apenas Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL apresentaram precipitação na classificação Seca, sendo ambas as estações na classificação anual e a primeira estação na classificação da estação chuvosa). Desta forma, os desvios pluviométricos anuais ocorreram entre -23,3 mm (em Areia/PB, que registrou 1.273,3 mm) e -164,8 mm (em Garanhuns/PE, que registrou 724,1 mm).

No que concerne à participação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos durante o ano-padrão normal, destaca-se:

- A Massa Equatorial Atlântica (mEa) apresentou a maior frequência em todas as estações. A participação da massa de ar variou de 319 dias em Santa Cruz/RN (o equivalente a 87,4% dos dias do ano de 2013) a 337 dias em Palmeira dos Índios/AL (que equivale a 92,3% dos dias para o ano de 2013). Assim como no ano classificado como Muito Chuvoso (2011), a mEa atuou com elevada participação na região Agreste da Borborema;

- As Ondas de Leste – OL configuram o segundo sistema atmosférico mais atuante na região durante o ano de 2013, sendo o sistema produtor de chuva mais importante, com 87 ocorrências entre todas as estações. A estação com mais frequência de atuação das OL é a de Santa Cruz/RN, com 18 registros (o que representa 4,93% dos dias do ano), seguida da estação de Areia/PB (16 ocorrências), Surubim/PE (13 ocorrências), Campina Grande (12 ocorrências), Caruaru (11 ocorrências), Garanhuns (10 ocorrências) e Palmeira dos Índios, única estação a registrar menos de 10 eventos de OL (7 ocorrências). Nota-se uma distribuição mais homogênea das OL na região, em comparação ao ano-padrão Muito Chuvoso;

Figura 14 – (a) Gráfico de precipitação para o ano-padrão Normal (2013) e comparação com a média histórica anual; (b) ocorrência anual dos sistemas atmosféricos e das massas de ar por estação.



Fonte: INMET (2018). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

- A Zona de Convergência Intertropical – ZCIT configurou o terceiro sistema atmosférico mais atuante na região, com 72 registros, distribuídos entre as estações da seguinte forma: 20 ocorrências na estação de Santa Cruz/RN; 16 ocorrências na estação de Areia/PB; e 14 ocorrências na estação de Campina Grande/PB; as

estações de Surubim/PE, Caruaru/PE, Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL registraram, respectivamente, 8, 6, 5 e 3 ocorrências;

- Os demais sistemas atmosféricos (Vórtice Ciclônico de Altos Níveis – VCAN, Repercussões de Frentes Frias – RFF e Linhas de Instabilidade – LI) ocorreram em caráter mais reduzido na região, quando comparados aos demais sistemas, porém, merecem ser mencionados os VCANs e as RFFs, que atuaram com mais frequência na porção sul da região (principalmente as ocorrências de RFF na estação de Palmeira dos Índios, com 9 registros. As LI ocorreram duas vezes em cada estação utilizada na pesquisa.

4.4.2.1. Análise do Período Pré-chuvoso do ano-padrão Normal - 2013

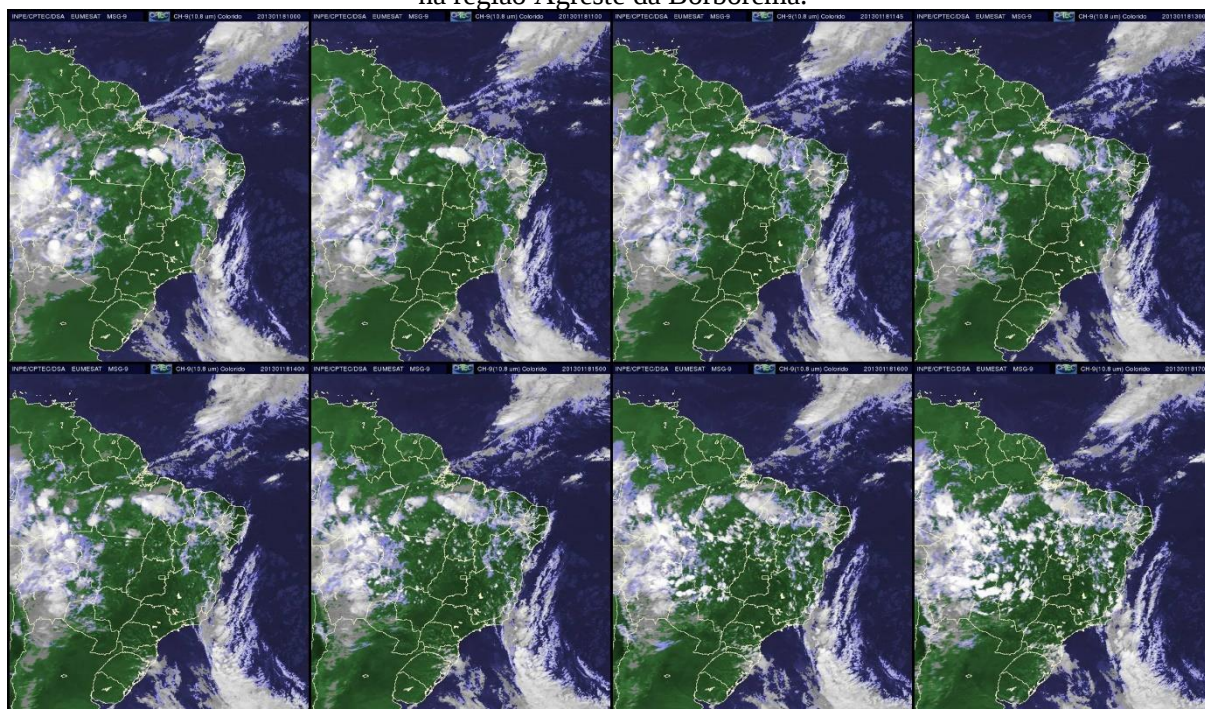
A participação dos sistemas atmosféricos e das massas de ar durante o período que antecede à época das chuvas na região Agreste da Borborema durante o ano de 2013 ocorreu conforme os pontos a seguir:

- Massa Equatorial Atlântica – mEa: a participação da mEa variou entre 78,0% dos dias na estação de Santa Cruz/RN a 87,5% na estação de Garanhuns/PE. A diferença notável entre as estações decorre do fato de que tal período é marcado pelas primeiras atuações da Zona de Convergência Intertropical na parte norte da região, o que não ocorre quando se considera as estações da parte setentrional do Agreste, que, ao mesmo tempo passa a receber menos influência das Repercussões de Frentes Frias, o que proporciona um período de estabilidade dos tipos de tempo por meio da atuação da mEa durante vários dias consecutivos;
- Vórtice Ciclônico de Altos Níveis – VCAN: as estações apresentaram registros de atuação dos VCANs com valores entre 3 e 7 ocorrências. Nas estações localizadas ao norte da região, as ocorrências foram consideravelmente mais reduzidas (3 ocorrências em Santa Cruz/RN e 4 ocorrências nas estações de Areia/PB, Campina Grande/PB e Surubim/PE). Já nas estações situadas na parte sul da região, foram registrados mais eventos: 5 em Caruaru/PE, 6 em Garanhuns/PE e 7 em Palmeira dos Índios/AL, ou seja, mais que o dobro das ocorrências registradas na parte norte da região;
- Zona de Convergência Intertropical – ZCIT: os registros da ZCIT, sempre mais comuns na parte norte da região Agreste, variaram de 2 ocorrências em Palmeira dos Índios/AL (o que equivale a 2,2% dos dias do ano) a 12 ocorrências em

Areia/PB (equivalente a 12,2% dos dias do ano). A estação de Santa Cruz/RN não apresentou a maior quantidade de registros deste sistema pelo motivo de que a sua estação chuvosa ocorre a partir de março, enquanto que, neste período, ocorrem eventos da pré-estação chuvosa nas demais estações. Como grande parte dos registros da ZCIT ocorreram em março, aqueles que ocorreram na estação de Santa Cruz se encaixam no período chuvoso;

- Ondas de Leste – OL: não houve registro de atuação deste sistema atmosférico na região durante o período pré-chuvoso;
- Repercussões de Frentes Frias – RFF: houve registro de uma ocorrência nas estações de Santa Cruz/RN, Areia/PB, Campina Grande/PB e Surubim/PE; duas ocorrências nas estações de Caruaru/PE e Garanhuns/PE; e quatro ocorrências na estação de Palmeira dos Índios/AL. Dentre as ocorrências registradas, destaca-se a de 18/01/2013, na qual uma banda de nuvens avançou pelo Litoral do Nordeste, atingindo, também, as regiões nas quais localizam-se as estações utilizadas nesta pesquisa. Embora a participação do sistema esteja nitidamente configurada nas imagens de satélite, o mesmo não produziu chuvas em nenhuma das estações. A Figura 15 mostra a evolução da movimentação das nuvens entre as 10h GMT e as 17h GMT, com intervalo de uma hora entre as imagens.

Figura 15 – Imagens de satélite do dia 18/01/2013 a evolução de uma de Repercussão de Frente Fria na região Agreste da Borborema.



Fonte: CPTEC/INPE, 2019.

- Linhas de Instabilidade – LI: foram registradas duas ocorrências de LI em cada uma das estações utilizadas na pesquisa. Os dois eventos, que abrangeram todas as estações, ocorreram nos dias 27/01/2013 e 12/02/2013, embora nítidos nas imagens de satélite, não produziram eventos de chuva.

O Quadro 16 apresenta uma síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região durante o período.

Quadro 16 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o Período Pré-Chuvoso do ano-padrão Normal – 2013.

Sistemas	Santa Cruz		Areia		Campina Grande		Surubim		Caruaru		Garanhuns		Palmeira dos Índios	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
MEA	46	78,0	71	78,9	72	80,0	78	86,7	77	85,6	105	87,5	75	83,3
VCAN	3	5,1	4	4,4	4	4,4	4	4,4	5	5,6	6	5,0	7	7,8
ZCIT	7	11,9	12	13,3	11	12,2	5	5,6	4	4,4	5	4,2	2	2,2
OL	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
RFF	1	1,7	1	1,1	1	1,1	1	1,1	2	2,2	2	1,7	4	4,4
LI	2	3,4	2	2,2	2	2,2	2	2,2	2	2,2	2	1,7	2	2,2
Total	59	100	90	100	90	100	90	100	90	100	120	100	90	100

Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

4.4.2.2. Análise do Período Chuvoso do ano-padrão Normal - 2013

A seguir, são expostos os principais aspectos da atuação dos sistemas atmosféricos e das massas de ar durante o período chuvoso do ano-padrão Normal (2013).

- mEa: registra-se, neste período, aumento da participação da mEa em todas as estações estudadas, em comparação com o período pré-chuvoso. Os percentuais variam de 82,8% na estação de Santa Cruz/RN (com atuação durante 101 dias) a 93,4% na estação de Palmeira dos Índios/AL (114 dias de atuação). Tal predomínio da massa de ar na região durante este período provoca uma situação de estabilidade atmosférica, com poucas ocorrências de eventos pluviométricos;
- ZCIT: a Zona de Convergência Intertropical continua a figurar como o sistema atmosférico produtor de chuva com maior atuação na estação de Santa Cruz/RN: foram 13 dias de atuação, o que representa 10,7% dos dias do período. Nas demais estações, a ZCIT varia de 1 a 4 dias de atuação, o que representa, em termos percentuais de participação, de 0,8% a 3,3%. A estação de Garanhuns/PE não apresenta registro de atuação do sistema durante o período;
- OL: assim como registrado durante o período chuvoso do ano de 2011 (este que, nesta pesquisa, está classificado na categoria Muito Chuvoso) as Ondas de Leste configuram

o sistema atmosférico produtor de chuva com a maior participação nas estações estudadas (com exceção da estação de Santa Cruz/RN, que registra 8 dias de atuação do sistema, o que representa 6,6% do total de dias do período, ou seja, 5 dias a menos que a ZCIT). As estações que apresentam as maiores quantidades de registros totais e percentuais são as de Campina Grande/PB e Surubim/PE, ambas com 12 registros diários e participação de 9,8% dos dias do período. Seguidamente, são registrados 11 dias de atuação nas estações de Areia/PB e de Caruaru/PE, 10 registros em Garanhuns/PE e 7 registros em Palmeira dos Índios/AL, com percentuais respectivos de 9,0%, 8,1% e 5,7%. Há uma distribuição consideravelmente mais uniforme dos registros de atuação deste sistema na região, ao contrário do que ocorreu durante o período pré-chuvoso, quando o sistema atuou com mais frequência nas estações paraibanas. Tal fato explica-se porque as Ondas de Leste atuam com mais frequência durante a estação chuvosa, sendo que seus primeiros registros ocorrem, habitualmente, na estação pré-chuvosa. Logo, com o aumento das ocorrências (escala temporal), o sistema se distribui, também, na escala espacial.

- VCAN, RFF e LI: não houve registros de atuação de tais sistemas na área de estudo durante o período em tela;

O Quadro 17 apresenta uma síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na área de estudo durante o período.

Quadro 17 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o Período Chuvoso do ano-padrão Muito Chuvoso – 2011.

Sistemas	Santa Cruz		Areia		Campina Grande		Surubim		Caruaru		Garanhuns		Palmeira dos Índios	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
MEA	101	82,8	107	87,7	107	87,7	107	87,7	109	89,3	113	91,9	114	93,4
VCAN	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
ZCIT	13	10,7	4	3,3	3	2,5	3	2,5	2	1,6	0	0,0	1	0,8
OL	8	6,6	11	9,0	12	9,8	12	9,8	11	9,0	10	8,1	7	5,7
RFF	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
LI	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	122	100	122	100	122	100	122	100	122	100	123	100	122	100

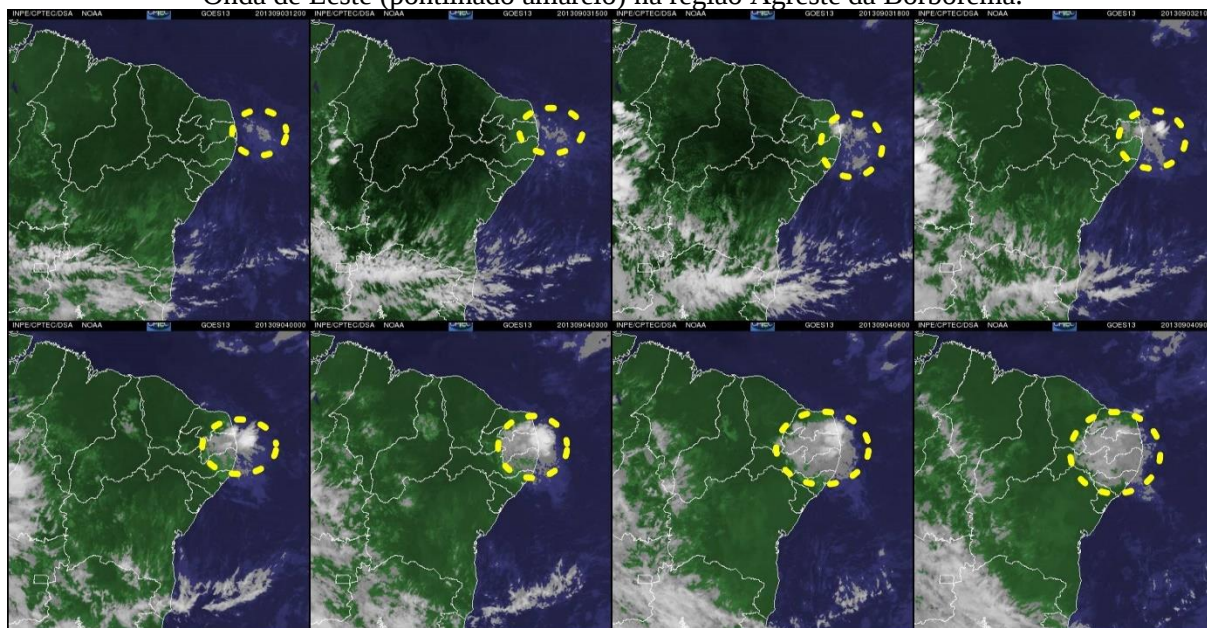
Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

4.4.2.3. Análise do Período Seco do ano-padrão Normal - 2013

A seguir, serão destacados os principais aspectos acerca das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar que atuaram durante o período seco do ano-padrão normal (2013).

- mEa: a atuação da Massa Equatorial Atlântica ocorreu de forma ainda mais predominante ao se comparar com os demais períodos do ano. Os percentuais de atuação da massa de ar sobre os dias que correspondem ao período ocorreram sempre acima dos 90%, com registros de 93,5% na estação de Santa Cruz/RN a 98,7% dos dias do período na estação de Caruaru/PE. É esta predominância da massa de ar que garante ao período a característica de estabilidade atmosférica que lhe é atribuída;
- OL: ocorreram 16 registros de Ondas de Leste na região durante o período. A concentração destes registros ocorreu nas estações de Santa Cruz/RN (10 ocorrências, o que representa 62,5% das ocorrências do sistemas durante o período na região e a 5,4% dos dias do período para a estação), Areia/PB (5 ocorrências, que representam 3,3% dos dias do período) e Surubim/PE (1 ocorrência, representando 0,7% dos dias do período). Nessa perspectiva, destaca-se o último episódio de atuação de uma OL na região, que ocorreu nos dias 03/09/2013 e 04/09/2013, influenciando nas precipitações das estações de Santa Cruz/RN (com registros de 0,4 mm no dia 03/09/2013 e 35,2 mm no dia 04/09/2013, o que totaliza 35,6 mm no episódio) e de Areia/PB (que registrou 4,6 mm no dia 03/09/2013 e 12,8 mm no dia 04/09/2013). A nebulosidade ocorreu sobre outras estações da área de estudo, porém apenas as duas mencionadas apresentaram registros pluviométricos. A Figura 16 mostra a evolução da OL entre as 12h GMT do dia 03/09/2013 e as 09h GMT do dia 04/09/2013, com intervalo de 3h entre as imagens.

Figura 16 – Imagens de satélite dos dias 03/09/2013 e 04/09/2013 mostrando a evolução de uma de Onda de Leste (pontilhado amarelo) na região Agreste da Borborema.



Fonte: CPTEC/INPE, 2019.

- RFF: as Repercussões de Frentes Frias configuram o sistema atmosférico produtor de chuva mais atuante em 5 das 7 estações estudadas, a saber: Palmeira dos Índios/AL (5 ocorrências diárias, representando 3,3% do total de dias do período), Garanhuns/PE (4 ocorrências diárias, o que representa 3,3% dos dias do período) e Campina Grande/PB, Surubim/PE e Caruaru/PE (todas com atuação de 2 dias e participação periódica de 1,3%); nas estações de Santa Cruz/RN e Areia/PB também foram registradas duas ocorrências de RFF, representando 1,1% e 1,3% dos dias do período, de forma respectiva, porém as OL configuram o sistema produtor de chuva mais atuante nas estações durante o período seco do ano em discussão;
- VCAN, ZCIT e LI: assim como no mesmo período durante o ano de 2011, esses três sistemas atmosféricos não registraram atuação;

Em conclusão da análise da atuação dos sistemas atmosféricos e massas de ar no Agreste da Borborema durante o Período Seco do ano-padrão Normal (2013), o Quadro 18 apresenta uma síntese das ocorrências.

Quadro 18 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o Período Chuvoso do ano-padrão Muito Chuvoso – 2011.

Sistemas	Santa Cruz		Areia		Campina Grande		Surubim		Caruaru		Garanhuns		Palmeira dos Índios	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
MEA	172	93,5	146	95,4	151	98,7	150	98,0	151	98,7	118	96,7	148	96,7
VCAN	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
ZCIT	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
OL	10	5,4	5	3,3	0	0,0	1	0,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0
RFF	2	1,1	2	1,3	2	1,3	2	1,3	2	1,3	4	3,3	5	3,3
LI	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	184	100	153	100	153	100	153	100	153	100	122	100	153	100

Fonte: INMET (2009). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

4.4.2.4. Síntese da atuação dos sistemas atmosféricos e massas de ar durante o ano-padrão Normal - 2013

A seguir, será sintetizada a atuação de cada sistema atmosférico durante o ano-padrão Normal (2013). Desta forma, será compreendida a dinâmica climática da região por meio da espacialização da frequência de cada sistema atmosférico e massa de ar atuante na região e, consequentemente, da compreensão sobre os setores de maior frequência de atuação dos diferentes tipos de sistemas. O Quadro 19 apresenta os dados referentes às ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar entre as estações, exibindo os totais (em dias) e a participação percentual anual dos sistemas.

A atuação da Massa Equatorial Atlântica durante o ano de 2013 ocorreu com a maior frequência dentre todas as estações meteorológicas pesquisadas, com flutuação dos registros entre 319 dias e 337 dias (87,4% e 92,3% de participação nas estações de Santa Cruz/RN e Palmeira dos Índios/AL, respectivamente). Em comparação com o ano Muito Chuvoso (2011), nota-se maior uniformidade nos dados, ou seja, os registros apresentam-se mais próximos entre as estações meteorológicas, com aumento das ocorrências nas estações localizadas a norte da região e diminuição nas estações localizadas nas localidades a sul. Cinco das sete estações apresentaram participação da mEa acima dos 90%, a saber: Campina Grande/PB (90,4%), Surubim/PE (91,8%), Caruaru/PE (92,3%), Garanhuns/PE (92,1%) e Palmeira dos Índios/AL (92,3%).

Quadro 19 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o ano-padrão Normal – 2013.

Sistemas	Santa Cruz		Areia		Campina Grande		Surubim		Caruaru		Garanhuns		Palmeira dos Índios	
	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%
MEA	319	87,4	324	88,8	330	90,4	335	91,8	337	92,3	336	92,1	337	92,3
VCAN	3	0,8	4	1,1	4	1,1	4	1,1	5	1,4	6	1,6	7	1,9
ZCIT	20	5,5	16	4,4	14	3,8	8	2,2	6	1,6	5	1,4	3	0,8
OL	18	4,9	16	4,4	12	3,3	13	3,6	11	3,0	10	2,7	7	1,9
RFF	3	0,8	3	0,8	3	0,8	3	0,8	4	1,1	6	1,6	9	2,5
LI	2	0,5	2	0,5	2	0,5	2	0,5	2	0,5	2	0,5	2	0,5
Total	365	100	365	100	365	100	365	100	365	100	365	100	365	100

Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

As Ondas de Leste configuram o segundo sistema atmosférico mais atuante da região, com registro de 87 ocorrências entre as estações, sendo o primeiro em produção de chuvas. A estação de Santa Cruz/RN apresenta o maior quantitativo de registros, com 18 ocorrências (4,9% do total de dias), seguida por Areia/PB (16 ocorrências e 4,4% do total), Surubim/PE (13 ocorrências e 3,6% do total), Campina Grande/PB (12 ocorrências e 3,3% do total), Caruaru/PE (11 ocorrências e 3% do total), Garanhuns/PE (10 ocorrências e 2,7% do total) e Palmeira dos Índios (7 ocorrências e 1,9% do total). Embora a distribuição espacial do sistema se apresente de forma mais uniforme, se comparadas às ocorrências em 2011, ano Muito Chuvoso, os registros apresentaram diminuição em quatro das sete estações. Por outro lado, três estações registraram aumento da atuação do sistema (Caruaru/PE, Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL). Assim, com o aumento das ocorrências do sistema na porção sul da

região, os registros totais de ocorrência (87 registros) na região foram rigorosamente iguais a 2011. Desta forma, as Ondas de Leste ocorreram em mesma escala na região entre os anos Muito Chuvoso e Normal, e o que mudou foi a distribuição espacial de suas ocorrências, decorrendo atuações de forma mais uniforme na região Agreste da Borborema.

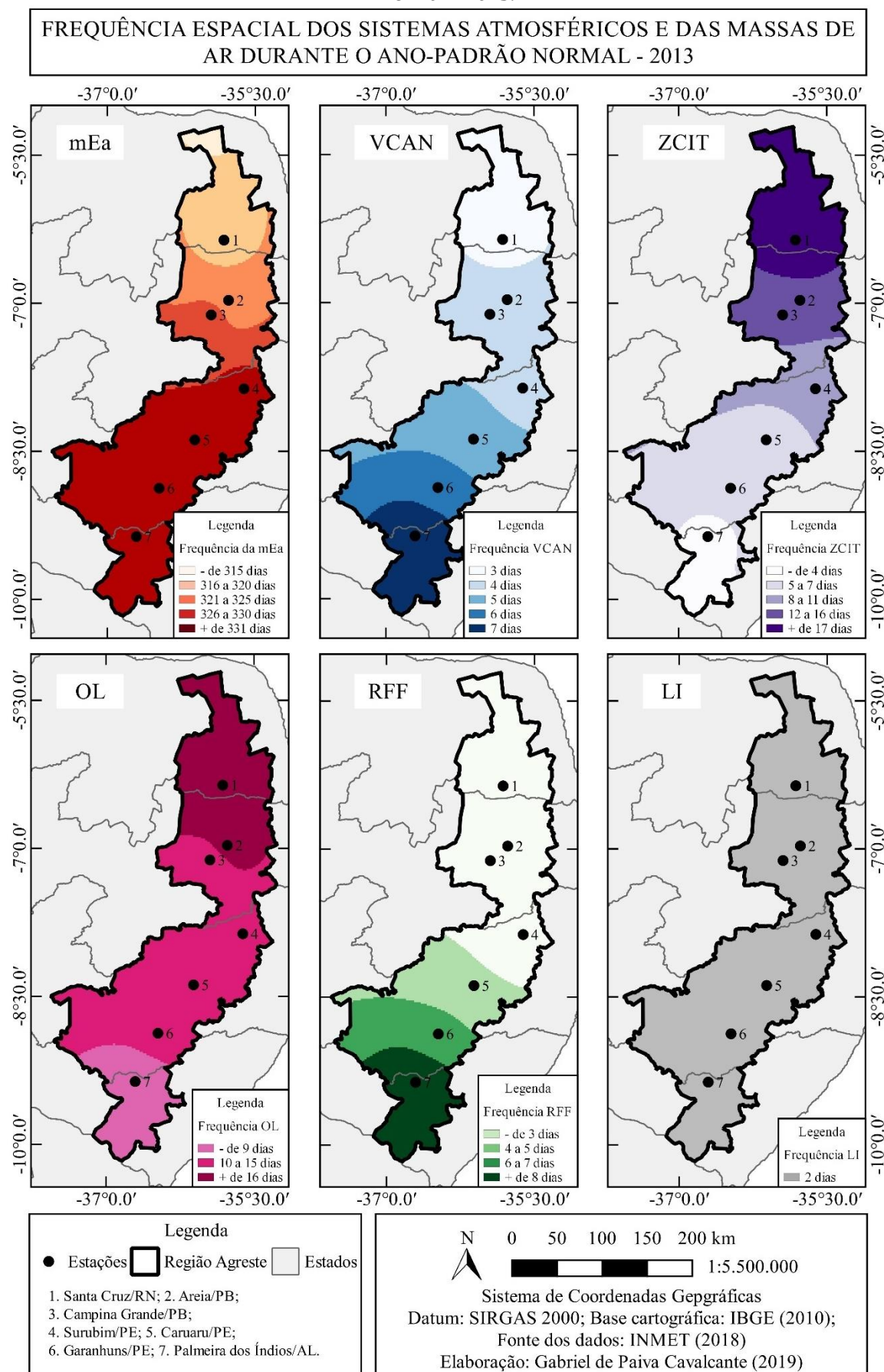
A Zona de Convergência Intertropical, que apresentou 72 registros entre as estações, foi o terceiro sistema atmosférico mais atuante (sendo, de forma geral, o segundo sistema atmosférico produtor de chuva com mais atuação). A estação de Santa Cruz/RN apresentou a maior quantidade de ocorrências (foram 20 ocorrências, o que representa 5,5% dos dias do ano), seguida pelas estações paraibanas de Areia e Campina Grande, que registraram 16 e 14 ocorrências, totais que representam 4,4% e 3,8% dos dias do ano, de forma respectiva. As demais estações não chegaram a 10 ocorrências (8 ocorrências em Surubim/PE, 6 ocorrências em Caruaru/PE, 5 ocorrências em Garanhuns/PE e 3 ocorrências em Palmeira dos Índios/AL).

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis atuaram 33 vezes entre as estações da região e configuram, por isso, o quarto sistema atmosférico mais atuante. Sua distribuição entre as localidades ocorreu com aumento progressivo de ocorrências no sentido norte-sul da região, com os registros a seguir: 7 ocorrências em Palmeira dos Índios/AL (1,9% dos dias do ano), 6 ocorrências em Garanhuns/PE (1,6% dos dias do ano), 5 ocorrências em Caruaru/PE (1,4% dos dias do ano), 4 ocorrências em Surubim/PE, Campina Grande/PB e Areia/PB (1,1% dos dias do ano) e 3 ocorrências em Santa Cruz/RN (0,8% dos dias do ano). Ao contrário do que ocorreu durante o ano Muito Chuvoso (2011), quando o sistema ocorreu em mesma quantidade em todas as estações, nota-se que o registro durante o ano-padrão Normal ocorre com aumento gradual na medida em que se avança para o setor sul da região. Isso significa dizer que o centro dos VCANs durante este ano se posicionou mais ao sul e, por consequência, as bordas também apresentaram tal comportamento.

Foram registradas 31 ocorrências de Repercussões de Frentes Frias na região durante o ano-padrão Normal. Destas, 9 ocorreram na estação de Palmeira dos Índios/AL (o que representa 29% dos registros do sistema na região e 2,5% dos dias do ano), 6 na estação de Garanhuns/PE (1,6% dos dias do ano), 4 na estação de Caruaru/PE (1,1% dos dias do ano) e 3 nas demais estações (0,8% dos dias do ano).

Por fim, foram registradas duas ocorrências de Linhas de Instabilidade em cada estação da região, totalizando 14 ocorrências. A Figura 17 mostra a espacialização de cada sistema atmosférico e massa de ar atuante na região durante o ano-padrão Normal (2013).

Figura 17 – Frequência espacial dos sistemas atmosféricos e das massas de ar durante o ano-padrão Normal - 2013.



4.4.2.5. Ritmo dos atributos climáticos durante o ano-padrão Normal - 2013

As Pranchas 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15, expõem os dados diários de temperatura máxima, temperatura média compensada, temperatura mínima, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, velocidade do vento, direção do vento, precipitação e ocorrência dos sistemas atmosféricos e das massas de ar das estações de Santa Cruz/RN, Areia/PB, Campina Grande/PB, Surubim/PE, Caruaru/PE, Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL, de forma respectiva.

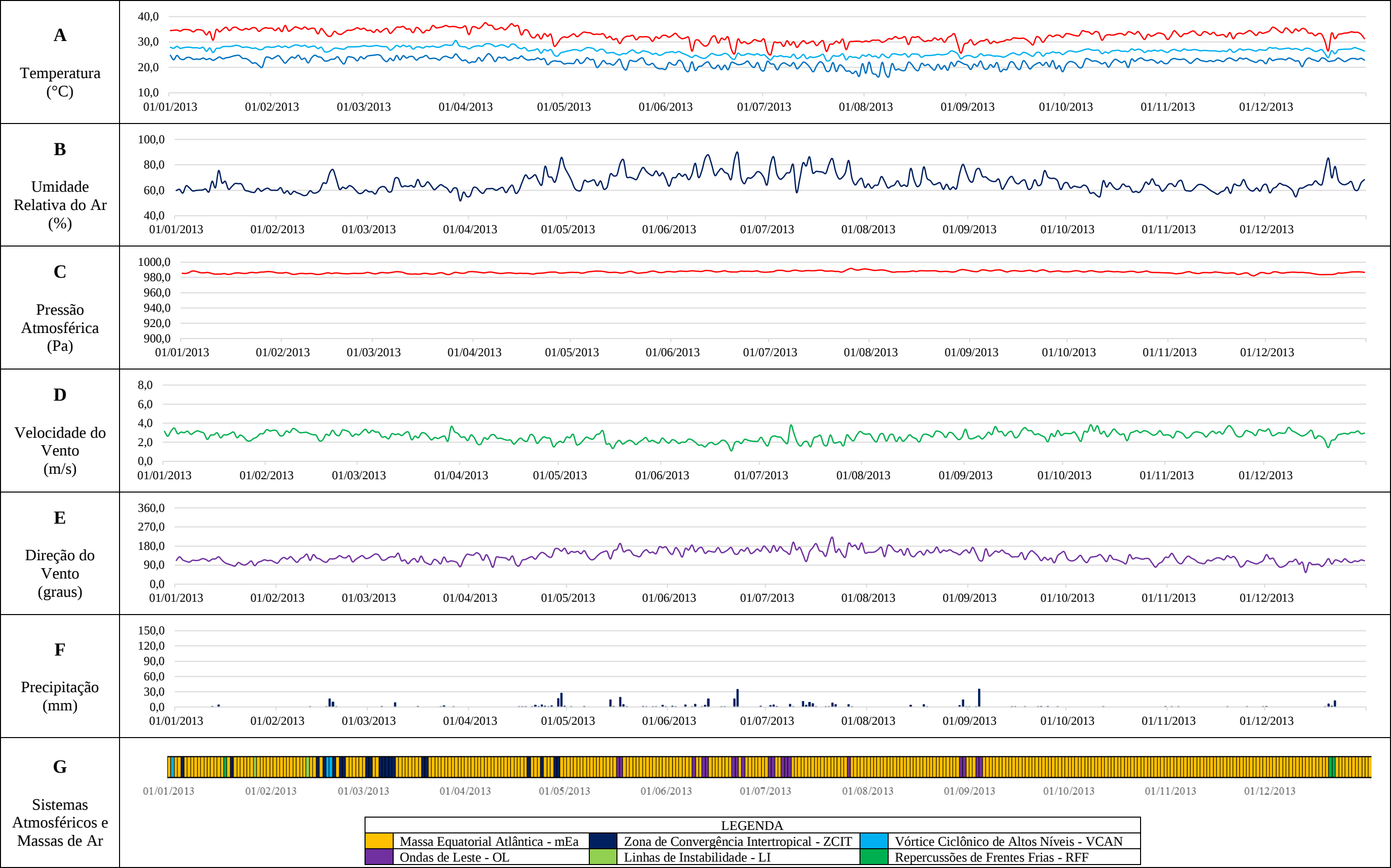
A Prancha 9 apresenta os dados para a estação de Santa Cruz/RN. No Gráfico A da Prancha 9 estão disponíveis os dados de temperatura (máxima, média e mínima), no qual os registros ocorrem entre 16,3 °C (temperatura mínima do dia 08/08/2013) e 36,6 °C (temperatura máxima do dia 08/04/2013). As temperaturas máximas ocorrem acima dos 30 °C na maior parte dos dias, principalmente entre os meses de outubro e abril. Por outro lado, entre os meses de maio e agosto, são registradas as menores temperaturas, com máximas abaixo dos 25 °C (a exemplo do registro de 24,4 °C no dia 04/07/2013).

Os dados percentuais de umidade relativa do ar estão no Gráfico B da Prancha 9. Os registros deste atributo climático ocorrem próximos a 60% entre os meses de outubro e abril, época na qual ocorrem mais dias com características atmosféricas de estabilidade. A instabilidade dos dados de umidade relativa do ar entre os meses de maio a setembro revela a ocorrência de eventos de chuva, estes que elevam o percentual deste atributo. Assim, são registrados percentuais entre 51,7% (registro ocorrido no dia 29/03/2013) e 89,6% (umidade registrada no dia 22/06/2013).

Os dados de pressão atmosférica são mostrados no Gráfico C da Prancha 9, com registros entre 980 Pa e 990 Pa, enquanto que o Gráfico D apresenta os dados de velocidade do vento, no qual a maioria dos registros ocorrem entre 2,0 m/s e 4,0 m/s. Já a direção do vento (Gráfico E da Prancha 9), ocorre, na maioria dos casos, entre 90° e 180°.

Conforme mostra o Gráfico F da Prancha 9, foram registrados apenas dois eventos pluviométricos acima dos 30,0 mm (35,2 mm em 04/09/2013 e 34,2 mm no dia 22/06/2013). Ao contrário do que se espera registrar na região (vínculo dos maiores eventos de chuva à ZCIT pela proximidade da zona de atuação do referido sistema atmosférico), os maiores registros durante o ano-padrão Normal ocorreram durante o período de atuação das Ondas de Leste, conforme mostra o Gráfico G da Prancha 9. A maioria dos eventos de chuva provocados pela ZCIT ocorreram abaixo dos 20,0 mm, à exceção do evento de 26,8 mm registrado durante o dia 29/04/2013.

Prancha 9 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Normal (2013) em Santa Cruz/RN.



Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

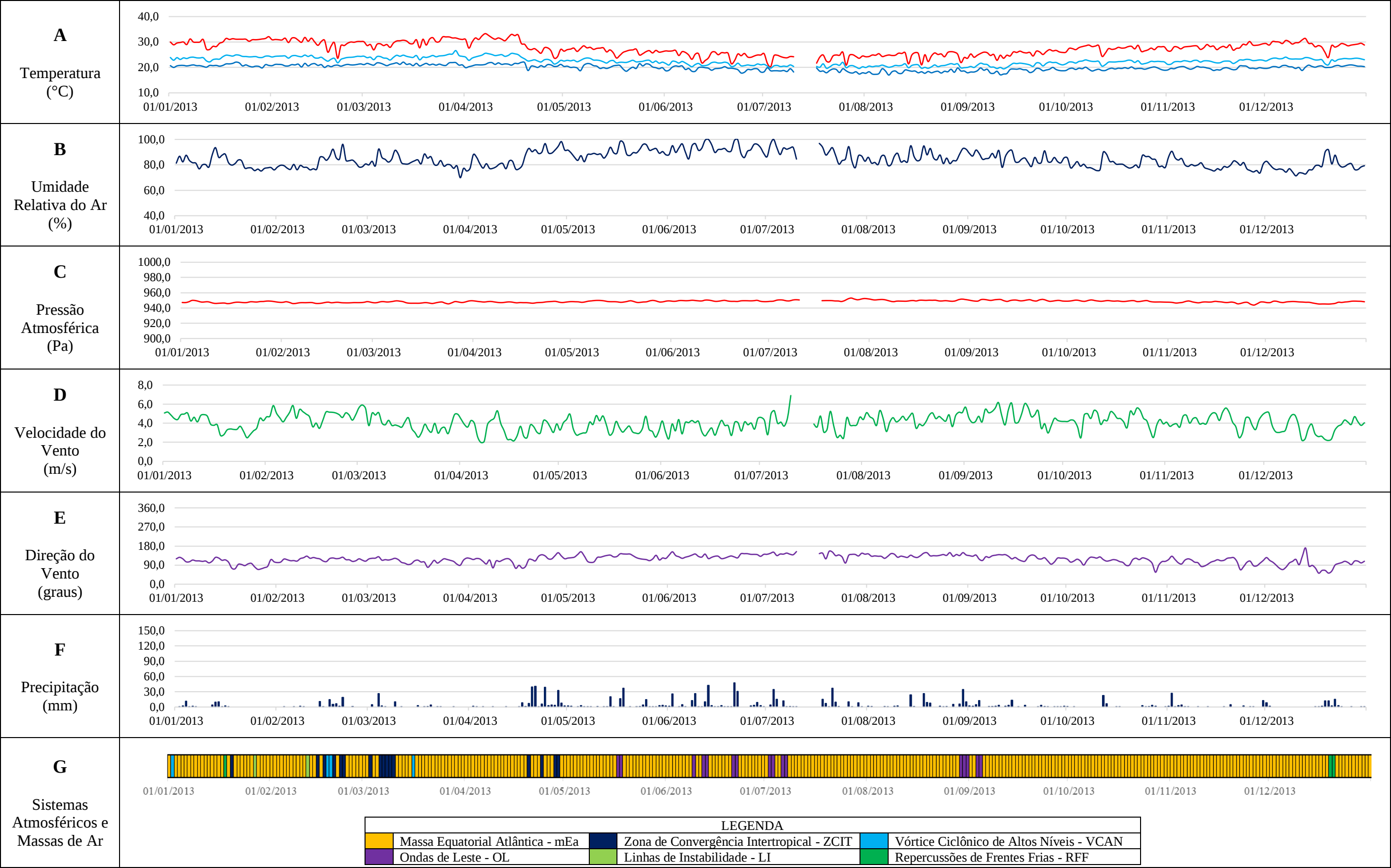
Na Prancha 10 estão inseridos os dados da estação de Areia/PB. Os registros de temperatura do ar (Gráfico A) variam entre 17,0 °C (temperatura mínima do dia 08/08/2013) e 33,3 °C (temperatura máxima do dia 07/04/2013). Destaca-se que, entre os meses de maio e novembro, os registros de temperatura máxima não ultrapassam os 30 °C, ao mesmo tempo em que há vários registros de temperatura mínima abaixo dos 20,0 °C.

Com relação aos dados de umidade relativa do ar, disponíveis no Gráfico B da Prancha 10, nota-se que a maioria dos registros ocorreram acima dos 80%. O pico de 100% da umidade relativa do ar foi obtido durante dois dias, a saber: 13/06/2013 e 03/07/2013. Por outro lado, o menor percentual de umidade ocorreu no dia 29/03/2013, com registro de 69,9%, sendo a única ocasião na qual o registro ficou abaixo dos 70%. As condições de temperatura abaixo dos 30 °C e de umidade praticamente sempre acima dos 70% estão vinculadas às características de brejo de altitude da região, onde ocorrem chuvas orográficas, propiciando tal aumento da umidade, e a queda da temperatura, em decorrência da altitude por volta dos 500 metros.

A pressão atmosférica (Gráfico C da Prancha 10) registrou valores entre 943 Pa e 953 Pa, sem variações relevantes dos dados entre os dias. Já com relação aos dados sobre vento (velocidade no Gráfico E e direção no Gráfico F da Prancha 10), ocorrem as seguintes variações: a velocidade é bastante variável entre os dias, com registros que ocorrem de 2,0 m/s a 6,9 m/s. Não ocorre um comportamento de tendência deste atributo, seja temporal ou eventual (vinculado ao período do ano ou a eventos pluviométricos); a direção do vento também apresenta variação diária relevante, com registros entre 51,9° (direção registrada no dia 17/12/2013) e 170,3° (registro do dia 13/12/2013). Nota-se que os eventos extremos do ano ocorreram com temporalidade bastante próxima (4 dias de diferença), no último mês do ano. Tal realidade pode estar vinculada à ocorrência dos sistemas de Repercussão de Frentes Frias, estes que oscilam consideravelmente as condições climáticas da região durante a atuação, influenciando, também, na direção dos ventos.

Os dados de precipitação, inseridos no Gráfico F da Prancha 10 identificam três eventos acima dos 40,0 mm, a saber: 47,8 mm no dia 21/06/2013, 42,8 mm no dia 13/06/2013 e 40,4 mm no dia 21/04/2013. Destacam-se, ainda, mais oito eventos acima dos 30,0 mm, estes que ocorreram entre os meses de abril a agosto, período de atuação da Zona de Convergência Intertropical e das Ondas de Leste, conforme mostra o Gráfico G da Prancha 10. Ainda de acordo com o Gráfico G, houve atuação de uma RFF nos dias 19 e 20 de dezembro, quando ocorreram dois eventos com registros de 12,2 mm cada um.

Prancha 10 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Normal (2013) em Areia/PB.



Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

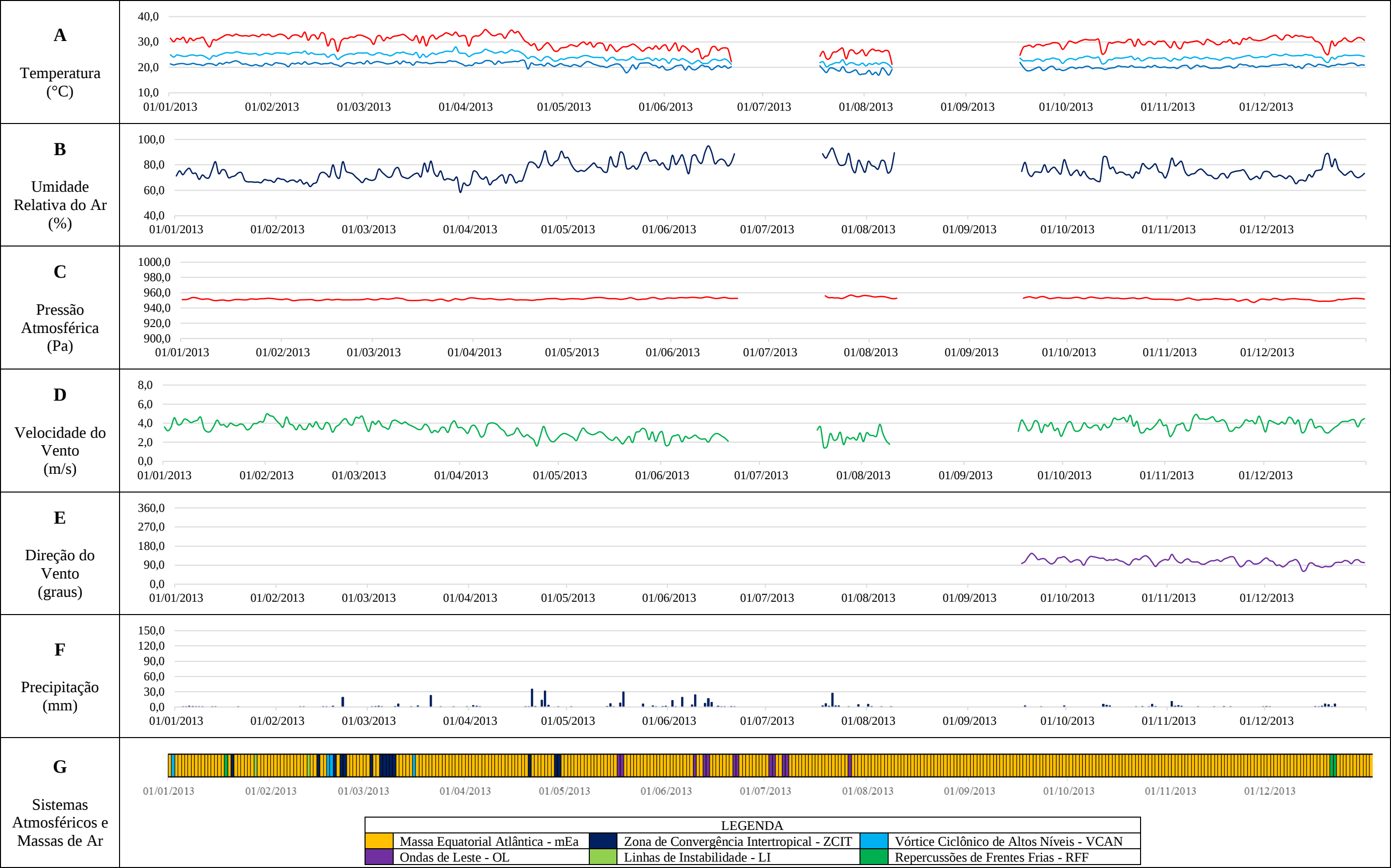
Na Prancha 11 estão plotados os dados que correspondem à estação da cidade de Campina Grande/PB. Verificam-se duas falhas na sequência dos dados: a primeira falha ocorre entre os dias 22/06/2013 e 17/07/2013, e a segunda, entre os dias 09/08/2013 e 16/09/2013. Os dias que imediatamente antecedem e sucedem as falhas apresentam, também, dados que fogem do habitual, a exemplo da temperatura máxima de apenas 21,2 °C do dia 08/08/2013. Passando a discutir sobre os dados dos períodos sem falhas, os registros de temperatura do ar ocorrem de 17,0 °C (temperatura mínima dos dias 05/08/2013 e 08/08/2013) a 34,9 °C (registro de temperatura máxima do dia 07/04/2013). Os maiores registros de temperatura, próximos a 30,0 °C, ocorrem entre os meses de outubro e meados de abril, período de atuação mais consistente da Massa Equatorial Atlântica, que produz um estado de tempo com principal característica de estabilidade atmosférica. Na medida em que os sistemas atmosféricos produtores de chuva começam a atuar na região, as temperaturas diminuem consideravelmente, com a maioria dos registros máximos concentrados entre 27 °C e 29 °C.

A umidade relativa do ar (Gráfico B da Prancha 11) apresentou quantitativos percentuais entre 58,3% (registro do dia 29/03/2013, o único a se situar abaixo dos 60%) e 94,9% (registro do dia 13/06/2013). O percentual de umidade relativa do ar superou os 90% em quatro oportunidades, a saber: 91,0% no dia 24/04/2013, 90,7% no dia 29/04/2013, 94,9% no dia 13/06/2013 e 93,2% no dia 21/07/2013.

Já os registros de pressão atmosférica (Gráfico C da Prancha 11) ocorrem entre 947,4 Pa e 956,9 Pa. A velocidade do vento, disposta no Gráfico D da Prancha 11, varia de 1,5 m/s a 4,9 m/s. Nota-se, neste atributo climático, um comportamento cíclico, com os maiores registros ocorrendo no início e no final do ano e, os menores quantitativos, durante o meio do ano, época em que ocorrem as chuvas. No que diz respeito à direção do vento (Gráfico E da Prancha 11), os dados são registrados apenas a partir de meados de setembro, o que impede uma análise anual dos registros.

O ano-padrão Normal apresentou, conforme mostra o Gráfico F da Prancha 11, seis eventos de chuva acima dos 20,0 mm, sendo apenas dois registros superiores a 30,0 mm (35,0 mm no dia 20/04/2013 e 31,2 mm no dia 24/04/2013), estes vinculados à atuação da Zona de Convergência Intertropical. Houve atuação de outros sistemas atmosféricos, principalmente das Ondas de Leste, porém, sem influência para eventos pluviométricos significativos, conforme aponta o Gráfico G da Prancha 11.

Prancha 11 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Normal (2013) em Campina Grande/PB.



Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

Na Prancha 12, estão inseridos os dados para a estação de Surubim/PE. O Gráfico A mostra que as temperaturas ocorreram com registros de 16,4 °C (temperatura mínima em 08/08/2013) a 35,8 °C (temperatura máxima do dia 07/04/2013). Em mais dois dias, a temperatura máxima do ar superou os 35 °C, a saber: 35,6 °C no dia 15/04/2013 e 35,2 °C no dia 17/04/2013. Tais extremos térmicos no ano estão vinculados à estabilidade atmosférica proporcionada pela atuação da Massa Equatorial Atlântica. No Gráfico B da Prancha 12 estão os dados de umidade relativa do ar. Entre o fim de fevereiro e o início de abril existe uma falha que insere os dados em categorias incomuns para a série, o que os tornam duvidosos. Desta forma, serão considerados os dados com distância de até dois dias da série. Assim, os maiores registros de umidade ocorrem nos meses de junho a agosto, com pico de 97% registrado no dia 21/07/2013. Por outro lado, os menores valores percentuais ocorrem entre novembro e fevereiro, com o menor percentual diário registrado no dia 04/02/2013, com registro de 61,9%.

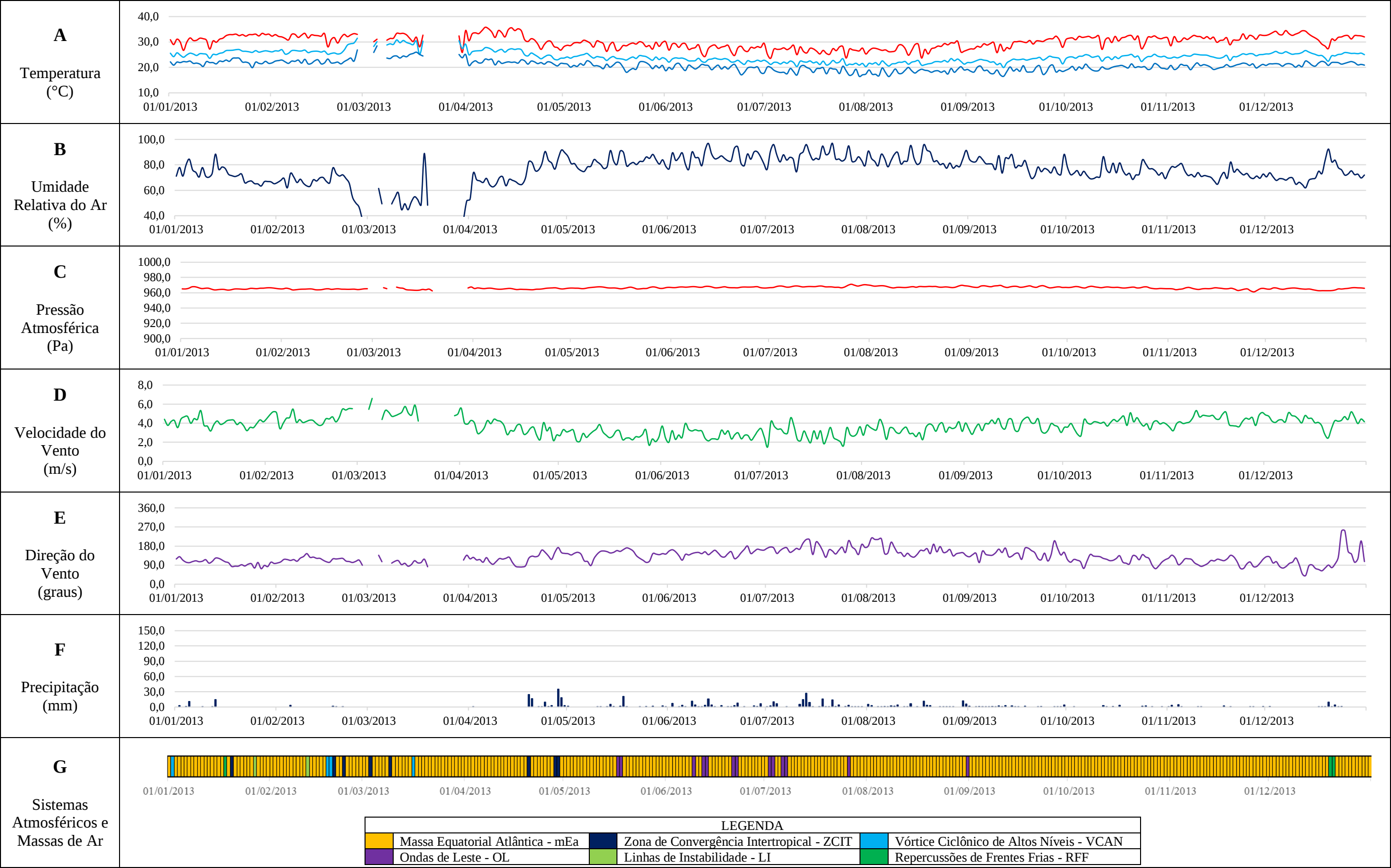
O Gráfico C mostra a pressão atmosférica (entre 961,2 Pa e 971,1 Pa). Já os Gráficos D e E indicam as características do vento na estação (velocidade e direção, respectivamente). No que tange à velocidade, os dados variam de 1,5 m/s a 6,6 m/s; com relação à direção, esta varia entre 41,1° e 251,5°, com variações relevantes entre os dias do ano.

Os dados de chuva, na Prancha 12, indicam apenas quatro eventos acima dos 20,0 mm: 35,2 mm no dia 28/04/2013, 27,0 mm no dia 13/07/2013, 24,4 mm no dia 19/04/2013 e 20,8 mm no dia 18/05/2013. Tais eventos vinculam-se à atuação da Zona de Convergência Intertropical e das Ondas de Leste, conforme mostra o Gráfico H da Prancha 12.

Já a Prancha 13 apresenta os dados da estação de Caruaru/PE. Conforme é apresentado no Gráfico A, as temperaturas ocorreram entre 13,3 °C (temperatura mínima do dia 05/08/2013) e 35,3 °C (temperatura máxima do dia 15/04/2013). A umidade relativa do ar (Gráfico B da Prancha 13) ocorreu sempre acima dos 59%, com pico de 95,2% no dia 03/07/2013, enquanto que a pressão atmosférica (Gráfico C) registrou de 944,6 Pa a 954,5 Pa. Os dados sobre o vento (velocidade no Gráfico D, e direção no Gráfico E) apresentam registros de velocidade de 0,9 a 5,5 m/s, enquanto a direção apresenta regularidade entre 180° e 290° nos meses de janeiro a setembro, apresentando, nos meses subsequentes, uma instabilidade não observada nos períodos anteriores, com registros 45,3° e 184,1°.

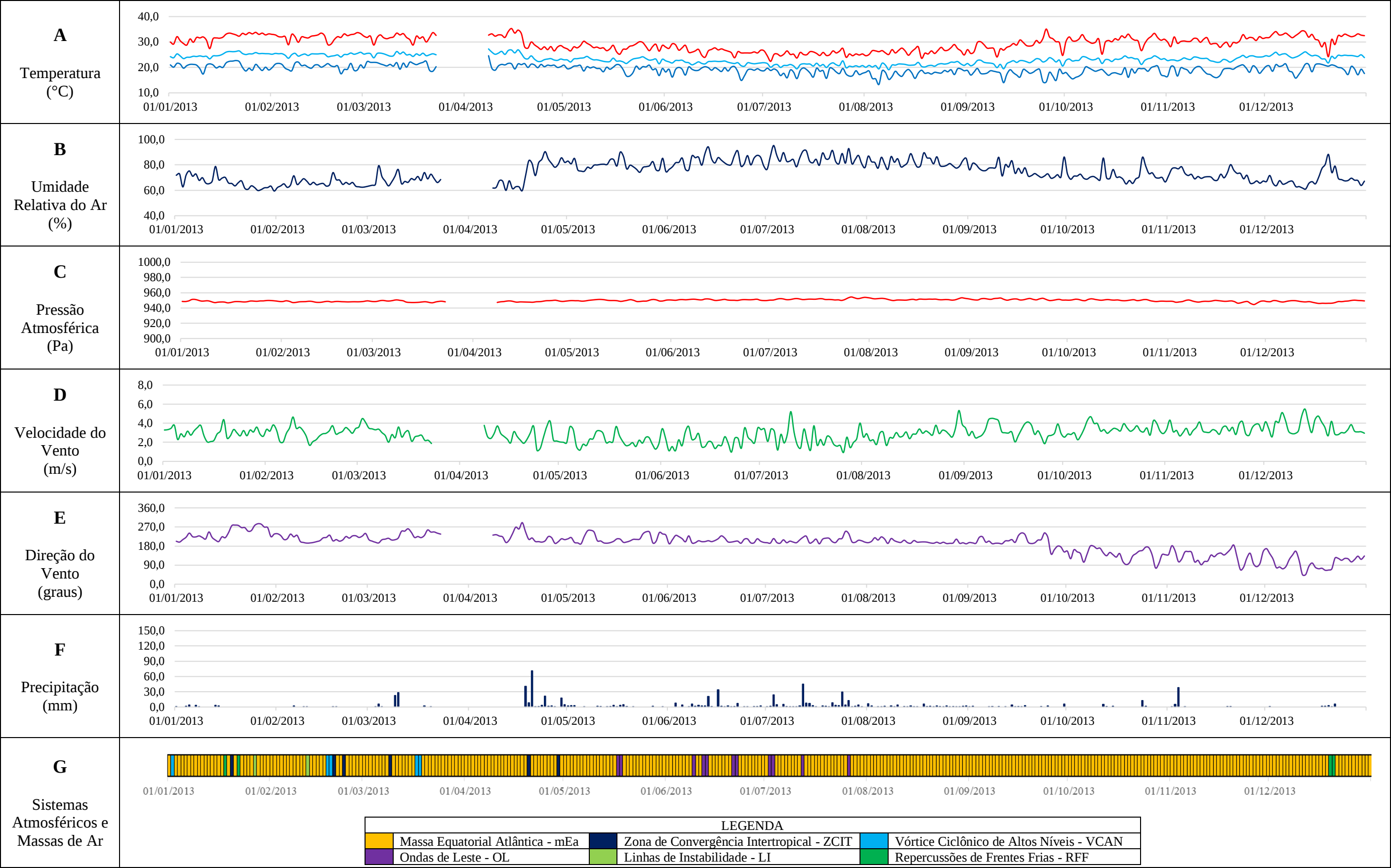
No que diz às chuvas (Gráfico F da Prancha 13), destaca-se a ocorrência do dia 20/04/2013, com registro de 71,0 mm. De acordo com o Gráfico G da Prancha 13, tais eventos vinculam-se à atuação da Zona de Convergência Intertropical e das Ondas de Leste.

Prancha 12 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Normal (2013) em Surubim/PE.



Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

Prancha 13 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Normal (2013) em Caruaru/PE.



Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

Em Garanhuns, cujos dados estão na Prancha 14, registra-se uma pequena falha nos dados entre os dias 02/12/2013 e 09/12/2013, que não compromete substancialmente a análise dos simultânea dos atributos climáticos e, conseqüentemente, da geração dos diferentes tipos de tempo. Sendo assim, o menor registro de temperatura ocorreu no dia 11/07/2011, com 15,0 °C, enquanto que o maior registro, de 33,9 °C, ocorreu nos dias 15/04/2013 e 17/04/2013, como apontam os dados presentes no Gráfico A da Prancha 14. Destaca-se, também, que entre os meses de maio e setembro os registros de temperatura máxima não alcançam os 30 °C (merece ser mencionado um registro que ocorre abaixo dos 20 °C: o evento de temperatura máxima de 19,8 °C no dia 01/07/2013). Já as temperaturas mínimas apresentam registros abaixo dos 20 °C desde o mês de maio até o fim do ano, com exceção do registro de 20,1 °C no dia 13/12/2013. Assim como Areia/PB, cujos dados foram colocados na Prancha 10, a cidade de Garanhuns ocorre em uma região de Brejo de Altitude, o que diferencia seus dados dos demais registros do entorno.

No que diz respeito à umidade relativa do ar (Gráfico B da Prancha 14), em apenas duas ocorrências foram registrados percentuais abaixo dos 60%, a saber: 56,1% no dia 26/01/2013 e 51,2% no dia 28/03/2013. Os maiores registros ocorreram entre meados de junho e o fim de agosto, com o pico de 96,8% registrado no dia 03/07/2013. No Gráfico C da Prancha 14 estão os registros de pressão atmosférica, cujas ocorrências se mantiveram entre 917,4 e 927,2 Pa. A velocidade do vento (Gráfico D da Prancha 14) ocorre entre 0,0 m/s e 5,2 m/s (os dados deste atributo provavelmente apresentam defeito de mensuração do aparelho da estação automática, visto que, há diversos registros de 0,0 m/s, algo que foge da realidade da região), enquanto que a direção do vento (Gráfico E da Prancha 14), ocorre entre 34,5° e 189,6°, com variações bastante consideráveis entre os dias do ano.

Com relação aos eventos de precipitação (Gráfico F da Prancha 14), foram registrados cinco eventos acima dos 20,0 mm, a saber: 20,2 mm no dia 29/04/2013, 24,4 mm no dia 28/10/2013, 28,2 mm no dia 12/07/2013, 30,4 mm no dia 03/07/2013 e 45,2 mm no dia 18/12/2013. Tais eventos estão associados à atuação da Zona de Convergência Intertropical, das Ondas de Leste, e, no caso dos eventos ocorridos no último trimestre do ano, à atuação das Repercussões de Frentes Frias, estas que influenciaram a ocorrência do maior eventos pluviométrico do ano, conforme pode ser visto no Gráfico G da Prancha 14. Desta forma, é a partir da região de Garanhuns/PE que começa a atuação mais incisiva das Repercussões de Frentes Frias, produzindo eventos pluviométricos relevantes, pelo menos no caso do ano em análise (2013, ano-padrão Normal).

Para concluir a análise diária dos tipos de tempo para o ano-padrão Normal (2013), estão expostos, na Prancha 15, os dados dos atributos climáticos para a estação de Palmeira dos Índios/AL. Observa-se uma falha entre os dias 23/06/2013 e 22/07/2013, que ocorre em um período importante para a região, quando ocorrem atuações de sistemas atmosféricos produtores de chuva, mas que não impede a verificação dos tipos de tempo e, como consequência, a compreensão da dinâmica do clima.

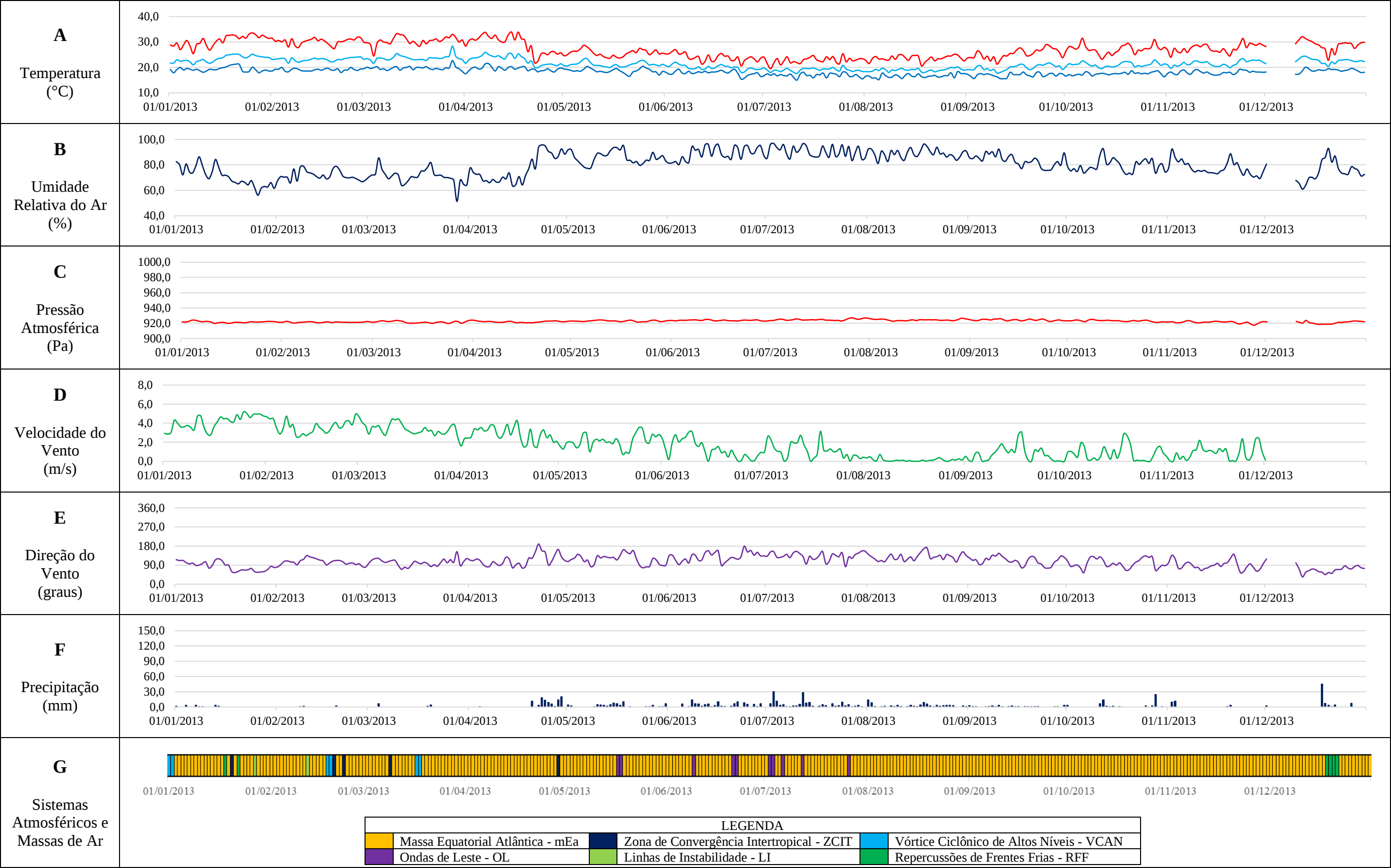
No Gráfico A da Prancha 15 encontram-se disponíveis os dados de temperatura do ar (máxima, média e mínima). Tais registros variam entre 17,6 °C (temperatura mínima do dia 12/09/2013) e 38,4 °C (temperatura máxima que ocorreu nos dias 07/04/2013 e 12/12/2013). O elevado gradiente térmico da localidade vincula-se, provavelmente, à maior frequência de atuação da Massa Equatorial Atlântica dentre todas as estações pesquisadas. Os menores registros térmicos, por sua vez, ocorrem entre o fim de abril e meados de setembro, período em que a mEa perde uma pequena parte de sua atividade e a região recebe atuação de outros sistemas atmosféricos.

O Gráfico B da Prancha 15 mostra que os dados deste de umidade relativa do ar apresentam variações entre 48,2% (registro do dia 26/01/2013, sendo o único a figurar abaixo dos 50%) e 92,8% (percentual registrado no dia 16/06/2013). Nota-se uma queda nos registros a partir de meados de agosto, além da maioria dos registros entre janeiro e meados de abril ocorrerem abaixo dos 70%. Tais situações, assim como nos casos das temperaturas do ar, vinculam-se à atuação da Massa Equatorial Atlântica.

A pressão atmosférica, cujos dados estão no Gráfico C da Prancha 15, ocorre entre 976,6 e 987,6 Pa, enquanto que os dados de velocidade do vento (Gráfico E da Prancha 15) ocorrem entre 0,6 m/s e 5,7 m/s. Neste caso, nota-se nitidamente no gráfico que os maiores valores ocorrem nos primeiros e últimos meses do ano, enquanto que os menores valores ocorrem no meio do ano. Já a direção do vento (Gráfico F da Prancha 15) ocorre de maneira relativamente uniforme durante o ano, com os dados concentrados na linha dos 90°, salvo alguns eventos extremos, a exemplo do registro de 197,2° ocorrido no dia 22/04/2013.

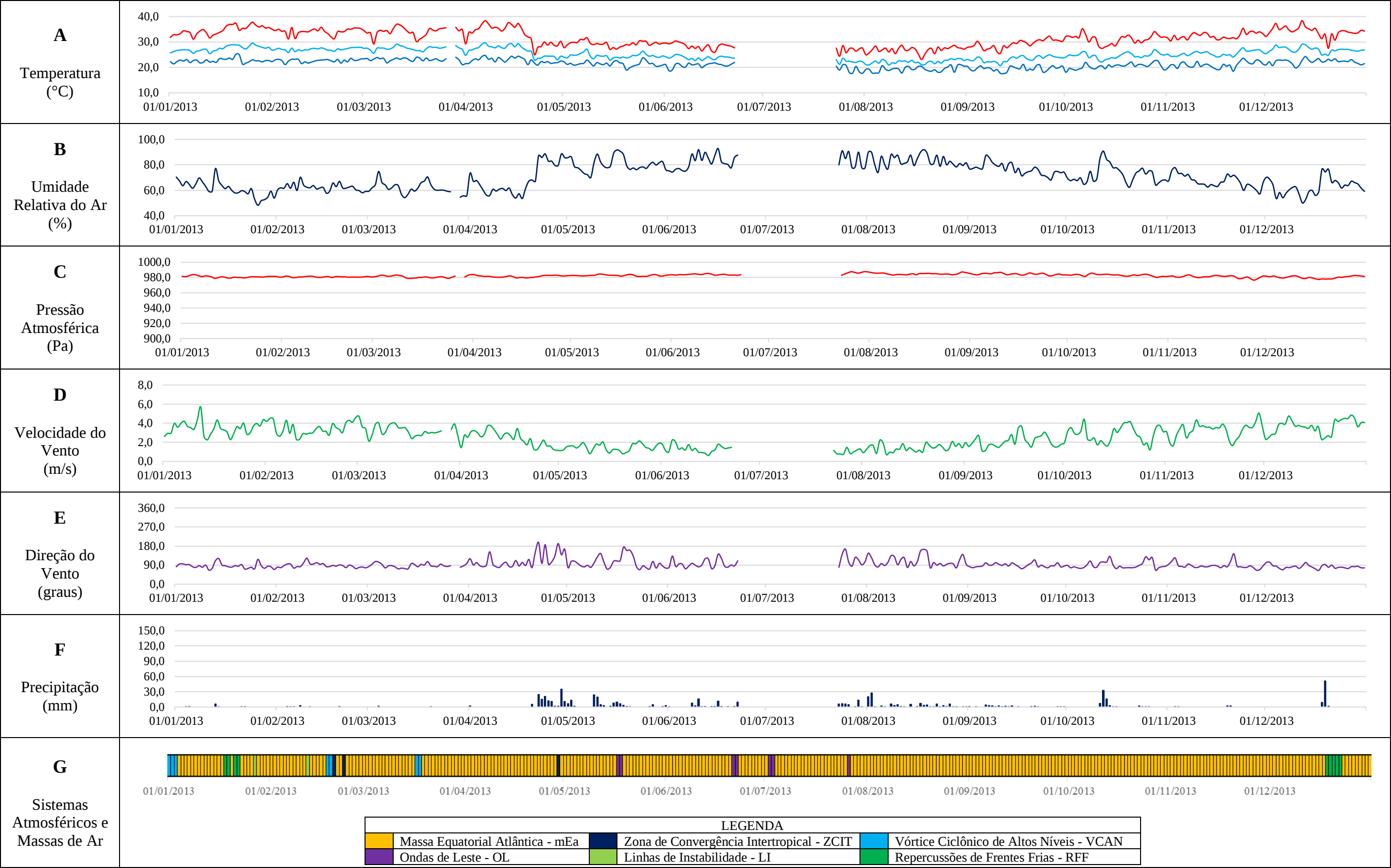
Finalizando a análise diária dos dados da estação de Palmeira dos Índios/AL e, conseqüentemente, do ano-padrão Normal (2013), são apresentados, no Gráfico G da Prancha 15, os dados de chuva. Destacaram-se três eventos, a saber: 51,4 mm no dia 19/12/2013, 35,2 mm no dia 29/04/2013 e 32,8 mm no dia 12/10/2013. Tais eventos ocorreram por meio da atuação de Ondas de Leste (no caso do evento do mês de abril) e de Repercussões de Frentes Frias (nos eventos de outubro e dezembro), conforme mostra o Gráfico G da Prancha 15.

Prancha 14 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Normal (2013) em Garanhuns/PE.



Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

Prancha 15 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Normal (2013) em Palmeira dos Índios/AL.



Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

4.4.2.6. Eventos de chuva intensa durante o ano-padrão Normal - 2013

Foram observados 55 eventos pluviométricos acima de 20,0 mm nas sete estações utilizadas nesta pesquisa (35 eventos a menos do que o registrado durante 2011, o ano-padrão Muito Chuvoso, o que configura uma redução de 36,3% no quantitativo de eventos). Nesse sentido, considerando o exposto no Quadro 20, a estação a registrar a maior quantidade de eventos foi Areia/PB (19 registros), seguida por Caruaru/PE (11 eventos), Palmeira dos Índios/AL (7 eventos), Campina Grande/PB (6 eventos), Garanhuns/PE (5 eventos), Surubim/PE (4 eventos) e Santa Cruz/RN (3 eventos).

Quadro 20 – eventos de chuva acima de 20,0 mm que ocorreram durante o ano-padrão Normal – 2013.

Eventos de chuva acima de 20,0 mm em 2013 (ano Normal)													
Santa Cruz		Areia		Campina Grande		Surubim		Caruaru		Garanhuns		Palmeira dos Índios	
Data	Prec	Data	Prec	Data	Prec	Data	Prec	Data	Prec	Data	Prec	Data	Prec
04/09/2013	35,2	21/06/2013	47,8	20/04/2013	35,0	28/04/2013	35,2	20/04/2013	71,0	18/12/2013	45,2	19/12/2013	51,4
22/06/2013	34,2	13/06/2013	42,8	24/04/2013	31,2	13/07/2013	27,0	12/07/2013	45,2	03/07/2013	30,4	29/04/2013	35,2
29/04/2013	26,8	21/04/2013	40,4	18/05/2013	29,8	19/04/2013	24,4	18/04/2013	41,0	12/07/2013	28,2	12/10/2013	32,8
		20/04/2013	39,6	21/07/2013	27,2	18/05/2013	20,8	04/11/2013	38,4	28/10/2013	24,4	02/08/2013	27,4
		24/04/2013	39,0	09/06/2013	24,2			16/06/2013	33,6	29/04/2013	20,2	22/04/2013	24,4
		18/05/2013	37,0	20/03/2013	22,6			24/07/2013	29,2			09/05/2013	24,2
		21/07/2013	37,0					10/03/2013	28,2			24/04/2013	20,8
		30/08/2013	34,4					03/07/2013	24,2				
		03/07/2013	34,2					09/03/2013	22,4				
		28/04/2013	32,8					24/04/2013	21,6				
		22/06/2013	30,8					13/06/2013	20,8				
		02/11/2013	27,0										
		04/03/2013	26,4										
		09/06/2013	26,4										
		18/08/2013	26,4										
		02/06/2013	25,8										
		14/08/2013	23,6										
		12/10/2013	22,4										
		14/05/2013	20,2										
TOTAL	3	TOTAL	19	TOTAL	6	TOTAL	4	TOTAL	11	TOTAL	5	TOTAL	7

Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

Os três eventos registrados em Santa Cruz/RN ocorreram durante períodos diferentes do ano. O primeiro evento, vinculado à Zona de Convergência Intertropical, ocorreu no mês de abril, enquanto que o segundo, que ocorreu em junho, e o terceiro, ocorrido em setembro, foram deflagrados pela atuação das Ondas de Leste. Tratam-se de eventos de magnitude reduzida, se comparados ao que foi registrado durante o ano-padrão Muito Chuvoso.

Em Areia/PB, foram registrados 19 eventos (34,5% do total de eventos da região), que ocorreram entre os meses de março e novembro, com atuação de diferentes sistemas atmosféricos. O mês com o maior quantitativo de ocorrências é junho (cinco eventos), seguido pelo mês de abril (quatro eventos).

Em Campina Grande/PB, foram registrados seis eventos entre os meses de março e agosto (13 eventos a menos que o registrado em Areia, mesmo com a proximidade das estações, o que atesta, mais uma vez, o efeito da orografia na ocorrência das chuvas). Apenas dois eventos superaram os 30,0 mm de chuva, a saber: 35,0 mm em 20/04/2013 e 31,2 mm

em 24/04/2013. Tratam-se de eventos próximos, vinculados à atuação de uma Onda de Leste, com outros totais de chuva registrados entre os dias 18/04/2013 e 25/04/2013, totalizando um episódio de 84,6 mm.

Na estação de Surubim/PE, foram registrados quatro eventos acima de 20,0 mm, que ocorreram entre os meses de abril a julho. O maior evento registrado foi de 35,2 mm no dia 28/04/2013.

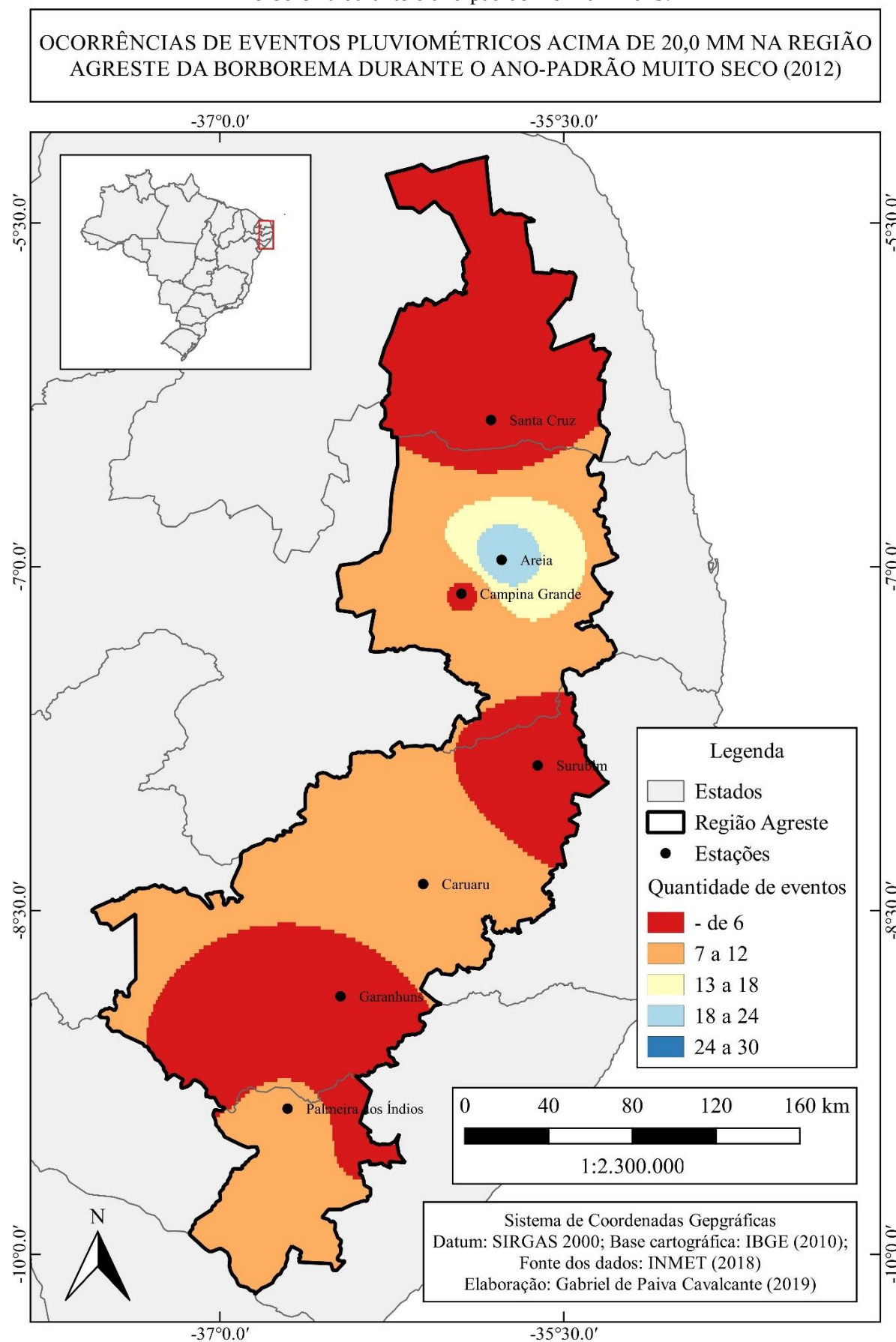
Caruaru/PE foi a estação a apresentar a segunda maior quantidade de eventos acima dos 20,0 mm. Os eventos ocorreram entre os meses de março e novembro, com destaque para os meses de abril e julho, com três ocorrências cada. Destaca-se o evento mais significativo dentre todas as estações, com registro de 71,0 mm no dia 20/04/2013.

Em Garanhuns/PE, foram registrados cinco eventos acima dos 20,0 mm, que ocorreram nos meses de abril (1 evento), julho (2 eventos), outubro (1 evento) e dezembro (1 evento), sendo o maior para a estação, com registro de 45,2 mm no dia 18/12/2013).

Por fim, em Palmeira dos Índios/AL, foram registrados sete eventos maiores ou iguais a 20,0 mm, o que a configurou como a terceira localidade em maior quantidade de eventos. Foram registrados três eventos no mês de abril, um evento nos meses de maio, agosto, outubro e dezembro. O evento mais significativo do ano foi registrado no dia 19/12/2013, com registro pluviométrico de 51,4 mm (o segundo maior dentre os registros das demais estações).

A Figura 18 apresenta a espacialização dos eventos pluviométricos acima dos 20,0 mm na região de estudo durante o ano de 2013, classificado como ano-padrão Normal. Nota-se que, assim como registrado durante o ano-padrão Muito Chuvoso, a concentração dos eventos ocorre nas estações do estado da Paraíba, porém, desta vez, com tal característica restrita à área que circunda a estação da cidade de Areia, que registra mais de um terço das ocorrências de eventos. Nas demais localidades, os registros ocorrem entre 3 e 11 eventos.

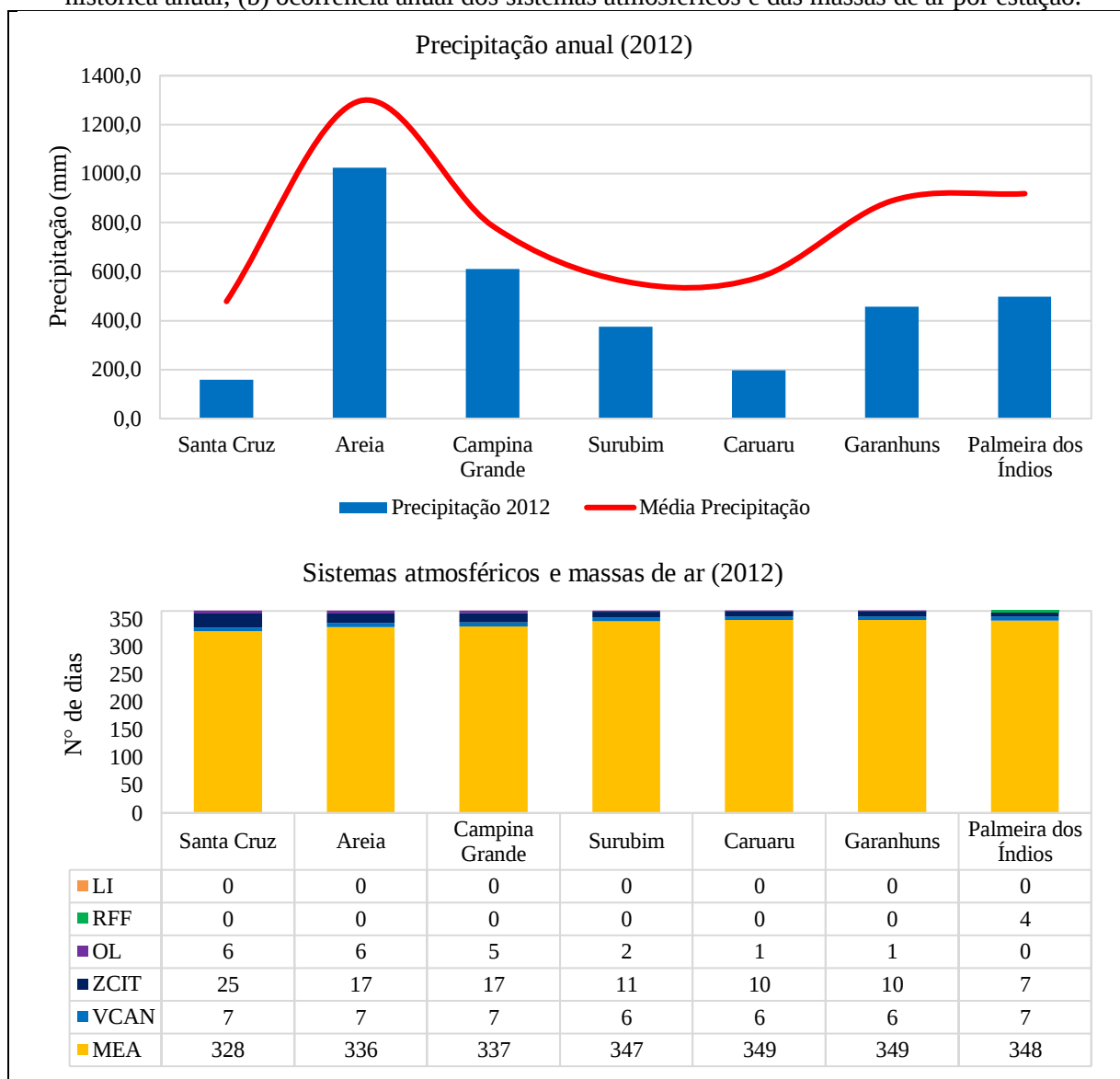
Figura 18 – Distribuição espacial dos eventos pluviométricos acima de 20,0 mm na região Agreste da Borborema durante o ano-padrão Normal - 2013.



4.4.3. Ano-padrão Muito Seco – 2012

O ano-padrão categorizado como Muito Seco apresentou desvios negativos de precipitação relevantes em todas as estações pesquisadas, conforme é apresentado na Figura 19. A única estação a não se encaixar nesta categoria foi Campina Grande/PB, a qual apresentou registros de precipitação que classificaram 2012 como um ano Seco. Na perspectiva da estação chuvosa, a estação de Areia/PB apresentou registros de precipitação na categoria Habitual, enquanto Campina Grande/PB manteve-se na categoria Seco. Como todas as demais estações apresentaram desvios negativos de precipitação situados na categoria Muito Seco, o ano de 2012 foi, notadamente, o mais propício para esta análise.

Figura 19 – (a) Gráfico de precipitação para o ano-padrão Normal (2013) e comparação com a média histórica anual; (b) ocorrência anual dos sistemas atmosféricos e das massas de ar por estação.



Fonte: INMET (2018). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

Os desvios negativos totais de precipitação ocorreram entre -176,2 mm em Campina Grande/PB (desvio percentual de -22,4%) e -431,9 mm na estação de Garanhuns/PE (redução percentual de chuvas na ordem de -48,6%). A estação a apresentar o menor acumulado pluviométrico anual foi a de Santa Cruz/RN, com registro de 157,8 mm (-320,5 mm abaixo da média histórica, o que representa uma redução de -67,2% nas chuvas durante o ano), enquanto que o maior acumulado no ano foi registrado na estação de Areia/PB que, mesmo enquadrando-se em um ano Muito Seco, apresentou precipitação acima dos 1.000,0 mm (1.024,5 mm, ou seja, -272,1 mm abaixo da média histórica, o que representa 21% de chuvas abaixo do normal para o período).

No que diz respeito à participação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos durante o ano-padrão Muito Seco, destaca-se que:

- A Massa Equatorial Atlântica predominou em todas as estações, cuja participação variou entre 328 dias na estação de Santa Cruz/RN (89,6% dos dias do ano, a única estação a registrar atuação da mEa em menos de 90% dos dias do ano durante o ano de 2012) e 349 dias nas estações pernambucanas de Caruaru e Garanhuns (o que representa 95,4% dos dias do ano). Desta forma, comparando-se a atuação da mEa na região Agreste da Borborema durante os três anos-padrão, conclui-se que sua participação é inversamente proporcional aos quantitativos de chuva, ou seja, quanto maiores os quantitativos de chuva na região, menor é a participação da referida massa de ar nos tipos de tempo;
- A Zona de Convergência Intertropical – ZCIT configurou o segundo sistema atmosférico com o maior registro de atuação na região, sendo o primeiro em produção de chuvas. Foram registradas 97 ocorrências, distribuídas entre as estações na sequência, a saber: 25 registros em Santa Cruz/RN (o que representa 25,8% das ocorrências da região), 17 ocorrências nas estações paraibanas de Areia e Campina Grande, 11 ocorrências na estação de Surubim/PE, 10 ocorrências nas estações pernambucanas de Caruaru e Garanhuns, e 7 ocorrências na estação de Palmeira dos Índios/AL. Destaca-se que foram registrados um quantitativo de episódios da ZCIT na região acima do registrado durante o ano-padrão normal (2013);
- Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis apresentaram atuação acima dos outros dois anos analisados nesta pesquisa. Foram registradas 46 ocorrências (11 a mais do que foi registrado durante 2011, ano-padrão Muito Chuvoso, e 13 a mais do que os registros do ano de 2013, classificado como ano-padrão Normal). Os registros

distribuíram-se entre as estações da seguinte forma: 7 ocorrências nas estações de Santa Cruz/RN, Areia/PB, Campina Grande/PB e Palmeira dos Índios/AL, e 6 registros nas estações pernambucanas de Surubim, Caruaru e Garanhuns;

- As Ondas de Leste – OL apresentaram frequência notadamente reduzida durante o ano-padrão Muito Seco, quando comparadas às ocorrências dos demais anos. Foram apenas 21 registros de atuação do sistema, enquanto que os outros dois anos apresentaram 87 ocorrências, cada um. As estações de Santa Cruz/RN e Areia/PB foram as que apresentaram os maiores quantitativos (6 ocorrências em ambas as localidades), seguidas por Campina Grande/PB (5 registros), Surubim/PE (2 registros), Caruaru/PE e Garanhuns/PE (1 registro). A estação de Palmeira dos Índios/AL não apresentou atuação do sistema;
- Houve registro de Repercussões de Frentes Frias apenas na estação de Palmeira dos Índios/AL (4 ocorrências);
- Não foi detectada atuação de Linhas de Instabilidade durante o período na região.

4.4.3.1. Análise do Período Pré-chuvoso do ano-padrão Muito Seco - 2012

Durante o Período Pré-chuvoso do ano de 2012, os sistemas atmosféricos e massas de ar apresentaram atuação na região Agreste da Borborema, conforme os destaques abaixo elencados:

- Massa Equatorial Atlântica – mEa: a participação da mEa apresentou variação entre 71,7% dos dias na estação de Santa Cruz/RN a 86,8% na estação de Garanhuns/PE. Assim como nos demais anos, a diferença de participação da massa de ar entre as estações ocorre porque tal período é marcado pelas primeiras atuações da Zona de Convergência Intertropical na parte norte da região, característica não presente na porção setentrional da região, que, além disso, recebe menos atuação das Repercussões de Frentes Frias. Tal combinação de fatores produz uma época de estabilidade atmosférica na região por meio da atuação quase que constante da mEa;
- Vórtice Ciclônico de Altos Níveis – VCAN: todas as ocorrências de VCAN registradas na região durante o ano ocorreram no período pré-chuvoso. Assim, foram 7 registros nas estações de Santa Cruz/RN, Areia/PB, Campina Grande/PB e Palmeira dos Índios/AL, o que representam 7,7% dos dias do período, e 6 ocorrências nas estações do estado de Pernambuco (Surubim, Caruaru e

Garanhuns), o que representam 6,6% dos dias do período nas duas primeiras estações, e 5% dos dias na última;

- Zona de Convergência Intertropical – ZCIT: as estações do estado da Paraíba foram as que apresentaram os maiores quantitativos de registros da ZCIT durante o período: foram 14 ocorrências em Areia e em Campina Grande. Pela proximidade das estações, bem como, pela ampla escala do sistema atmosférico, todos os registros ocorreram na mesma data em ambas as localidades. As estações de Santa Cruz/RN e Garanhuns/PE apresentaram 10 ocorrências, enquanto que Surubim/PE e Caruaru/PE apresentaram 9 registros e, por fim, Palmeira dos Índios/AL, 6 registros. Destaca-se que, mesmo sendo a estação localizada na porção setentrional da região, Santa Cruz/RN não apresentou o maior quantitativo de ocorrências da ZCIT durante o período, assim como ocorreu nos demais anos-padrão. No que tange à participação percentual do sistema, a estação apresenta a maior proporção, com atuação da ZCIT durante 16,7% dos dias do período;
- Ondas de Leste – OL: não houve registro de atuação deste sistema atmosférico na região durante o período;
- Repercussões de Frentes Frias – RFF: houve um registro de atuação de RFF na estação de Palmeira dos Índios/AL;
- Linhas de Instabilidade – LI: não foram registradas atuações do sistema atmosférico durante o período.

O Quadro 21 apresenta uma síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região durante o período.

Quadro 21 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o Período Pré-Chuvoso do ano-padrão Muito Seco – 2012.

Sistemas	Santa Cruz		Areia		Campina Grande		Surubim		Caruaru		Garanhuns		Palmeira dos Índios	
	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%
MEA	43	71,7	70	76,9	70	76,9	76	83,5	76	83,5	105	86,8	77	84,6
VCAN	7	11,7	7	7,7	7	7,7	6	6,6	6	6,6	6	5,0	7	7,7
ZCIT	10	16,7	14	15,4	14	15,4	9	9,9	9	9,9	10	8,3	6	6,6
OL	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
RFF	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	1,1
LI	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	60	100	91	100	91	100	91	100	91	100	121	100	91	100

Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

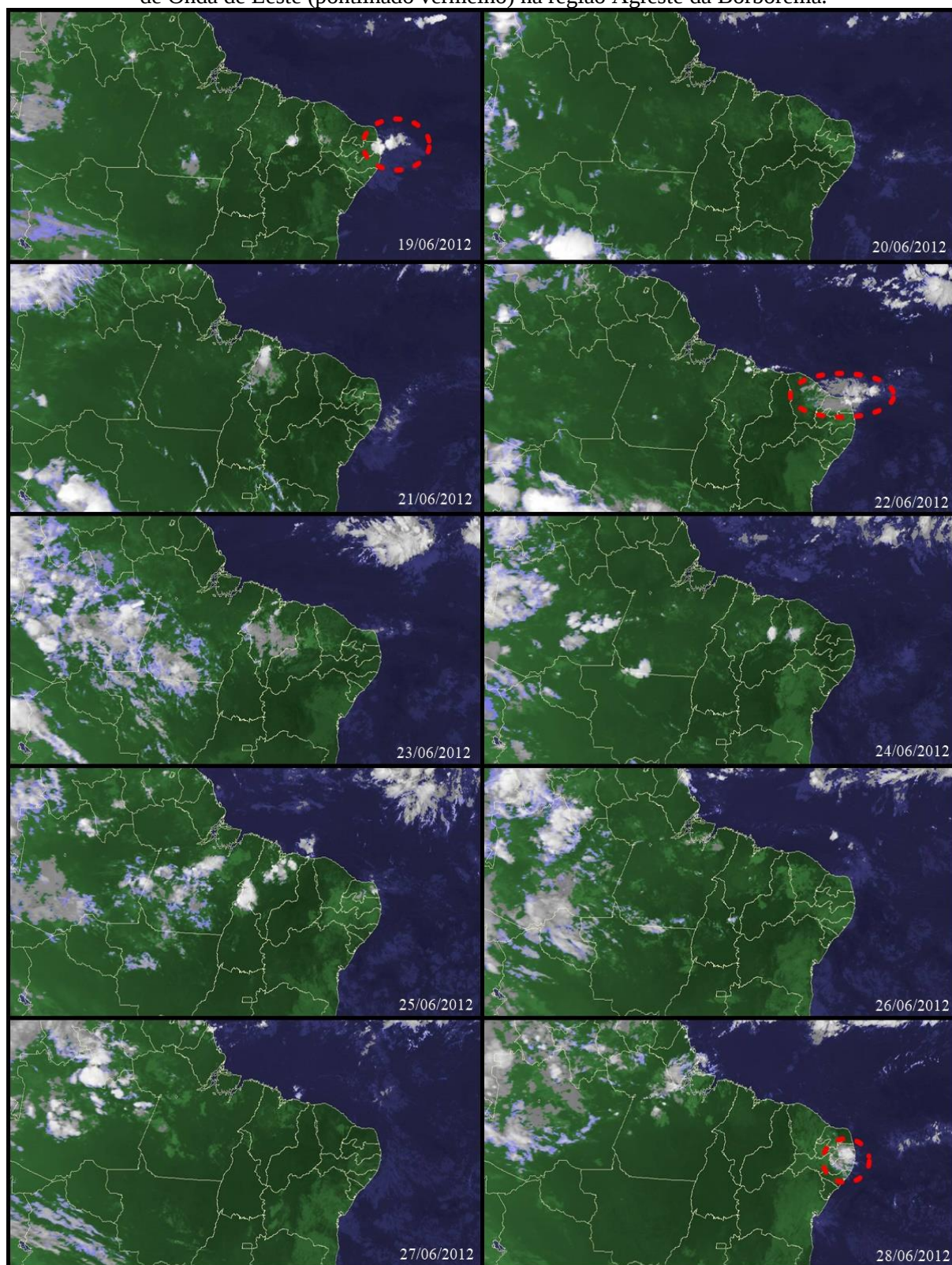
4.4.3.2. Análise do Período Chuvoso do ano-padrão Muito Seco - 2012

A seguir, são expostos os principais aspectos da atuação dos sistemas atmosféricos e das massas de ar durante o período chuvoso do ano-padrão Normal (2013).

- mEa: registra-se, neste período, aumento da participação da mEa em todas as estações estudadas, em comparação com o período pré-chuvoso. Os percentuais variam de 82,8% na estação de Santa Cruz/RN (com atuação durante 101 dias) a 93,4% na estação de Palmeira dos Índios/AL (114 dias de atuação). Tal predomínio da massa de ar na região durante este período provoca uma situação de estabilidade atmosférica, com poucas ocorrências de eventos pluviométricos;
- ZCIT: a Zona de Convergência Intertropical continua a figurar como o sistema atmosférico produtor de chuva com maior atuação na estação de Santa Cruz/RN: foram 13 dias de atuação, o que representa 10,7% dos dias do período. Nas demais estações, a ZCIT varia de 1 a 4 dias de atuação, o que representa, em termos percentuais de participação, de 0,8% a 3,3%. A estação de Garanhuns/PE não apresenta registro de atuação do sistema durante o período;
- OL: as Ondas de Leste configuram o sistema atmosférico produtor de chuva com a maior participação nas estações estudadas (com exceção da estação de Santa Cruz/RN, que registra 8 dias de atuação do sistema, o que representa 6,6% do total de dias do período, ou seja, 5 dias a menos que a ZCIT). As estações que apresentam as maiores quantidades de registros totais e percentuais são as de Campina Grande/PB e Surubim/PE, ambas com 12 registros diários e participação de 9,8% dos dias do período. Seguidamente, são registrados 11 dias de atuação nas estações de Areia/PB e de Caruaru/PE, 10 registros em Garanhuns/PE e 7 registros em Palmeira dos Índios/AL, com percentuais respectivos de 9,0%, 8,1% e 5,7%. Há uma distribuição consideravelmente mais uniforme dos registros de atuação deste sistema na região, ao contrário do que ocorreu durante o período pré-chuvoso, quando o sistema atuou com mais frequência nas estações paraibanas. Tal fato explica-se porque as Ondas de Leste atuam com mais frequência durante a estação chuvosa, sendo que seus primeiros registros ocorrem, habitualmente, na estação pré-chuvosa. Logo, com o aumento das ocorrências (escala temporal), o sistema se distribui, também, na escala espacial. Dentre as ocorrências de Ondas de Leste na região durante o período, destaca-se o episódio entre os dias 19/06/2012 e 28/06/2012, no qual foram registrados parte dos eventos pluviométricos mais significativos nas estações de Santa Cruz/RN, Areia/PB e

Campina Grande/PB. No episódio, foram registradas três ocorrências do sistema (nos dias 19/06/2012, 22/06/2012 e 28/06/2012), conforme é apresentado na Figura 20.

Figura 20 – Imagens de satélite entre os dias 19/06/2012 e 28/06/2012 mostrando a evolução de uma de Onda de Leste (pontilhado vermelho) na região Agreste da Borborema.



Fonte: CPTEC/INPE, 2019.

No período, foram registrados 50% dos maiores eventos do ano na estação de Santa Cruz/RN (um evento de 24,8 mm, registrado no dia 22/06/2012, o maior registro de chuva durante o ano), 25% dos maiores eventos do ano na estação de Areia/PB (quatro eventos, a saber: 97,4 mm no dia 28/06/2012, maior registro do ano para a estação, 50,8 mm no dia 19/06/2012, 38,6 mm no dia 25/05/2012 e 23,2 mm no dia 22/06/2012) e 66,6% dos maiores eventos do ano na estação de Campina Grande/PB, que, assim como Areia/PB, apresentou quatro eventos, porém com menor intensidade (73,4 mm no dia 28/06/2012, sendo o maior registro pluviométrico do ano, 39,4 mm no dia 25/06/2012, 30,6 mm no dia 19/06/2012 e 24,8 mm no dia 22/06/2012; no que tange aos valores pluviométricos acumulados durante o episódio nas estações, tem-se os seguintes registros: 24,8 mm em Santa Cruz/RN, 210,0 mm em Areia/PB e 168,2 mm em Campina Grande. Desta forma, os registros pluviométricos apresentados durante o episódio representam uma contribuição substancial para as chuvas acumuladas durante o ano, sobretudo nas estações paraibanas de Areia e Campina Grande;

- VCAN, RFF e LI: não houve registros de atuação de tais sistemas na área de estudo durante o período em tela;

O Quadro 22 apresenta uma síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região durante o período.

Quadro 22 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o Período Chuvoso do ano-padrão Muito Chuvoso – 2011.

Sistemas	Santa Cruz		Areia		Campina Grande		Surubim		Caruaru		Garanhuns		Palmeira dos Índios	
	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%
MEA	101	82,8	107	87,7	107	87,7	107	87,7	109	89,3	113	91,9	114	93,4
VCAN	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
ZCIT	13	10,7	4	3,3	3	2,5	3	2,5	2	1,6	0	0,0	1	0,8
OL	8	6,6	11	9,0	12	9,8	12	9,8	11	9,0	10	8,1	7	5,7
RFF	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
LI	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	122	100	122	100	122	100	122	100	122	100	123	100	122	100

Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

4.4.3.3. Análise do Período Seco do ano-padrão Muito Seco - 2012

Os principais aspectos sobre a atuação dos sistemas atmosféricos e das massas de ar que apresentaram atuação durante o período seco do ano-padrão muito seco (2012) serão destacados a seguir:

- mEa: a Massa Equatorial Atlântica atuou durante todos os dias do período em todas as estações utilizadas nesta pesquisa, excetuando, nesta conjuntura, as estações de Santa Cruz/RN e Palmeira dos Índios/AL, cuja atuação ocorreu durante 182 dias na primeira e 151 dias na segunda, o que representa, em dados percentuais, 98,9% e 98,7% dos dias do período, respectivamente;
- OL: foram registradas duas ocorrências de Ondas de Leste na estação de Santa Cruz/RN. O sistema atmosférico apresentou atuação durante os dias 02/07/2013 e 13/07/2013 (registra-se que tal período corresponde ao quadrimestre chuvoso nas demais estações), com registros pluviométricos de 23,2 mm no primeiro dia de atuação e de 12,2 mm no segundo dia;
- RFF: foram registradas duas ocorrências de Repercussões de Frentes Frias na estação de Palmeira dos Índios/AL nos dias 22/11/2013 e 23/11/2013. Embora tenha sido apresentada mudança nos padrões dos ventos e na nebulosidade durante os dias de atuação do referido sistema atmosférico, não houve registro de chuva durante o episódio;
- VCAN, ZCIT e LI: assim como no mesmo período durante os anos de 2011 e 2013 (ano-padrão Muito Chuvoso e ano-padrão Normal, respectivamente), esses três sistemas atmosféricos não registraram atuação, o que configura, portanto, um comportamento padrão da dinâmica atmosférica para a região.

Para finalizar a análise da atuação dos sistemas atmosféricos e massas de ar na região Agreste da Borborema durante o Período Seco do ano-padrão Muito Seco (2012), o Quadro 23 apresenta uma síntese das ocorrências.

Quadro 23 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o Período Chuvoso do ano-padrão Muito Chuvoso – 2011.

Sistemas	Santa Cruz		Areia		Campina Grande		Surubim		Caruaru		Garanhuns		Palmeira dos Índios	
	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%
MEA	182	98,9	153	100,0	153	100,0	153	100,0	153	100,0	122	100,0	151	98,7
VCAN	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
ZCIT	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
OL	2	1,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
RFF	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	1,3
LI	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	184	100	153	100	153	100	153	100	153	100	122	100	153	100

Fonte: INMET (209). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

4.4.3.4. Síntese da atuação dos sistemas atmosféricos e massas de ar durante o ano-padrão Muito Seco - 2012

Após a explanação da frequência de atuação dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região durante os períodos pluviométricos específicos (período pré-chuvoso, período chuvoso e período seco), será sintetizada nos próximos parágrafos a atuação desses sistemas durante todo o ano de 2012, classificado neste trabalho como ano-padrão muito seco devido à anormalidade negativa de seu acumulado de precipitação. Nesse sentido, o Quadro 24 apresenta os dados que se referem aos quantitativos dos sistemas atmosféricos e das massas de ar, com exibição dos totais (em dias) e a participação percentual de cada sistema, tendo como referência o ano de 2012.

Quadro 24 – Síntese das ocorrências dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema durante o ano-padrão Muito Seco – 2012.

Sistemas	Santa Cruz		Areia		Campina Grande		Surubim		Caruaru		Garanhuns		Palmeira dos Índios	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
MEA	328	89,6	336	91,8	337	92,1	347	94,8	349	95,4	349	95,4	348	95,1
VCAN	7	1,9	7	1,9	7	1,9	6	1,6	6	1,6	6	1,6	7	1,9
ZCIT	25	6,8	17	4,6	17	4,6	11	3,0	10	2,7	10	2,7	7	1,9
OL	6	1,6	6	1,6	5	1,4	2	0,5	1	0,3	1	0,3	0	0,0
RFF	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	4	1,1
LI	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	366	100,0	366	100	366	100	366	100	366	100	366	100	366	100

Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

A Massa Equatorial Atlântica apresentou atuação predominante em todas as estações, com variação de frequência percentual entre 89,6% dos dias na estação de Santa Cruz/RN (única a registrar atuação da mEa em menos de 90% dos dias do ano) a 95,4% dos dias nas estações pernambucanas de Caruaru e Garanhuns. Trata-se, assim, do ano-padrão com o maior registro de atuação da mEa, seja na quantidade geral de dias, seja na proporção de participação da massa de ar. Tal fato significa dizer que o ano em análise apresentou mais dias de condição estável na atmosfera, o que, consequentemente, provocou mais dias secos e sem geração de nuvens de chuva no Agreste da Borborema.

A Zona de Convergência Intertropical apresentou 97 registros de atuação entre as estações (15 ocorrências a mais do que o registrado durante o ano-padrão Normal, 2013), configurando, portanto, o segundo sistema atmosférico mais atuante (sendo o primeiro sistema atmosférico produtor de chuva em registro de atuação). A estação de Santa Cruz/RN

apresentou a maior quantidade de ocorrências (foram 25 ocorrências, o que representa 25,7% da atuação do sistema na região e 6,8% dos dias do ano), seguida pelas estações paraibanas de Areia e Campina Grande, que registraram 17 ocorrências, estas que representam 4,6% dos dias do ano. A estação de Surubim/PE apresentou 11 ocorrências (3,0% dos dias do ano), enquanto que as estações pernambucanas de Caruaru e Garanhuns apresentaram 10 ocorrências (2,7% dos dias do ano). Por fim, a estação de Palmeira dos Índios/AL apresentou 7 ocorrências, o que representa 1,9% dos dias do ano. Por ser um sistema atmosférico de baixa latitude, a ZCIT apresenta maior atuação nas estações localizadas no setor norte da região, comportamento que se repete na análise dos três anos-padrão.

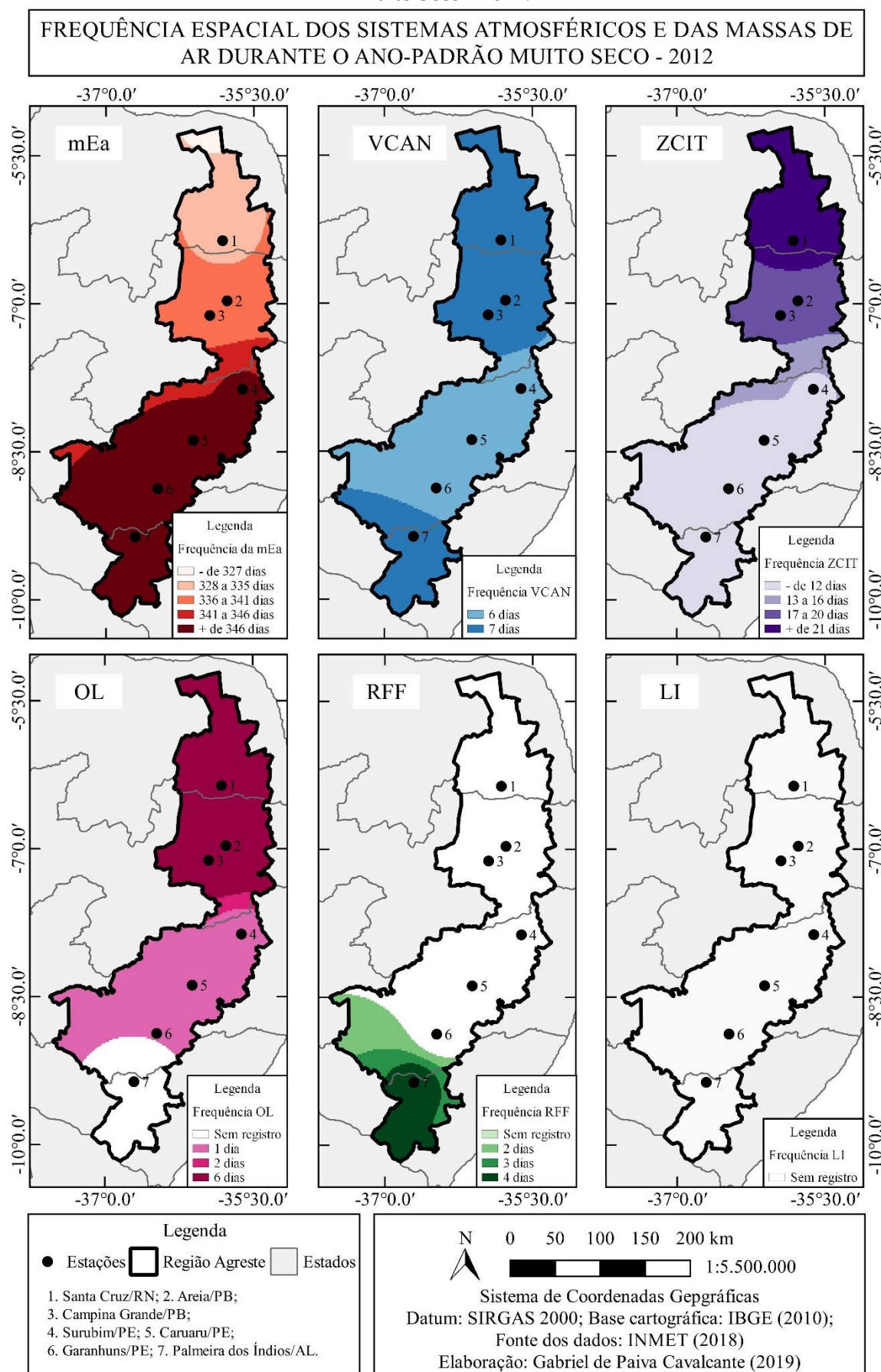
Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis se apresentam como o segundo sistema atmosférico produtor de chuva mais atuante na região, sendo o terceiro mais atuante de forma geral. Foram registradas 46 ocorrências (a maior quantidade dentre os anos-padrão, superando o ano-padrão muito chuvoso (2011), que registrou 35 ocorrências entre as estações e o ano-padrão normal (2013), com 33 registros entre as estações). A distribuição espacial do sistema ocorreu de forma bastante homogênea, com 7 ocorrências nas estações de Santa Cruz/RN, Areia/PB, Campina Grande/PB e Palmeira dos Índios/AL. As estações pernambucanas, por sua vez, apresentaram seis ocorrências (Surubim, Caruaru e Garanhuns). Desta forma, a participação dos VCANs nos tipos de tempo variou entre 1,6% e 1,9% dos dias do ano.

As Ondas de Leste apresentaram redução bastante relevante no que tange à comparação aos demais anos-padrão. Foram 21 ocorrências entre as estações durante o ano de 2012, enquanto que em 2011 e 2013 foram registradas 87 ocorrências. Tal fato apresenta-se como determinante na redução da precipitação na região durante o ano de 2012, o que impulsionou os registros de chuva para abaixo da média. Nesse sentido, foram registradas seis ocorrências de OL nas estações de Santa Cruz/RN e Areia/PB, cinco ocorrências na estação de Campina Grande/PB, duas ocorrências em Surubim/PE e uma ocorrência nas estações pernambucanas de Caruaru e Garanhuns. Não houve registro de atuação do sistema atmosférico na estação de Palmeira dos Índios/AL.

As Repercussões de Frentes Frias, assim como as Ondas de Leste, apresentaram redução substancial de atuações, sobretudo quando se compara ao ano-padrão normal (2011), que apresentou 31 ocorrências. Foram registradas apenas quatro ocorrências, todas na estação de Palmeira dos Índios/AL, o que representa 1,1% dos dias do ano.

As Linhas de Instabilidade, por sua vez, não apresentaram registro de atuação durante o ano de 2012. A Figura 21 mostra a espacialização de cada sistema atmosférico e massa de ar atuante na região durante o ano-padrão Muito Seco.

Figura 21 – Frequência espacial dos sistemas atmosféricos e das massas de ar durante o ano-padrão Muito Seco - 2012.



4.4.3.5. Ritmo dos atributos climáticos durante o ano-padrão Muito Seco - 2012

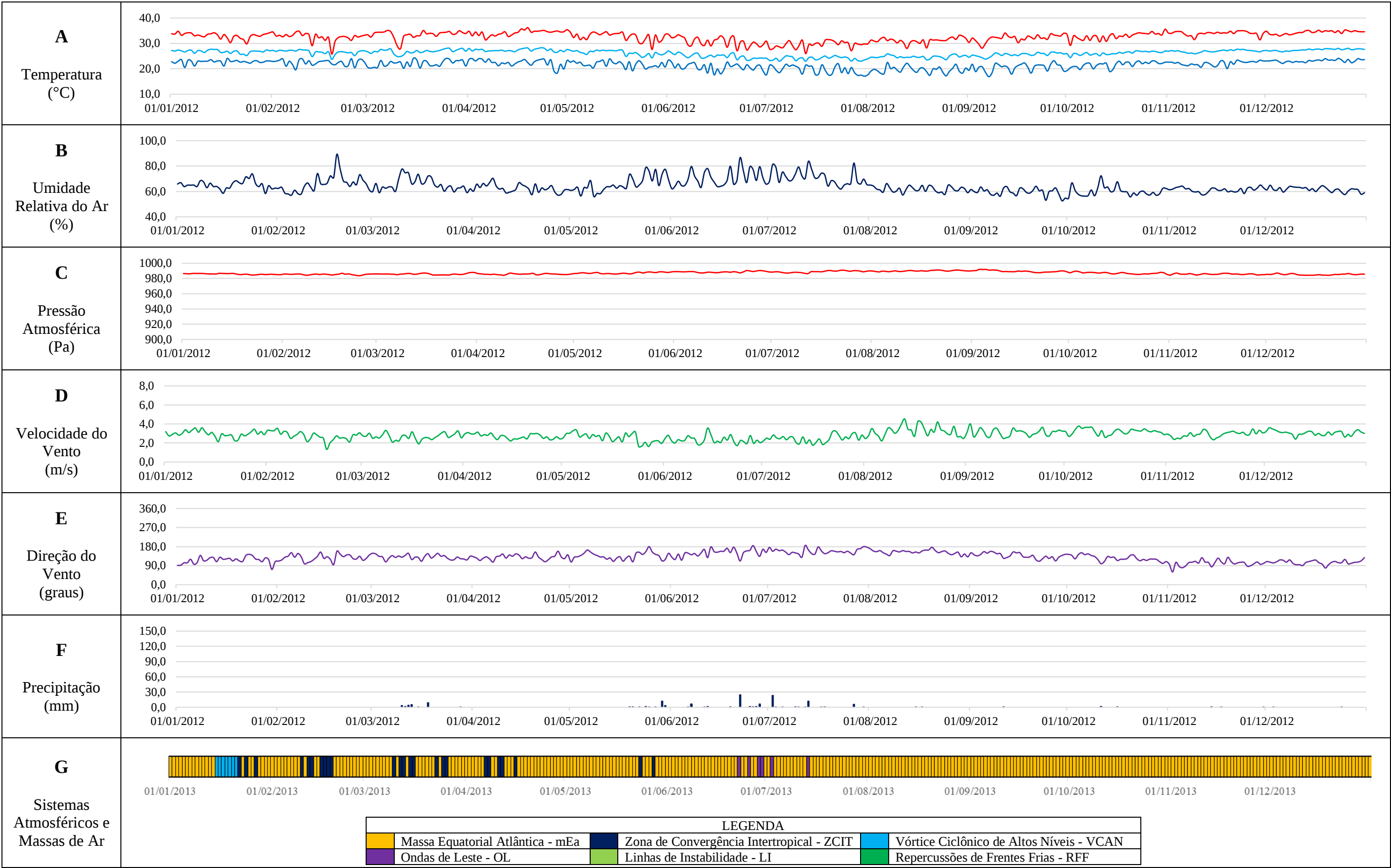
As Pranchas 16, 17, 18, 19, 20, 21 e 22 apresentam os dados diários dos seguintes atributos climáticos: temperatura máxima, temperatura média compensada, temperatura mínima, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, velocidade do vento, direção do vento, precipitação e ocorrência dos sistemas atmosféricos e das massas de ar das estações de Santa Cruz/RN, Areia/PB, Campina Grande/PB, Surubim/PE, Caruaru/PE, Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL, de forma respectiva.

São apresentados na Prancha 16 os dados que concernem à estação de Santa Cruz/RN. No Gráfico A da Prancha 16 estão disponíveis os dados de temperatura máxima, temperatura média e temperatura mínima, cujos picos de registro variam entre 16,9 °C (temperatura mínima do dia 07/09/2012) e 36,2 °C (temperatura máxima do dia 19/04/2012). Observa-se no gráfico um curto período no qual as temperaturas apresentam redução, em comparação aos demais períodos do ano: trata-se dos meses de junho, julho e agosto, quando são registradas, por exemplo, diversas ocorrências de temperaturas máximas diárias abaixo dos 30,0 °C. Não obstante a tal característica, a menor temperatura máxima diária do ano ocorreu no dia 19/02/2012, com registro de 25,8 °C.

Os dados de umidade relativa do ar estão plotados no Gráfico B da Prancha 16. Observa-se uma concentração de registros em torno de 60% de umidade na maioria dos meses do ano, principalmente entre agosto e dezembro. O maior registro do ano ocorreu no dia 19/02/2012 (mesmo dia no qual foi registrada a menor temperatura máxima do ano), com 89,3% de umidade. Por outro lado, a menor umidade diária no ano ocorreu em 29/09/2012, com registro de 52,6%. No que diz respeito aos dados de pressão atmosférica (Gráfico C da Prancha 16), os registros ocorrem com uma tendência de crescimento entre os meses de janeiro e agosto, passando a apresentar queda a partir de setembro. Assim, o menor registro de pressão atmosférica foi de 983,7 Pa, ocorrido no dia 24/02/2012, enquanto que o maior registro ocorreu no dia 04/09/2012, quando foram registrados 991,9 Pa. A velocidade do vento (Gráfico D da Prancha 16) variaram entre 1,3 m/s (19/02/2012) a 4,5 m/s (13/08/2012), enquanto que a direção do vento (Gráfico E da Prancha 16) variou entre 60,2° (02/11/2012) e 185,3° (12/07/2012).

Os dados de precipitação, dispostos no Gráfico F da Prancha 16, mostram que apenas dois eventos superaram os 20,0 mm de chuva, a saber: 24,8 mm em 22/06/2012 e 23,2 mm no dia 02/07/2012. Tais eventos, de acordo com o Gráfico G da Prancha 16, foram influenciados pela atuação das Ondas de Leste.

Prancha 16 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Seco (2012) em Santa Cruz/RN.



Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

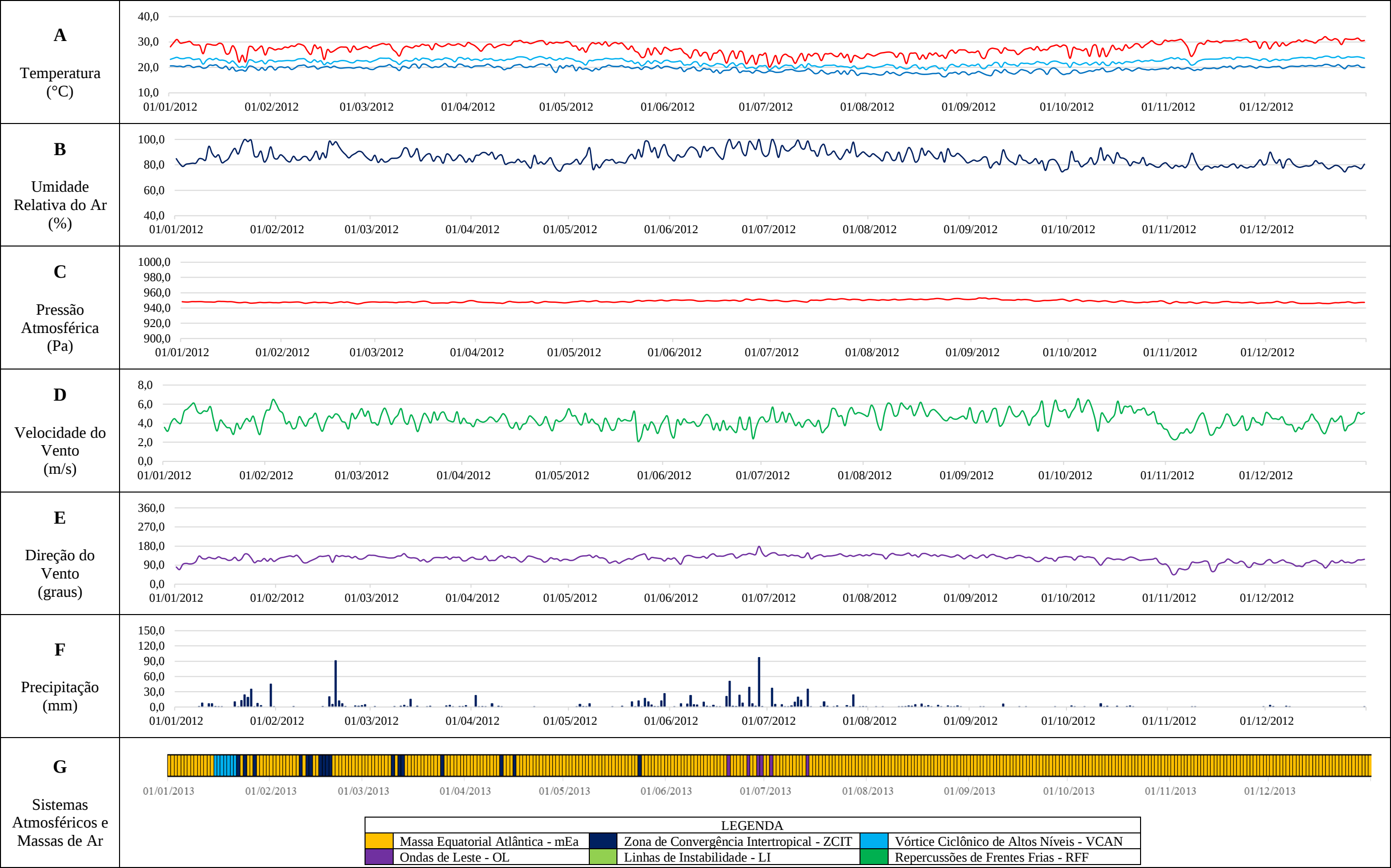
A Prancha 17 exibe os dados concernentes à estação de Areia/PB. No Gráfico A da Prancha 17 estão plotados os registros de temperatura do ar (máxima, média e mínima). Nos períodos de maiores registros térmicos, as máximas ocorreram em torno de 30,0 °C (o maior registro ocorreu no dia 19/12/2012, com 32,1 °C). Ainda no que tange às temperaturas máximas, são observados dois períodos nos quais a temperatura máxima apresenta redução: o primeiro período ocorre entre o início do ano e meados de abril, quando as temperaturas apresentam leve tendência de permanecer abaixo dos 30,0 °C; já o segundo período apresenta reduções mais severas, e ocorre entre o fim do mês de maio e meados de outubro, com destaque para a menor temperatura máxima do ano de 2012 (registro de 20,6 °C no dia 04/07/2012). Já os registros de temperaturas mínimas apresentam o mesmo comportamento das máximas, porém, com intensidade de variação inferior. O menor registro foi de 16,4 °C e ocorreu no dia 25/08/2012.

Os registros de umidade relativa do ar em Areia/PB (Gráfico B da Prancha 17) ocorreram sempre acima dos 70%. O menor registro ocorreu no dia 29/09/2012, quando a umidade ficou em 74,6%. Já o valor máximo de 100% foi alcançado em quatro dias, a saber: 22/01/2012, 19/06/2012, 28/06/2012 e 02/07/2012. Nota-se, assim, que a característica de manter a umidade relativa do ar em altos patamares foi mantida na estação de Areia/PB, mesmo durante a ocorrência de um ano caracterizado como Muito Seco.

A pressão atmosférica (Gráfico C da Prancha 17) registrou valores entre 945,3 Pa e 953 Pa. Já com relação aos dados sobre vento (velocidade no Gráfico D e direção no Gráfico E da Prancha 17), ocorrem de acordo com os seguintes registros: a velocidade, assim como nos demais anos-padrão, é bastante variável entre os dias, com registros que ocorrem de 2,1 m/s a 6,6 m/s, sem apresentação de tendência temporal ou vinculado a atuação de determinados sistemas atmosféricos; a direção do vento apresenta variação diária menos relevante, com registros entre 47,3° (direção registrada no dia 02/11/2012) e 178,5° (registro do dia 28/06/2012). O período de maior instabilidade na direção dos ventos ocorre a partir do mês de novembro, quando o atributo climático passa a receber influência das repercussões dos sistemas frontais.

Os dados de precipitação, disponíveis no Gráfico F da Prancha 10, identificam dois eventos acima dos 90,0 mm, a saber: 97,4 mm, que ocorreu no dia 28/06/2012 e 91,0 mm, que ocorreu no dia 19/02/2012. Destacam-se, ainda, os eventos de 44,8 mm e 50,8 mm, que ocorreram, respectivamente, nos dias 30/01/2012 e 19/06/2012. Tais eventos ocorreram durante períodos distintos, nos quais atuam a Zona de Convergência Intertropical e as Ondas de Leste, conforme aponta o Gráfico G da Prancha 17.

Prancha 17 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Seco (2012) em Areia/PB.



Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

Os dados referentes à estação de Campina Grande/PB estão plotados na Prancha 18. Antes de iniciar a análise de cada atributo climático, destaca-se que os registros que concernem ao vento (velocidade e direção) não apresentam consistência (no caso da velocidade do vento, tais registros ocorrem a partir do mês de março, enquanto que os registros de direção não foram obtidos em nenhum dia do ano).

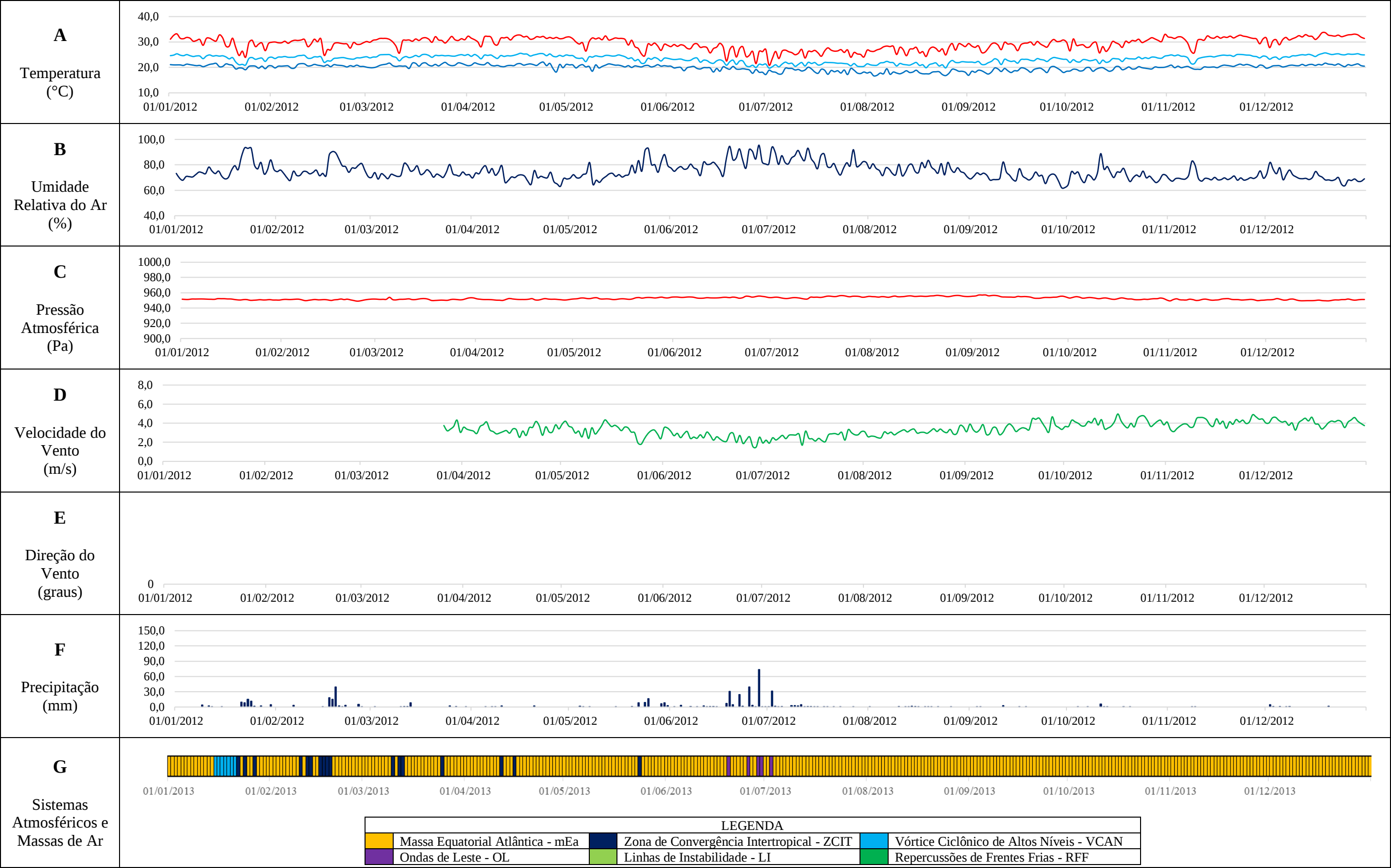
No Gráfico A da Prancha 18 constam os dados de temperatura máxima, temperatura média e temperatura mínima. O maior registro de temperatura máxima ocorreu no dia 19/12/2012, com 33,7 °C, enquanto que no dia 25/08/2012 ocorreu o menor registro de temperatura mínima (16,8 °C). Nota-se uma redução das temperaturas durante os meses de junho e meados de setembro, época de atuação de sistemas atmosféricos produtores de chuva, sobretudo as Ondas de Leste. Por outro lado, nos meses de março, maio e dezembro ocorreram os episódios mais longos de estabilidade atmosférica, com registros de temperatura máxima acima dos 30,0 °C, na maioria dos dias.

A umidade relativa do ar (Gráfico B da Prancha 18) apresentou quantitativos percentuais sempre acima dos 60% (os registros variaram 62%, percentual do dia 29/09/2012 e 95,5%, registro do dia 28/06/2012). Corroborando aos dados de temperatura, os maiores registros de umidade relativa do ar ocorreram no meio do ano, principalmente durante o mês de junho, com diversos registros acima dos 80%.

Já os registros de pressão atmosférica (Gráfico C da Prancha 18) ocorrem entre 949 Pa e 957,1 Pa, com um crescimento perceptível entre janeiro e agosto, passando a apresentar queda de setembro a dezembro. A velocidade do vento, conforme é apresentada no Gráfico D da Prancha 18, não apresenta dados entre janeiro e março; seus registros variam de 1,5 m/s (registro do dia 29/06/2012) a 5,0 m/s (registro do dia 17/10/2012). Os dados de direção do vento (Gráfico E da Prancha 18) não estão disponíveis na estação automática de Campina Grande/PB, provavelmente devido a falhas no sistema de coleta.

Dos seis eventos pluviométricos acima dos 20,0 mm registrados na estação de Campina Grande/PB, cinco deles ocorreram durante um episódio de atuação sucessiva das Ondas de Leste na região. Tal episódio ocorreu entre os dias 19/06/2012 a 02/07/2012, com os seguintes eventos: 30,6 mm no dia 19/06/2012; 24,8 mm no dia 22/06/2012; 39,4 mm no dia 25/06/2012; 73,4 mm no dia 28/06/2012, configurando o evento mais significativo da estação durante o ano; e 31,2 mm no dia 02/07/2012. Somando tais eventos aos demais dias do episódio, foram registrados 219,0 mm de chuva durante os seus 16 dias de duração. Além desses eventos, destaca-se, também, a ocorrência de 39,2 mm registrada no dia 19/02/2012, provocada pela ocorrência da Zona de Convergência Intertropical (Gráfico G da Prancha 18).

Prancha 18 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Seco (2012) em Campina Grande/PB.



Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

Na Prancha 19, estão inseridos os dados referentes à estação de Surubim/PE. O Gráfico A mostra que as temperaturas ocorreram de 15,8 °C, temperatura mínima do dia 24/07/2012 a 34,3 °C, temperatura máxima registrada no dia 18/04/2012. Também merecem ser mencionados os registros que ocorreram de forma anômala, se comparados aos dias antecedentes e subsequentes, a saber: 22,6 °C no dia 22/01/2012, dia de atuação da Zona de Convergência Intertropical, e 24,9 °C no dia 08/11/2012.

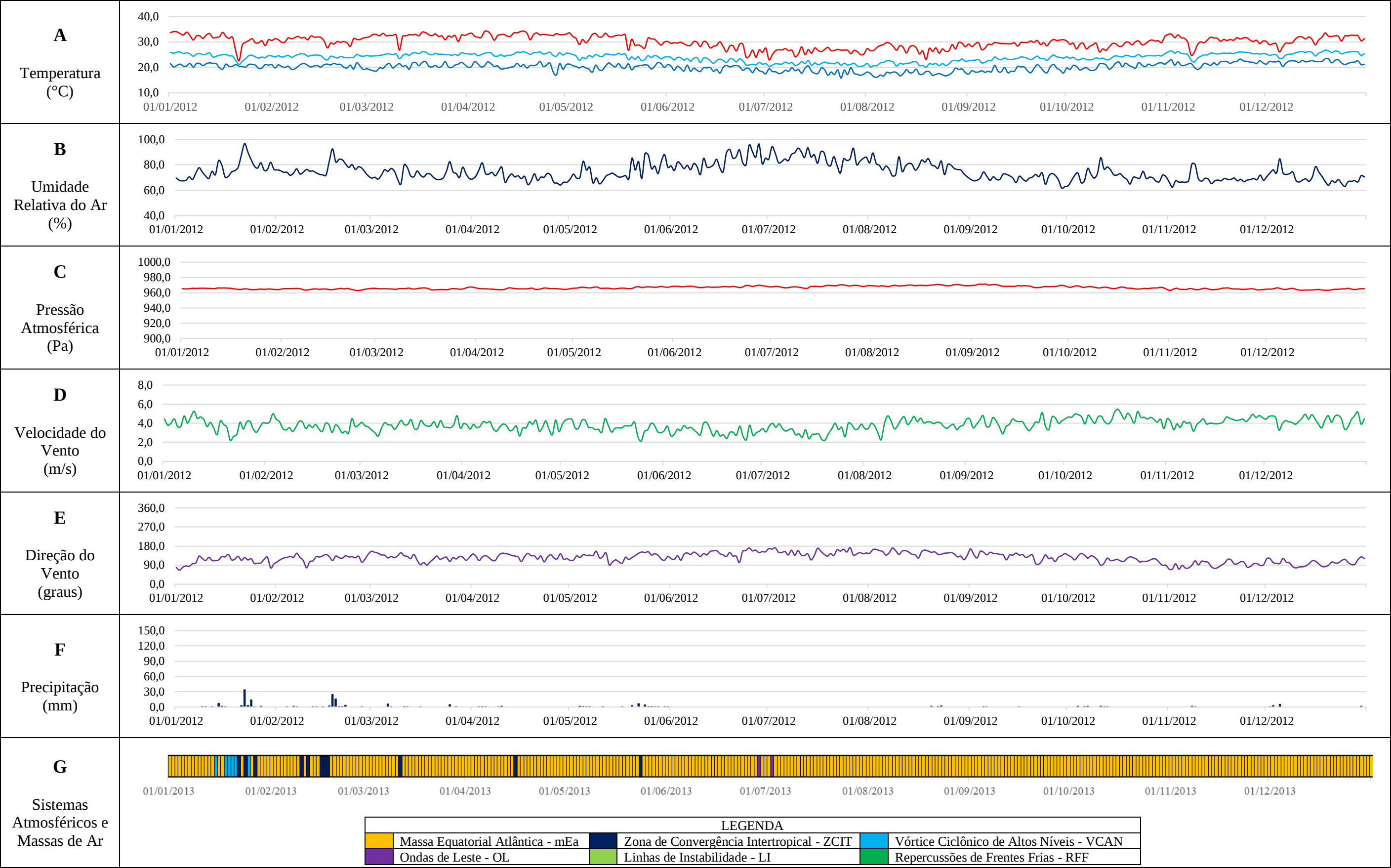
No Gráfico B da Prancha 19 estão plotados os dados de umidade relativa do ar, que ocorrem sempre acima dos 60% durante o ano. Os maiores registros ocorrem entre junho e agosto, período de atuação mais frequente das Ondas de Leste na região, porém, também são registrados picos de janeiro a março e entre novembro e dezembro, períodos de atuação da Zona de Convergência Intertropical e das Repercussões de Frentes Frias, respectivamente. Nessa perspectiva, o menor registro de umidade relativa do ar foi de 61,7% no dia 29/09/2012, enquanto que o maior foi de 96,8%, no dia 22/01/2012. O Gráfico C mostra que a pressão atmosférica varia entre 963 Pa e 971,4 Pa. Já os Gráficos D e E indicam as características do vento na estação (velocidade e direção, respectivamente). No que tange à velocidade, os dados variam de 2,1 m/s a 5,5 m/s; já com relação à direção, a variação ocorre entre 65,8° e 172,5°, com manutenção de certa regularidade na variação diária.

Os dados de chuva, plotados no Gráfico F da Prancha 19, indicam apenas dois eventos acima dos 20,0 mm: 24,4 mm no dia 18/02/2012 e 33,8 mm no dia 22/01/2012 (ressalta-se que existe uma falha entre os meses de junho e julho, período que registram-se eventos pluviométricos relevantes). Tais eventos vinculam-se à atuação da Zona de Convergência Intertropical, conforme aponta o Gráfico H da Prancha 19.

Já a Prancha 20 apresenta os dados da estação de Caruaru/PE. Conforme apresentam-se no Gráfico A, as temperaturas ocorreram entre 11,9 °C (temperatura mínima do dia 28/04/2012) e 34,7 °C (temperatura máxima do dia 31/10/2012). A umidade relativa do ar (Gráfico B) ocorreu sempre acima dos 60% (exceto o dia 25/12/2012, que apresentou registro de 58,7%). O pico deste atributo climático ocorreu no dia 02/07/2012, com registro de 90,5%. A pressão atmosférica (Gráfico C) variou de 946,4 Pa a 954,8 Pa, enquanto que os dados de velocidade do vento (Gráfico D) variaram de 1,2 m/s a 5,5 m/s, com diferenças notáveis entre os dias, e os de direção do vento (Gráfico E) ocorreram entre 191,2° e 298,8°.

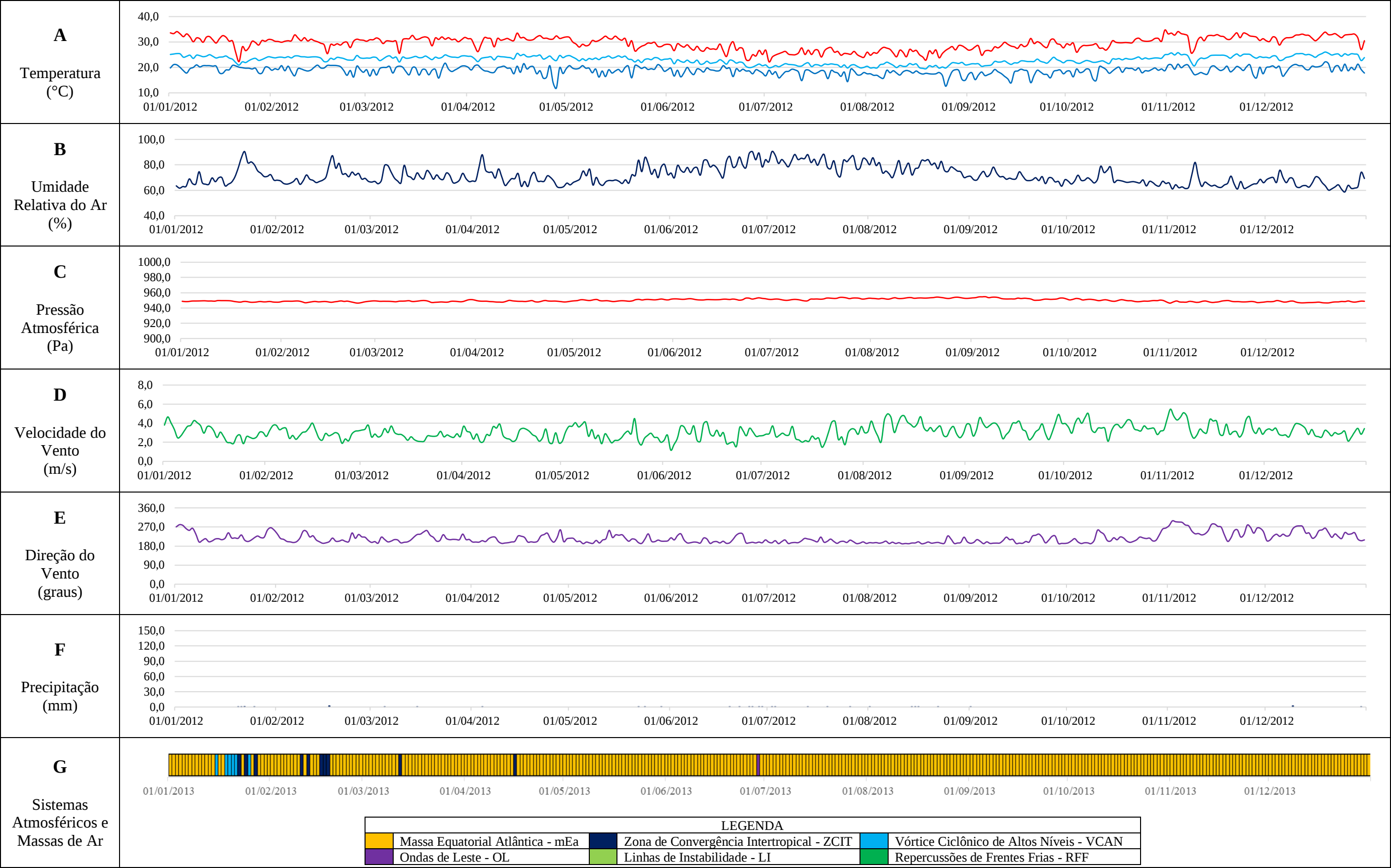
De acordo com o Gráfico F da Prancha 20, não houve registro pluviométrico relevante durante o ano de 2012, embora tenham sido detectadas nebulosidades características de sistemas atmosféricos produtores de chuva, como a Zona de Convergência Intertropical e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis no início do ano (Gráfico G da Prancha 20).

Prancha 19 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Seco (2012) em Surubim/PE.



Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

Prancha 20 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Seco (2012) em Caruaru/PE. Fonte:



A Prancha 21 exibe os dados referentes a estação pernambucana de Garanhuns. No Gráfico A, constam as temperaturas (máxima, média e mínima), cujas registros variam de 14,2 °C, temperatura mínima do dia 23/07/2012 a 33,4 °C, temperatura máxima registrada no dia 04/11/2012. Os menores registros ocorrem de junho a agosto, período de atuação mais frequente das Ondas de Leste. A umidade relativa do ar (Gráfico B) ocorre sempre com registros acima dos 60%, com pico 96% no dia 31/07/2012.

No Gráfico C da Prancha 21 constam os registros de pressão atmosférica, cujas ocorrências variaram entre 918,9 e 927,6 Pa. A velocidade do vento (Gráfico D da Prancha 21) ocorre entre 1,2 m/s e 7,2 m/s, enquanto que a direção do vento (Gráfico E da Prancha 21), ocorre entre 34,6° e 166,6°, apresentando variações substanciais entre os dias.

É mostrado no Gráfico F da Prancha 21 que, assim como em Caruaru/PE, não houve registros pluviométricos acima dos 20,0 mm durante o ano de 2012, mesmo com detecção de atuação de sistemas atmosféricos como a Zona de Convergência Intertropical e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (como observa-se no Gráfico G da Prancha 21). O maior evento de chuva durante o ano ocorreu no dia 21/07/2012, com registro de 18,8 mm.

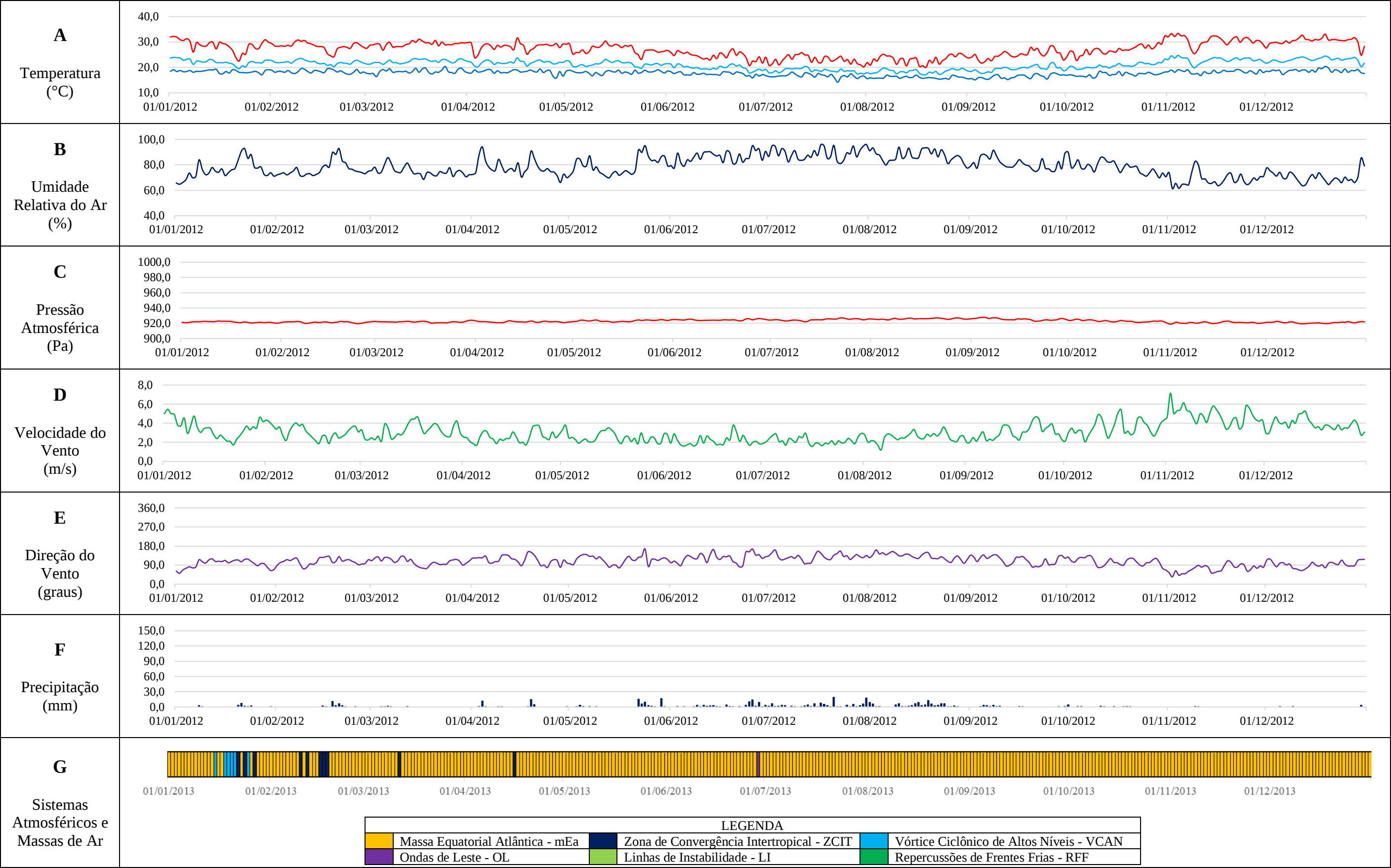
Em conclusão da análise diária dos tipos de tempo durante o ano-padrão Muito Seco (2012), expõem-se na Prancha 22 os dados referentes aos atributos climáticos para a estação de Palmeira dos Índios/AL. Observa-se uma pequena falha nos dias 25 e 26/05/2012, mas que não impede a análise da sucessão dos tipos de tempo devido a sua curta duração.

No Gráfico A da Prancha 22 disponibilizam-se os dados de temperatura do ar (máxima, média e mínima). Tais registros variam entre 16,0 °C (temperatura mínima dos dias 23/07/2012 e 02/09/2012) e 38,2 °C (temperatura máxima do dia 04/11/2012). Já no Gráfico B estão inseridos os dados de umidade relativa do ar, que variam entre 50,6% (registro do dia 06/11/2012) e 99,7% (ocorrência do dia 17/07/2012).

A pressão atmosférica, cujos dados estão no Gráfico C da Prancha 22, ocorre entre 977,6 e 988,7 Pa, enquanto que os dados de velocidade do vento (Gráfico E da Prancha 22) ocorrem entre 0,6 m/s e 5,0 m/s. Já a direção do vento (Gráfico F da Prancha 22) ocorre de maneira relativamente uniforme durante o ano, assim como nos outros anos de análise desta pesquisa, com ocorrência dos extremos entre 65,5° e 195,5°.

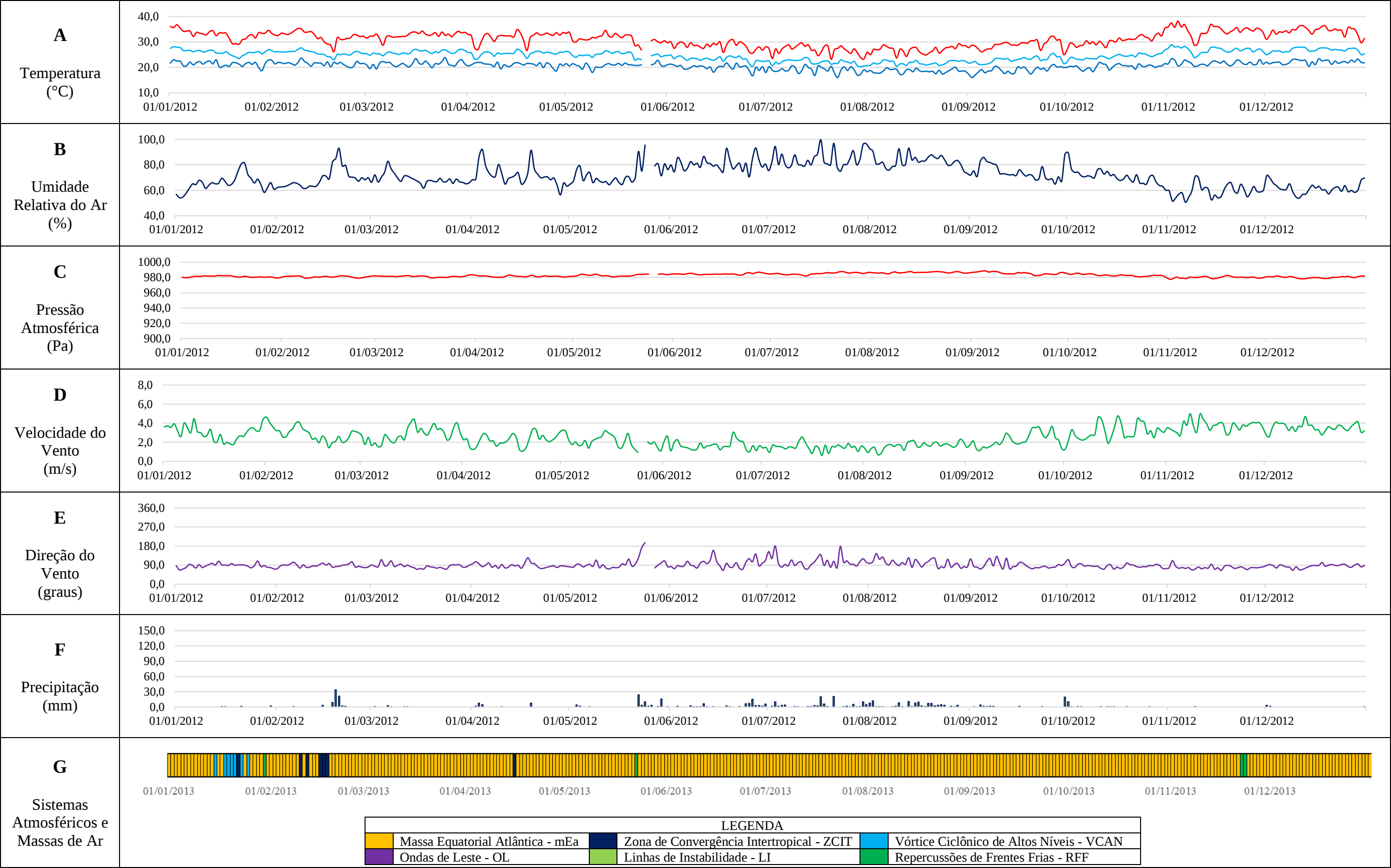
Por fim, apresentam-se no Gráfico F da Prancha 22, os dados de chuva. Foram registrados cinco eventos acima dos 20,0 mm, a saber: 20,4 mm no dia 17/07/2012; 20,6 mm no dia 21/07/2012, 21,4 mm no dia 20/02/2012, 24,2 mm no dia 22/05/2012 e 33,8 mm no dia 19/02/2012. Tais eventos são influenciados pela atuação da Zona de Convergência Intertropical e das Ondas de Leste, conforme aponta o Gráfico G da Prancha 22.

Prancha 21 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Seco (2012) em Garanhuns/PE.



Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

Prancha 22 – Ritmo dos atributos climáticos durante ano-padrão Muito Seco (2012) em Palmeira dos Índios/AL.



Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

4.4.3.6. Eventos de chuva intensa durante o ano-padrão Muito Seco - 2012

Foram registrados 31 eventos de chuva acima dos 20,0 mm nas sete estações pesquisadas (59 eventos a menos do que o registrado durante 2011, o ano-padrão Muito Chuvoso, o que significa uma redução de 65,5% no quantitativo de eventos, e 24 eventos a menos do que o registrado durante 2013, o ano-padrão Normal, ou seja, redução de 43,6% da quantidade de eventos. Nesse sentido, o ano-padrão Muito Seco apresenta tal característica além do acumulado total de chuva, sendo perceptível, portanto, na quantidade de eventos de chuva.

O Quadro 25 expõe a ocorrência de cada evento por estação, bem como, a quantidade geral. A estação de Areia/PB, assim como nos demais anos-padrão, apresenta a maior quantidade de registros (16 eventos, o que representa 51,6% dos eventos acima dos 20,0 mm de toda a região). Em seguida, a estação de Campina Grande apresenta seis registros, enquanto que Palmeira dos Índios/AL registra cinco eventos. Nas estações de Santa Cruz/RN e Surubim/PE, ocorrem dois eventos. Por outro lado, não há registros pluviométricos acima dos 20,0 mm nas estações pernambucanas de Caruaru e Garanhuns.

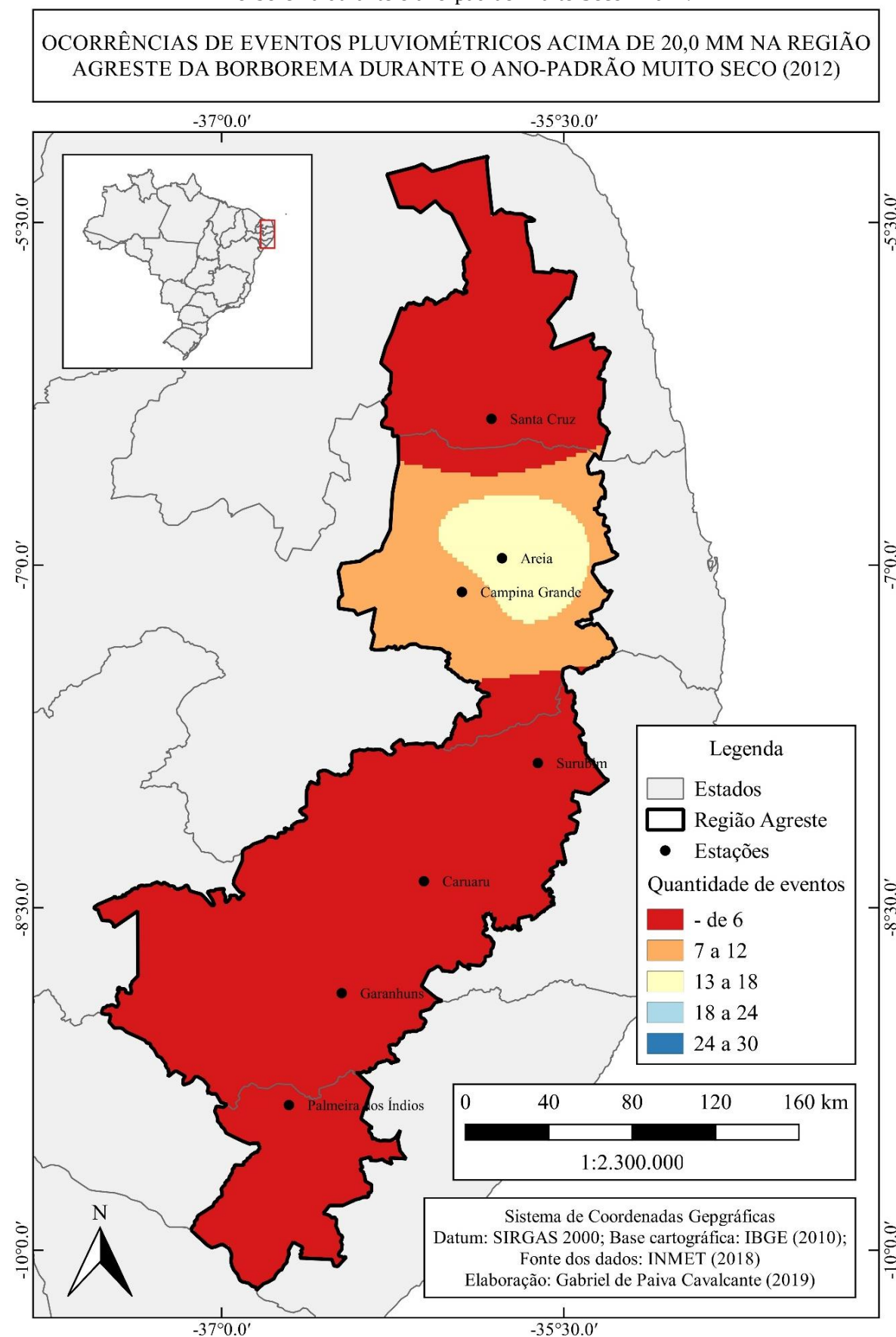
Quadro 25 – eventos de chuva acima de 20,0 mm que ocorreram durante o ano-padrão Muito Seco – 2012.

Eventos de chuva acima de 20,0 mm em 2012 (ano Muito Seco)													
Santa Cruz		Areia		Campina Grande		Surubim		Caruaru		Garanhuns		Palmeira dos Índios	
Data	Prec	Data	Prec	Data	Prec	Data	Prec	Data	Prec	Data	Prec	Data	Prec
22/06/2012	24,8	28/06/2012	97,4	28/06/2012	73,4	22/01/2012	33,8					19/02/2012	33,8
02/07/2012	23,2	19/02/2012	91,0	25/06/2012	39,4	18/02/2012	24,4					22/05/2012	24,2
		19/06/2012	50,8	19/02/2012	39,2							20/02/2012	21,4
		30/01/2012	44,8	02/07/2012	31,2							21/07/2012	20,6
		25/06/2012	38,6	19/06/2012	30,6							17/07/2012	20,4
		02/07/2012	37,2	22/06/2012	24,8								
		13/07/2012	35,2										
		24/01/2012	34,8										
		30/05/2012	26,6										
		22/01/2012	23,8										
		27/07/2012	23,6										
		22/06/2012	23,2										
		02/04/2012	22,8										
		07/06/2012	22,4										
		18/06/2012	21,0										
		17/02/2012	20,4										
TOTAL	2	TOTAL	16	TOTAL	6	TOTAL	2	TOTAL	0	TOTAL	0	TOTAL	5

Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

Na Figura 22 está apresentada a espacialização dos eventos pluviométricos acima dos 20,0 mm no Agreste da Borborema durante o ano-padrão Muito Seco – 2013. de 2013, classificado como ano-padrão Normal. É notável, mais uma vez, a concentração dos eventos nas estações paraibanas, sobretudo em Areia, única estação a apresentar mais de 13 registros, o que acaba influenciando toda a região do Brejo Paraibano e, também, Campina Grande que, mesmo se localizando tão próxima a Areia, apresentou 10 eventos a menos.

Figura 22 – Distribuição espacial dos eventos pluviométricos acima de 20,0 mm na região Agreste da Borborema durante o ano-padrão Muito Seco - 2012.



4.5. Síntese dos Resultados

Após o detalhamento dos resultados para cada ano-padrão identificado nesta pesquisa, torna-se necessária a abordagem de síntese, que resumirá os principais aspectos acerca da atuação dos sistemas atmosféricos e das massas de ar, da relação dos tais com os totais pluviométricos e, por fim, da divisão da região Agreste da Borborema em setores nos quais existam características comuns dentre a atuação dos sistemas atmosféricos e massas de ar, suas temporalidades e espacialidades.

4.5.1. Síntese da atuação dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na região Agreste da Borborema

O Quadro 26 apresenta a quantidade total e a média geral de dias de atuação para cada sistema atmosférico nas estações utilizadas neste trabalho durante os anos-padrão eleitos.

Quadro 26 – total de dias de atuação para cada sistema atmosférico nas estações de Santa Cruz/RN, Areia/PB, Campina Grande/PB, Surubim/PE, Caruaru/PE, Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL.

Sistema	Santa Cruz				Areia				Campina Grande				Surubim			
	2011	2013	2012	Média	2011	2013	2012	Média	2011	2013	2012	Média	2011	2013	2012	Média
MEA	312	319	328	319,7	306	324	336	322,0	307	330	337	324,7	322	335	347	334,7
VCAN	5	3	7	5,0	5	4	7	5,3	5	4	7	5,3	5	4	6	5,0
ZCIT	31	20	25	25,3	27	16	17	20,0	27	14	17	19,3	17	8	11	12,0
OL	14	18	6	12,7	23	16	6	15,0	22	12	5	13,0	17	13	2	10,7
RFF	0	3	0	1,0	1	3	0	1,3	1	3	0	1,3	1	3	0	1,3
LI	3	2	0	1,7	3	2	0	1,7	3	2	0	1,7	3	2	0	1,7
Sistema	Caruaru				Garanhuns				Palmeira dos Índios				Média			
	2011	2013	2012	Média	2011	2013	2012	Média	2011	2013	2012	Média	2011	2013	2012	Média
MEA	341	337	349	342,3	345	336	349	343,3	352	337	348	345,7	326,4	331,1	342,0	333,2
VCAN	5	5	6	5,3	5	6	6	5,7	5	7	7	6,3	5,0	4,7	6,6	5,4
ZCIT	13	6	10	9,7	7	5	10	7,3	2	3	7	4,0	17,7	10,3	13,9	14,0
OL	4	11	1	5,3	5	10	1	5,3	2	7	0	3,0	12,4	12,4	3,0	9,3
RFF	0	4	0	1,3	1	6	0	2,3	3	9	4	5,3	1,0	4,4	0,6	2,0
LI	2	2	0	1,3	2	2	0	1,3	1	2	0	1,0	2,4	2,0	0,0	1,5

Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

A seguir, serão pontuados os principais aspectos apresentados pelos sistemas atmosféricos e massas de ar entre os anos-padrão:

- mEa: a Massa Equatorial Atlântica atua durante mais de 300 dias em todas as estações utilizadas neste trabalho, com variação de 306 dias (ano-padrão Muito Chuvoso - 2011 na estação de Areia/PB) a 352 dias (ano-padrão Muito Chuvoso – 2011 na estação de Palmeira dos Índios/AL). A quantidade de dias de atuação, na maioria dos casos, apresenta aumento na medida em que a estabilidade atmosférica se torna característica mais marcante entre os anos-padrão (ou seja, a quantidade de dias de atuação da massa

de ar se torna maior na medida em que o ano-padrão apresenta registros pluviométricos mais reduzidos). Tal fato é percebido quando se calcula a média de dias de atuação da massa de ar para cada ano-padrão: enquanto que o ano-padrão Muito Chuvoso (2011) apresenta a menor média (326,4 dias), o ano-padrão Muito Seco (2012) apresenta o maior registro (342 dias). Destaca-se, também, que a atuação da mEa ocorre com mais frequência nas estações da porção sul do Agreste da Borborema durante os três anos-padrão, com apresentação de média de dias de atuação crescente na medida em que se avança para o setor sul da região;

- VCAN: a ocorrência dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis não apresenta variação temporal relevante, ou seja, a média anual das ocorrências não diverge significativamente. No que diz respeito à variação espacial, ocorre a mesma característica, já que não há setor da região em estudo no qual o referido sistema atmosférico apresente mais ocorrências. Os registros médios entre as estações durante os anos-padrão ocorrem de 4,7 dias (em 2013, ano-padrão Normal) a 6,6 dias (média do ano-padrão Muito Seco – 2012);
- ZCIT: a Zona de Convergência Intertropical ocorre com mais frequência nas estações localizadas ao norte da região Agreste da Borborema devido a proximidade dessas estações à região de gênese do referido sistema atmosférico. Assim, enquanto que, por exemplo, a estação de Santa Cruz/RN apresenta ocorrência média anual de 25,3 dias da ZCIT, em Palmeira dos Índios/AL tal média é de 4 dias. No que diz respeito às ocorrências entre os anos-padrão, verificou-se que o sistema ocorreu em maior número em 2011 (ano-padrão Muito Chuvoso), com média de 17,7 dias. Porém, embora 2012 tenha sido classificado como um ano-padrão Muito Seco, a média anual de frequência da ZCIT superou o ano-padrão Normal (médias de 13,9 e 10,3 dias, respectivamente);
- OL: as atuações das Ondas de Leste ocorrem com maior frequência nas estações de Santa Cruz/RN (média de 12,7 dias), Areia/PB (média de 15 dias) e Campina Grande/PB (média de 13 dias) e Surubim/PE (média de 10,7 dias). No que diz respeito à abordagem regional, a média de registros foi a mesma durante os anos-padrão Muito Chuvoso (2011) e Normal (2013): 12,4 dias. Por outro lado, a média de ocorrências durante o ano-padrão Muito Seco (2012) foi de apenas 3 dias. Trata-se, portanto, da diferença mais consistente dentre os registros de atuação dos sistemas atmosféricos e das massas de ar na área de estudo. Esta redução tão brusca da atuação das OLs na região foi determinante para a classificação do ano de 2012 como Muito Seco;

- RFF: as Repercussões de Frentes Frias ocorreram com maior frequência nas estações localizadas no setor sul da região, com destaque para a estação de Palmeira dos Índios/AL (média de 5,3 dias por ano). As demais estações apresentam médias inferiores a 2,5 dias/ano. No que diz respeito à média entre todas as estações, o ano-padrão Normal (2013) apresentou os maiores registros: 4,4 dias, enquanto que durante 2011 (ano-padrão Muito Chuvoso) e 2012 (ano-padrão Muito Seco) as médias foram de 1,0 e 0,6 dias, de forma respectiva;
- LI: as Linhas de Instabilidade não apresentam setor de maior atuação na região durante os três anos-padrão. No que diz respeito à média de ocorrências durante os anos, verifica-se uma leve predominância de atuação durante o ano-padrão Muito Chuvoso (2011), quando o registro médio foi de 2,4 dias, enquanto que a média durante o ano-padrão Normal foi de 2 dias. Por outro lado, não foram registradas ocorrências durante o ano-padrão Muito Seco (2012).

4.5.2. As chuvas na região Agreste da Borborema: relação dos totais pluviométricos com a ocorrência os sistemas atmosféricos e massas de ar durante os anos-padrão

Este tópico objetiva apresentar, por meio do Quadro 27, os totais pluviométricos acumulados durante a atuação dos sistemas atmosféricos e massas de ar na região Agreste da Borborema durante os anos-padrão de 2011 (Muito Chuvoso), 2013 (Normal) e 2012 (Muito Seco). Para a ocorrência desta análise, foram utilizados os dados diários de chuva coletados pelas estações meteorológicas automáticas das localidades inseridas neste trabalho.

Por apresentar atuação durante a maior parte dos dias na região, a Massa Equatorial Atlântica registra, também, a maior quantidade de registros pluviométricos. Em 2011, ano no qual a massa de ar ocorreu em menor frequência, foram registrados, em média, um acumulado de 394,9 mm durante os dias de atuação da massa de ar, o que representa, 47,1% da média de chuvas entre as estações naquele ano. No que diz respeito aos registros por estação, destacam-se os percentuais de Palmeira dos Índios/AL (76,0%), Garanhuns/PE (72,0%) e Caruaru/PE (51,1%). Por outro lado, os menores percentuais ocorreram nas estações de Santa Cruz/RN (23,4%) e Campina Grande/PB (23,5%). Neste ano, a mEa foi o sistema que mais produziu chuvas em todas as estações, exceto em Santa Cruz/RN e Campina Grande/PB. No ano de 2013, a mEa passa a apresentar a maioria os registros pluviométricos em todas as estações (excetuando Santa Cruz/RN, que apresentou participação de 34,1% das chuvas com ocorrência durante os dias de atuação da mEa): a média percentual de participação nos totais

pluviométricos foi de 61,9%, o que representa 399,2 mm da média. Destacam-se os registros acima dos 70% de participação nas estações de Palmeira dos Índios/AL (79,6%) e Garanhuns/PE (72,9%). O total médio de participação da mEa nos registros de precipitação aumenta ainda mais quando se chega a análise do ano de 2012: a média de chuvas na região durante o ano-padrão Muito Seco foi de 399,9 mm, enquanto que a mEa produziu, em média, 259,4 mm, o que representam 64,8% do total. Na estação de Santa Cruz/RN, continuam a predominar outros sistemas atmosféricos (embora o percentual tenha crescido para 46,5% dos registros do ano). No que diz respeito aos maiores percentuais, continua o destaque para a estação de Palmeira dos Índios, desta vez com amplo domínio da massa de ar: 92,1% das chuvas registradas durante o ano de 2012 na estação ocorreram durante os dias que registraram atuação da mEa.

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis apresentam baixa participação na produção de chuvas na região Agreste da Borborema. As médias percentuais oscilam em 1,3% no ano de 2011, 1,0% em 2013 e em 2,4% no ano de 2012.

A Zona de Convergência Intertropical apresenta participação bastante relevante, sobretudo nas estações localizadas no setor norte da região. Destaca-se, nesse sentido, a participação do sistema nas chuvas registradas durante o ano de 2011 na estação de Santa Cruz/RN (registro de 458,8 mm, o que representa 59,1% das chuvas registradas durante o ano). No que diz respeito ao cenário regional, a ZCIT apresentou média de 29,7% de participação das chuvas na região durante o ano de 2011 (Muito Chuvoso), o que a configura como o segundo sistema com maior participação, 11,8% durante o ano Normal (2013), e 15,2% no ano de 2012 (Muito Seco). Nesses dois últimos anos, a ZCIT configura o terceiro sistema mais importante no que diz respeito à participação na produção de chuvas.

Os registros de Ondas de Leste apresentam destaque, sobretudo nas estações dos estados do RN e PB. Nestas estações, os registros percentuais médios ocorreram sempre acima dos 20% em todos os anos-padrão (com exceção do registro de 11,2% de participação no acumulado anual de 2011 na estação de Santa Cruz/RN). Destacam-se os acumulados de 615,4 mm e de 527,0 mm nas estações de Areia/PB (participação de 33,3%) e Campina Grande/PB (participação de 40,6%), respectivamente. No que se refere a participação média na região, o ano de atuação mais significativo do sistema foi o de 2013 (ano-padrão Normal), quando as OLs produziram, em média, 21,8% das chuvas na região, embora os registros pluviométricos médios de 2011 tenham sido maiores (registro médio de 219,7 mm em 2011 e 132,2 mm em 2013). Em 2012, ano-padrão Muito Seco, as OLs produziram, em média, 73,2 mm, o que representa uma média de 16,2% das chuvas registradas durante o ano.

Quadro 27 – acumulados pluviométricos durante a atuação dos diferentes sistemas atmosféricos e massas de ar na região Agreste da Borborema durante os anos-padrão de 2011 (Muito Chuvoso), 2013 (Normal) e 2012 (Muito Seco).

Sistema	Santa Cruz						Areia					
	2011		2013		2012		2011		2013		2012	
	Prec	%	Prec	%	Prec	%	Prec	%	Prec	%	Prec	%
MEA	181,4	23,4	131,4	34,1	64,8	46,5	729,8	39,4	688,8	57,2	585,0	55,5
VCAN	34,2	4,4	9,8	2,5	0,0	0,0	17,4	0,9	14,6	1,2	23,8	2,3
ZCIT	458,8	59,1	69,6	18,1	6,4	4,6	450,4	24,3	146,8	12,2	184,6	17,5
OL	87,2	11,2	168,0	43,6	68,2	48,9	615,4	33,3	330,4	27,4	260,0	24,7
RFF	0,0	0,0	6,2	1,6	0,0	0,0	21,2	1,1	24,4	2,0	0,0	0,0
LI	14,2	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	16,4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	775,8	100,0	385,0	100,0	139,4	100,0	1850,6	100,0	1205,0	100,0	1053,4	100,0
Sistema	Campina Grande						Surubim					
	2011		2013		2012		2011		2013		2012	
	Prec	%	Prec	%	Prec	%	Prec	%	Prec	%	Prec	%
MEA	305,2	23,5	171,0	56,2	214,2	43,3	417,4	44,2	343,0	67,7	96,0	54,0
VCAN	0,4	0,0	3,8	1,2	9,8	2,0	0,6	0,1	4,8	0,9	4,6	2,6
ZCIT	451,8	34,8	43,2	14,2	96,4	19,5	284,6	30,1	70,2	13,9	77,2	43,4
OL	527,0	40,6	86,2	28,3	174,8	35,3	232,0	24,5	78,4	15,5	0,0	0,0
RFF	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	0,7	10,2	2,0	0,0	0,0
LI	13,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	1297,4	100,0	304,2	100,0	495,2	100,0	945,2	100,0	506,6	100,0	177,8	100,0
Sistema	Caruaru						Garanhuns					
	2011		2013		2012		2011		2013		2012	
	Prec	%	Prec	%	Prec	%	Prec	%	Prec	%	Prec	%
MEA	348,4	51,1	456,4	65,2	10,2	69,9	564,4	72,0	517,2	72,9	404,4	92,1
VCAN	23,2	3,4	3,0	0,4	1,0	6,8	0,0	0,0	3,8	0,5	10,8	2,5
ZCIT	258,4	37,9	111,2	15,9	3,0	20,5	166,4	21,2	20,2	2,8	15,2	3,5
OL	28,2	4,1	125,2	17,9	0,4	2,7	48,2	6,2	111,8	15,8	8,8	2,0
RFF	0,0	0,0	4,2	0,6	0,0	0,0	0,4	0,1	56,0	7,9	0,0	0,0
LI	23,6	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	681,8	100,0	700,0	100,0	14,6	100,0	783,4	100,0	709,0	100,0	439,2	100,0
Sistema	Palmeira dos Índios						Média					
	2011		2013		2012		2011		2013		2012	
	Prec	%	Prec	%	Prec	%	Prec	%	Prec	%	Prec	%
MEA	218,0	76,0	486,8	79,6	441,4	92,1	394,9	47,1	399,2	61,9	259,4	64,8
VCAN	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,5	10,8	1,3	5,7	1,0	7,5	2,4
ZCIT	0,0	0,0	36,0	5,9	8,8	1,8	295,8	29,7	71,0	11,8	55,9	15,8
OL	0,0	0,0	25,2	4,1	0,0	0,0	219,7	17,1	132,2	21,8	73,2	16,2
RFF	69,0	24,0	63,2	10,3	26,6	5,5	13,9	3,7	23,5	3,5	3,8	0,8
LI	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	287,0	100,0	611,2	100,0	479,4	100,0	945,9	100,0	631,6	100,0	399,9	100,0

Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

As Repercussões de Frentes Frias e as Linhas de Instabilidade, assim como os VCANs, não apresentam participação efetiva nos quantitativos de chuvas no Agreste da Borborema. No que diz respeito às RFFs, a participação ocorre em 3,7% das chuvas no ano de 2011, 2,5% em 2013 e em 0,8% no ano de 2012. Os registros são mais frequentes apenas na

estação de Palmeira dos Índios, onde, por exemplo, as ocorrências do sistema produziram 24,0% das chuvas durante o ano de 2011 (um total de 69,0 mm). Já com relação às LIs, a participação é ainda menor: os registros médios percentuais ocorrem em 1,2% das chuvas durante o ano de 2011. Nos demais anos, não há registros de chuvas provocadas pelo sistema.

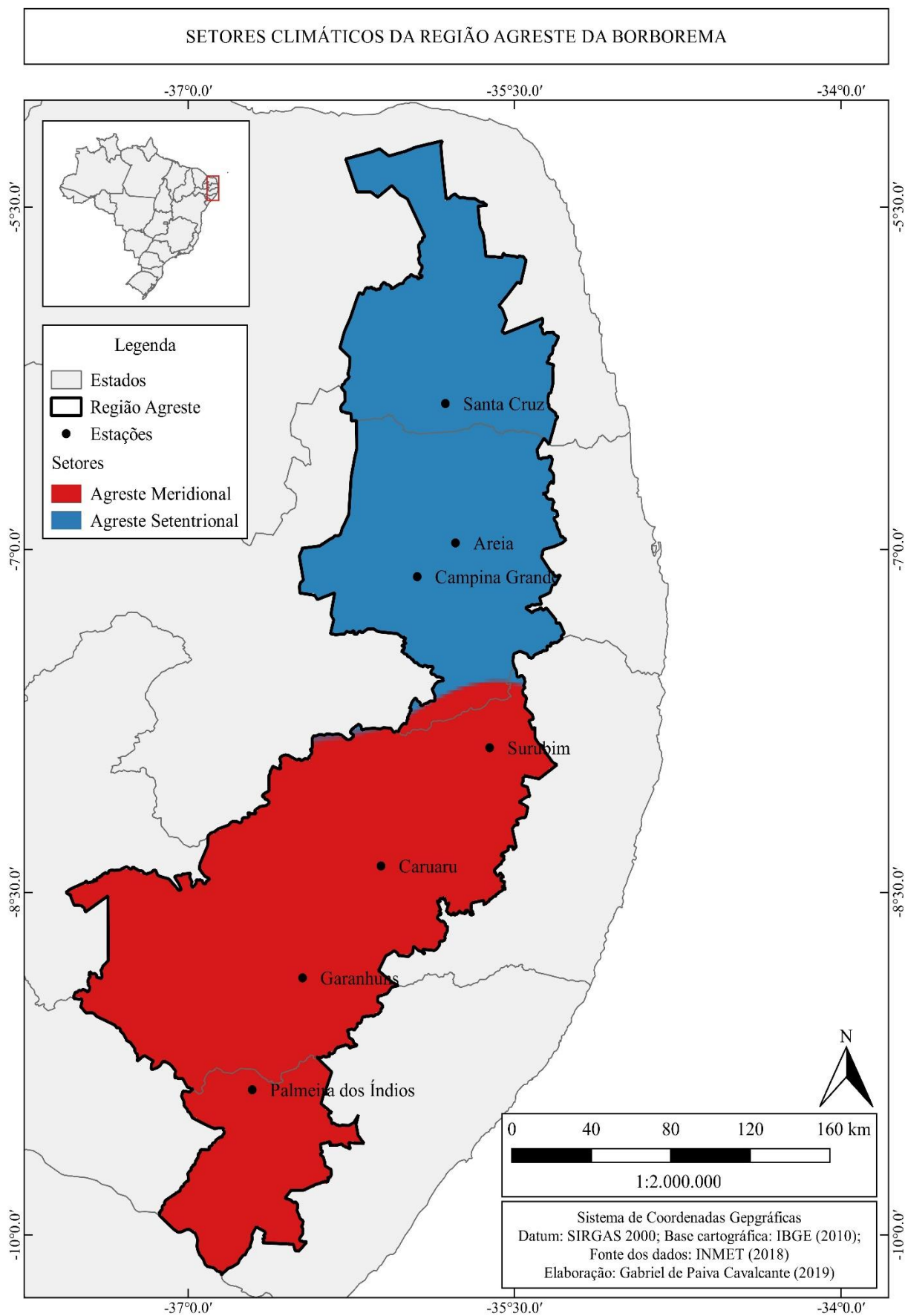
4.5.3. Os setores climáticos do Agreste da Borborema com base na temporalidade e espacialidade dos sistemas atmosféricos e das massas de ar

Após a descrição e análise das características sobre das chuvas na região Agreste da Borborema durante os anos-padrão, bem como, da participação dos sistemas atmosféricos e das massas de ar nas características dos tipos de tempo, torna-se necessária a setorização da região com base em aspectos que concernem à climatologia regional. Desta forma, apresenta-se, na Figura 23, um mapa que divide a região em dois setores, a saber: Agreste Setentrional e Agreste Meridional.

A construção desta setorização ocorreu baseada, também, na obra de Melo (1962), na qual o autor também divide a região em Agreste Setentrional, que compreende a faixa entre os estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba, e Agreste Meridional, que é correspondente às porções de Pernambuco e Alagoas. Em sua obra, o autor relata que as diferenças entre as regiões se dão, principalmente, por conta da ocorrência da Depressão Sublitorânea e de brejos mais úmidos na Paraíba (Agreste Baixo e Agreste Alto). Na análise deste trabalho, as características da divisão regional do Agreste avançam para o campo de análise da climatologia regional, por meio do estudo da gênese dos tipos de tempo, da consideração da temporalidade e da espacialidade de ocorrência dos sistemas atmosféricos e das massas de ar, e da influência destas condições climáticas nos diversos tipos de tempo, bem como, na participação da produção das chuvas na região.

O setor do Agreste Setentrional engloba as estações de Santa Cruz/RN, Areia/PB e Campina Grande/PB. Trata-se da região na qual atuam com mais frequência e intensidade os sistemas atmosféricos que mais produzem chuvas na região: a Zona de Convergência Intertropical e as Ondas de Leste. Por se localizar mais ao norte, é na estação de Santa Cruz/RN que a ZCIT atua com maior frequência; já nas estações paraibanas de Areia e Campina Grande, a ZCIT também mostra participação relevante, porém são as Ondas de Leste que mais atuam.

Figura 23 – Setores climáticos da região Agreste da Borborema.



Já o setor do Agreste Meridional é composto pelas estações pernambucanas de Surubim, Caruaru e Garanhuns, além da estação de Palmeira dos Índios/AL. São, portanto, quatro estações (uma a mais do que o setor Setentrional). Para este setor, destaca-se a atuação mais persistente da Massa Equatorial Atlântica, além de maiores registros de sistemas atmosféricos como as Repercussões de Frentes Frias. O Quadro 28 mostra a média das ocorrências anuais de cada sistema atmosférico e massa de ar atuantes nas estações de cada setor da região durante os três anos-padrão.

Quadro 28 – média de dias de atuação para cada sistema atmosférico nas estações dos setores do Agreste Setentrional e do Agreste Meridional.

Sistema	Agreste Setentrional				Agreste Meridional			
	2011	2013	2012	Média	2011	2013	2012	Média
MEA	308,3	324,3	333,7	322,1	340,0	336,3	348,3	341,5
VCAN	5,0	3,7	7,0	5,2	5,0	5,5	6,3	5,6
ZCIT	28,3	16,7	19,7	21,6	9,8	5,5	9,5	8,3
OL	19,7	15,3	5,7	13,6	7,0	10,3	1,0	6,1
RFF	0,7	3,0	0,0	1,2	1,3	5,5	1,0	2,6
LI	3,0	2,0	0,0	1,7	2,0	2,0	0,0	1,3

Fonte: INMET (2019). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante (2019).

Dentre os sistemas atmosféricos e massas de ar identificados durante a pesquisa, três deles apresentaram divergências na intensidade de atuação entre os setores da região. A seguir, serão elencadas tais diferenças:

- mEa: a Massa Equatorial Atlântica atuou durante períodos maiores nas estações que pertencem ao setor do Agreste Meridional. A média de ocorrências no setor foi de 341,5 dias, com pico no ano de 2012 (ano-padrão Muito Seco), quando se registrou média de 348,3 dias. No setor do Agreste Setentrional, houve atuação da mEa, em média, durante 322,1 dias por ano. Assim como no Agreste Meridional, o ano com o maior registro médio de atuação da massa de ar foi o de 2012, com atuação durante 333,7 dias, em média. A diferença média de ocorrências entre os setores é de 6,02%;
- ZCIT: conforme mencionado em outros tópicos deste trabalho, a Zona de Convergência Intertropical é um sistema atmosférico que possui gênese em regiões de baixas latitudes do globo. Desta forma, quanto maior é a distância entre um local e o paralelo de 0° (Linha do Equador), menores são as chances de que a ZCIT atue de forma a apresentar influências nos tipos de tempo. Nesta perspectiva, as estações do setor do Agreste Setentrional apresentaram média de 21,6 dias de ocorrência da ZCIT por ano, enquanto que no Agreste Meridional, a média registrada foi de 8,3 dias

(diferença de 61,57%). O ano com a maior ocorrência média diária da ZCIT foi o de 2011 (ano-padrão Muito Chuvoso) nos dois setores regionais: médias de 28,3 dias no setor do Agreste Setentrional e de 9,8 dias no Agreste Meridional;

- OL: com atuação consistente no Brejo Paraibano devido a condensação do ar úmido devido a altitude e, conseqüentemente, influenciando os registros médios diários de atuação nas estações de Areia/PB e de Campina Grande/PB as Ondas de Leste apresentam registros mais elevados no setor do Agreste Setentrional. A média dos três anos-padrão no setor foi de 13,6 dias por ano, enquanto que no Agreste Meridional o registro médio foi de 6,1 dias por ano (diferença de 55,14%). No Agreste Setentrional, o ano-padrão Muito Chuvoso (2011) apresentou o maior registro médio de ocorrências diárias do sistema: foram 19,7 dias; por outro lado, o ano-padrão Normal registrou média de 10,3 dias de atuação nas estações do Agreste Meridional.

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis apresentaram médias bastante próximas nos dois setores regionais (5,2 dias no Agreste Setentrional e 5,6 dias no Agreste Meridional), sendo o ano-padrão Muito Seco (2012) o que registrou os maiores totais médios de ocorrência do sistema: 7,0 e 6,3 dias por ano, de forma respectiva. A mesma característica ocorre com as Linhas de Instabilidade: média anual de 1,7 dias nas estações do Agreste Setentrional e de 1,3 dias nas estações do Agreste Meridional.

Já as Repercussões de Frentes Frias, embora apresentem totais médios reduzidos, ocorreram com maior intensidade nas estações do Agreste Meridional: média de 2,6 dias por ano (com pico de 5,5 dias durante o ano de 2013, classificado como ano-padrão Normal). No Agreste Setentrional, a média anual foi 53,84% abaixo do registrado no Agreste Meridional (média de 1,2 dias/ano).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Agreste do Nordeste Brasileiro trata-se de uma região de importantes valores sociais, culturais e históricos. É nesta região que se localizam cidades de centralidades urbanas essenciais para seus respectivos estados, a exemplo de Campina Grande, na Paraíba, Caruaru, em Pernambuco e Arapiraca, no estado de Alagoas. No caso específico do Agreste da Borborema, região de aplicação deste estudo, nota-se a estreita relação entre o social e o natural, colocando o homem como agente produtor nas terras da região, que ora ocorrem com características úmidas, ora com feições sertanejas, o que dá a região uma particularidade não vista em outras porções do espaço geográfico nordestino.

Este trabalho, de modo especial, buscou entender a dinâmica das chuvas na região Agreste da Borborema sob o enfoque da concepção do ritmo climático. É por meio da compreensão da temporalidade, da espacialidade e da sucessão dos tipos de tempo atmosférico que ocorrem nos diferentes pontos da região mediante a atuação dos sistemas atmosféricos e das massas de ar que será entendida a dinâmica climática da região, aspecto tão importante para a sociedade, para os órgãos de planejamento e, também, para a evolução da Climatologia Geográfica enquanto ciência.

A região Agreste da Borborema, como seu nome já se apresenta em uma auto-definição, é marcada pela presença do maciço residual brasileiro da Borborema. De formato, em resumo, dômico, tal relevo possui caráter crucial na definição dos setores climáticos da região. Sua principal influência ocorre na dimensão leste-oeste do espaço geográfico, que passa a criar, assim, regiões de barlavento e sotavento, de forma respectiva. As regiões de barlavento são conhecidas por apresentarem umidade acima do registrado em seu entorno, configurando, em muitos casos, os brejos de altitude (a exemplo de Areia, na Paraíba, e de Garanhuns, em Pernambuco). Tratam-se das regiões que recebem a umidade proveniente do Oceano Atlântico e, por estarem em patamares de elevação de destaque, geralmente acima dos 300 metros, com picos de 600 a 700 metros acima do nível do mar, provocam as chuvas orográficas, que ocorrem, geralmente, de forma longa, fraca e persistente, ocasionando uma vegetação densa, típica de Mata Atlântica, com ocorrência de solos profundos e desenvolvidos. Por outro lado, no mesmo Agreste, ocorrem as regiões de sotavento, marcadas pela vegetação da caatinga e por solos rasos, que são resultantes das chuvas reduzidas. Trata-se de uma paisagem que ocorre após as regiões serranas de escarpas e paredões serranos da Borborema.

Considerando os aspectos naturais e históricos da região Agreste da Borborema, este trabalho foi fundamentado na perspectiva teórico-metodológica da Região Geográfica e no Ritmo Climático. Tais vertentes, embora sejam comuns na Geografia de forma isolada, raramente se apresentam juntas num mesmo trabalho, embora esta análise integrada de clima e região seja estritamente necessária. Desta forma, este trabalho teve o objetivo de apresentar uma setorização climática para a região Agreste da Borborema através da análise da participação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos e seus reflexos na gênese e na variação das chuvas. Para o alcance deste objetivo, foram executadas etapas de análise espaço-temporal das chuvas na região Agreste da Borborema, de eleição de anos-padrão por meio da variação da pluviosidade, onde o ano de 2011 foi classificado como o ano-padrão Muito Chuvoso, o ano de 2013 como ano-padrão Normal e o ano de 2012 como ano-padrão Muito Seco. A partir desta classificação, houve a categorização dos tipos de tempo referentes a tais anos-padrão por meio da análise sinótica e dos dados de atributos climáticos.

Por fim, o Agreste da Borborema foi setorizado em duas sub-regiões, a saber: setor do Agreste Setentrional, que engloba as estações de Santa Cruz/RN, Areia/PB e Campina Grande/PB, marcado pela produção de chuvas por meio das Ondas de Leste e da Zona de Convergência Intertropical; e setor do Agreste Meridional, composto pelas estações de Surubim/PE, Caruaru/PE, Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL. Este setor do Agreste tem como principal característica climática a predominância na atuação da Massa Equatorial Atlântica, com ocorrências menos significativas das Ondas de Leste e das Repercussões de Frentes Frias, esta última que atua de forma mais incisiva na estação alagoana de Palmeira dos Índios.

Verificou-se, portanto, que a dinâmica climática do Agreste da Borborema ocorre de maneira diversificada, notadamente influenciada pelos fatores do relevo e da capacidade de avanço dos sistemas atmosféricos e das massas de ar para o interior do continente, principalmente no que diz respeito às ocorrências nas quais tais sistemas passam pela barreira orográfica do Planalto da Borborema e atingem, também, as regiões de sotavento.

Como perspectiva para estudos futuros no campo da Climatologia Regional, é esperado que a questão metodológica seja aprimorada, com utilização de recursos tecnológicos e da modelagem climática, já que existe uma limitação considerável no que diz respeito aos dados dos atributos climáticos. Assim, a modelagem climática pode proporcionar uma evolução considerável na análise do ritmo climático, da climatologia regional e, por consequência, na configuração dos diferentes tipos de tempo que ocorrem em regiões de características tão mistas e interconectadas como o Agreste da Borborema.

REFERÊNCIAS

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Meteorologia – Chuvas**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>>. Acesso em: 24/05/2017.
- ANDRADE, M. C. **A terra e o homem no Nordeste**: contribuição ao estudo da questão agrária no Nordeste. 5ª edição, São Paulo: Atlas, 1986.
- ANDREOLI, R.V.; KAYANO, M.T. A importância relativa do Atlântico Tropical Sul e Pacífico Leste na variabilidade da precipitação do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 22 (1), 63-74, 2007.
- APAC – **Agência Pernambucana de Águas e Clima**. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/>>. Acesso em: 24/05/2017.
- ARAÚJO, R. G. et al. A influência do evento El Niño – Oscilação Sul e Atlântico Equatorial na precipitação sobre as regiões norte e nordeste da América do Sul. **ACTA Amazônica**, vol. 43(4) 2013: 469 - 480
- BDMEP/INMET. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa/ Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 06/06/2017.
- BRASIL. Diretoria de Hidrografia e Navegação. Centro de Hidrografia Marinha. Serviço Meteorológico Marinho. **Cartas de Sinóticas**. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm>>. Acesso em: 28/10/2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. **Solos do Nordeste**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1003864/solos-do-nordeste>>. Acesso em: 20/10/2017.
- CLAVAL, P. **An Introduction to Regional Geography**. Nova York: Blackwell, 1998.
- CORRÊA, R. L. **Região e Organização Espacial**. São Paulo: Ática, 1986.
- CORREA, A. C. B. et. al. Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 31 (1/2), 35-52, 2010. Disponível em: <http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/revista_ig/31_3.pdf>. Acesso em: 06/06/2017.
- CPTEC/INPE. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 01/07/2017.

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**, vol. 1, nº 1, 2005, p. 15-28.

FREYRE, G. **Nordeste**: aspectos sobre a influência da cana sobre a vida e a paisagem do Nordeste do Brasil. Rio de Janeiro: José Olympio Editora, 1961.

GURJÃO, E. Q. Resistência indígena e dominação dos Sertões. In: GURJÃO, E. Q.; LIMA, D. **Paraíba**: uma coletânea de textos didáticos. Campina Grande: Editora Meta, 4ª edição, 2009, 170 p.

HAESBAERT, R. Identidades Territoriais. In: CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. (orgs.). **Manifestações da cultura no espaço**. Rio de Janeiro: UERJ, 1999.

HAESBAERT, R. Morte e vida da região: antigos paradigmas e novas perspectivas da Geografia Regional. In: Encontro Estadual de Geografia: as múltiplas concepções da questão regional no Rio Grande do Sul, 22, 2003, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: AGB, FAPERGS e FURG, 2003.

HAESBAERT, R. **Regional-Global**: dilemas da região e da regionalização na Geografia contemporânea. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Regionalização do Brasil. **Meso e Microrregiões dos Estados**. Brasília: 1990. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 20/05/2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Regionalização do Brasil. **Meso e Microrregiões dos Estados**. Brasília: 1992. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 20/05/2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15/11/2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15/11/2017.

JESUS, E. F. R. Algumas reflexões teórico-conceituais na climatologia geográfica em mesoescala: uma proposta de investigação. **GeoTextos**, vol. 4, n. 1 e 2, 2008, p. 165-187.

LENCIONI, S. Região e Geografia. A noção de região no pensamento geográfico. In: CARLOS, A. F. A. **Novos Caminhos da Geografia**. 5ª edição, São Paulo: Contexto, 2005, p. 187-204.

LUCENA, D. B.; SERVAIN, J.; GOMES FILHO, M. F. Evolução do impacto de eventos climáticos extremos nos oceanos Pacíficos e Atlântico sobre a estação chuvosa no Nordeste do Brasil. In: SERVAIN, J.; CAMPOS, J. N. B.; MARTINS, E. S. P. R.; REIS JUNIOR, D. S. (Org.) **Clima do Atlântico Tropical e impactos sobre o Nordeste (CATIN)**. *Climat de*

l'Atlantique tropical et impacts sur le Nordeste (CATIN). Ed. Série Oceanografia e Meteorologia da Funceme 1. Fortaleza: Funceme/IRD. 2010. p. 176 – 197.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade:** caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília: MMA, 2006. 212 p.

MATOS, F. O. **Formação e limitação do plano de desenvolvimento sustentável da região turística do Meio-Norte (Brasil).** Tese de doutorado, Universidade Federal do Ceará, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Fortaleza, 2013. 250p.

MELO, M. L. Bases Geográficas dos problemas do Nordeste. **Revista Brasileira de Geografia**, Ano XXIV, nº 4, 1962, p. 503-542.

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

MENEZES, D. **O outro Nordeste.** Brasília: Editora Art Nova, 1970.

MOLLION, L. C. B; BERNARDO, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.17, n.1, p. 1-10, 2002.

MONTEIRO, C. A. F. Análise Rítmica em Climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Série Climatologia**, n.1. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. **Série Teses e Monografias**, n.25. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1976.

MONTEIRO, C. A. F. A Climatologia Geográfica no Brasil e a Proposta de um Novo Paradigma. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. A.; ZAVATTINI, J. A.; SANT'ANNA NETO, J. L. A. (Orgs.) **Construção da Climatologia Geográfica no Brasil.** Campinas: Alínea, 2015, 194p.

MOREIRA, E. R. F. **Mesorregiões e Microrregiões da Paraíba:** delimitação e caracterização. João Pessoa: GAPLAN, 1988, 74 p.

MOURA, M. O. **Anomalias das temperaturas extremas do ar em Fortaleza: correlações com a morbidade hospitalar por doenças cardiovasculares.** Tese de doutorado, Universidade Federal do Ceará, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Fortaleza, 2013. 248 p.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1979. 422 p.

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

RIBEIRO, A. G. As escalas do Clima. **Boletim de Geografia Teorética**, 23(46-46): p. 288-294, 1993.

SANT'ANNA NETO, J. L. Escalas geográficas do clima: mudança, variabilidade e ritmo. In: AMORIM, M. C. C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. **Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso**. Expressões, São Paulo, 2013, p. 75 – 91.

SANTOS, M. **Por uma geografia nova**. São Paulo: Edusp, 2002.

SEMARH. Governo de Alagoas. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.semarh.al.gov.br/>>. Acesso em: 24/05/2017.

SEMARH. Governo do Estado do Rio Grande do Norte. Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.semarh.rn.gov.br/>>. Acesso em: 24/05/2017.

SENA, J. P. O. **Análise da precipitação pluviométrica em anos extremos no Cariri Paraibano e suas consequências na agricultura e cobertura vegetal**. (Dissertação de Mestrado) – Campina Grande/PB, 2017, 97 p.

SOARES, L. P. **Caracterização climática do Estado do Ceará com base nos agentes de circulação regional produtores dos tipos de tempo**. Dissertação (Mestrado em geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza/CE. 2015, 241 p.

SOUZA, B. I. **Cariri Paraibano: do Silêncio do Lugar à Desertificação**. Tese (Doutorado em Geografia), UFRGS, 2008.

SOUZA, B. I.; SUETERGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R. V. Desertificação e seus efeitos na vegetação e solos do Cariri Paraibano. **Revista Mercator**, Fortaleza, 2009, p. 217-232.

SOUZA, C. F. **Dinâmica Climática e as Chuvas no Nordeste Brasileiro no Eixo Barra do Corda/MA - Natal/RN (relações com o fenômeno EL Niño)**. Tese (Doutorado em Geografia). – Programa de Pós-Graduação em Geografia, FFLCH/USP, São Paulo/SP, 1998, 325 p.

TABARELLI, M; SANTOS, A. M. M. Uma Breve Descrição Sobre a História Natural dos Brejos Nordestinos p. 17-24. In: PORTO, K. C.; CABRAL, J. J. P.; TABARELLI, M. (orgs.) **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 324p.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização**. Recife: Conselho do Desenvolvimento de Pernambuco, 1971, 442p.

ZAVATTINI, J. A. Dinâmica Atmosférica e Análise Rítmica: a contribuição do brasileiro Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro à França de Pédelaborde e à Itália de Pinna. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. A.; ZAVATTINI, J. A.; SANT'ANNA NETO, J. L. A. (Orgs.) **Construção da Climatologia Geográfica no Brasil**. Campinas: Alínea, 2015, 194p.

Anexo 1 – lista de postos pluviométricos utilizados para os gráficos de pluviosidade durante a escolha dos anos-padrão.

ID	Município	UF	LAT S	LONG W	Prec 2012	Prec 2013	Prec 2011
1	Bento Fernandes	RN	-5 41 24	-35 49 12	300,2	483,6	865,5
2	Bom Jesus	RN	-5 58 48	-35 34 48	295,8	661,9	1036,3
3	Campo Redondo	RN	-6 14 24	-36 10 48	226,7	572,9	1177,7
4	Canguaretama	RN	-6 22 48	-35 7 12	859,2	1386,0	1899,6
5	Ceará Mirim	RN	-5 37 48	-35 25 12	677,1	765,5	1125,1
6	Cerro Corá	RN	-6 2 24	-36 20 24	113,9	416,2	1099,1
7	Goianinha	RN	-6 15 36	-35 12 36	612,3	1184,1	1493,9
8	Japi	RN	-6 27 36	-35 56 24	116,6	240,4	761,1
9	João Câmara	RN	-5 31 48	-35 49 12	347,7	545,1	921,3
10	Lajes Pintadas	RN	-6 9 0	-36 6 36	176,9	365,5	971,9
11	Macaíba	RN	-35 21 0	-35 21 0	790,8	1455,6	1289,2
12	Monte Alegre	RN	-6 4 12	-35 19 48	636,2	1167,4	1509,0
13	Nova Cruz	RN	-6 28 12	-35 25 48	375,1	747,9	1201,5
14	Passa e Fica	RN	-6 25 48	-35 38 24	299,4	675,1	1078,0
15	Pedra Grande	RN	-5 9 0	-35 52 48	288,5	409,4	982,5
16	Pedro Avelino	RN	-5 31 12	-36 23 24	276,3	227,0	836,2
17	Santa Cruz	RN	-6 13 12	-36 1 12	157,8	361,0	841,9
18	São Bento do Trairi	RN	-6 20 24	-36 5 24	169,5	380,9	728,4
19	São Paulo do Potengi	RN	-5 53 24	-35 45 36	142,0	599,8	1040,3
20	Serrinha	RN	-6 16 48	-35 30 0	467,2	875,6	1181,9
21	Tangará	RN	-6 12 0	-35 47 60	202,5	367,2	769,5
22	Touros	RN	-5 12 0	-35 27 36	481,7	935,5	671,7
23	Alcantil	PB	-7 44 24	-36 3 36	298,5	276,4	629,6
24	Araruna	PB	-6 31 48	-35 44 24	352,7	636,6	1019,8
25	Areia	PB	-6 58 12	-35 42 0	1024,5	1273,3	1827,6
26	Aroeiras	PB	-7 32 24	-35 42 0	296,5	346,9	905,3
27	Assunção	PB	-7 4 12	-36 43 48	156,4	190,8	701,0
28	Barra de Santa Rosa	PB	-6 43 12	-36 3 36	174,3	178,4	638,6
29	Belém	PB	-6 42 0	-35 32 24	419,1	454,6	1215,3
30	Boqueirão	PB	-7 28 48	-36 7 48	265,5	246,5	588,3
31	Cabaceiras	PB	-7 29 24	-36 17 24	203,4	211,9	537,0
32	Caiçara	PB	-6 37 12	-35 28 12	425,7	518,8	952,1
33	Camalaú	PB	-7 53 24	-36 49 48	135,2	239,6	541,5
34	Campina Grande	PB	-7 13 12	-35 52 48	610,3	754,9	1495,4
35	Capim	PB	-6 55 12	-35 10 12	803,1	770,9	1266,7
36	Caraúbas	PB	-7 43 48	-36 29 24	108,7	92,2	726,8
37	Cubati	PB	-6 51 36	-36 21 0	200,0	123,3	705,7
38	Cuité	PB	-6 29 24	-36 8 60	262,7	384,3	851,1
39	Guarabira	PB	-6 50 60	-35 29 24	805,3	613,7	1233,0
40	Gurinhém	PB	-7 7 12	-35 25 12	711,7	567,4	1299,0
41	Ingá	PB	-7 17 24	-35 36 36	485,8	451,5	1263,8
42	Itabaiana	PB	-7 19 48	-35 19 48	619,5	637,6	1154,7

43	Mamanguape	PB	-6 50 24	-35 8 24	836,5	782,8	1449,4
44	Pedras de Fogo	PB	-7 24 0	-35 6 36	1162,2	1047,0	1993,6
45	Picuí	PB	-6 30 36	-36 21 0	136,5	135,2	612,7
46	Pocinhos	PB	-7 4 48	-36 3 36	250,9	264,9	685,0
47	São João do Cariri	PB	-7 23 24	-36 31 48	203,7	153,4	1315,6
48	São João do Tigre	PB	-8 4 48	-36 51 0	113,1	200,9	510,6
49	Sapé	PB	-7 5 60	-35 13 48	988,9	877,3	1627,6
50	Solânea	PB	-6 45 36	-35 39 36	648,2	668,2	1299,9
51	Soledade	PB	-7 3 36	-36 21 36	215,5	117,0	728,6
52	Umbuzeiro	PB	-7 41 24	-35 39 36	547,1	629,5	1308,6
53	Águas Belas	PE	-9 6 36	-37 7 12	311,8	513,7	821,1
54	Arcoverde	PE	-8 25 12	-37 2 60	353,2	506,9	691,2
55	Belo Jardim	PE	-8 19 48	-36 25 12	294,0	524,3	1026,0
56	Bonito	PE	-8 28 12	-35 43 48	484,1	701,1	1340,0
57	Brejão	PE	-9 1 48	-36 33 36	548,5	913,1	1289,0
58	Brejo da Madre de Deus	PE	-8 8 24	-36 22 12	118,5	373,2	442,4
59	Canhotinho	PE	-8 52 48	-36 11 24	359,3	787,3	1301,0
60	Capoeiras	PE	-8 44 24	-36 37 48	390,3	594,5	807,5
61	Caruaru	PE	-8 16 48	-35 58 12	198,2	501,3	781,4
62	Correntes	PE	-9 7 48	-36 19 48	631,4	892,3	1197,0
63	Garanhuns	PE	-8 53 24	-36 29 24	457,0	724,1	951,1
64	Iati	PE	-9 2 24	-36 51 0	348,0	321,8	697,2
65	Ibimirim	PE	-8 32 24	-37 41 24	125,6	228,7	490,3
66	Inajá	PE	-8 54 0	-37 49 48	116,1	202,0	544,7
67	João Alfredo	PE	-7 51 36	-35 35 24	601,5	917,1	1609,0
68	Palmares	PE	-8 40 48	-35 35 24	936,0	1505,0	1719,0
69	Passira	PE	-7 58 48	-35 34 48	487,2	690,0	1027,0
70	Paudalho	PE	-7 54 0	-35 10 12	1041,7	1499,0	1890,0
71	Pesqueira	PE	-8 21 36	-36 41 24	233,6	510,8	978,7
72	Pombos	PE	-8 8 24	-35 23 60	547,0	558,5	1215,0
73	Riacho das Almas	PE	-8 7 48	-35 51 0	166,3	334,3	691,9
74	Ribeirão	PE	-8 30 36	-35 22 48	1005,0	1706,0	2558,0
75	Santa Cruz do Capibaribe	PE	-7 57 0	-36 12 36	235,7	412,9	723,5
76	São Benedito do Sul	PE	-8 48 36	-35 55 48	674,1	1225,0	1176,0
77	São Bento do Una	PE	-8 31 12	-36 27 0	215,4	540,8	663,5
78	São Vicente Férrer	PE	-7 35 24	-35 29 24	783,1	1436,0	1460,0
79	Sertânia	PE	-8 4 48	-37 16 12	209,3	401,4	553,6
80	Surubim	PE	-7 50 24	-35 45 36	375,1	457,3	859,4
81	Timbaúba	PE	-7 30 0	-35 18 36	770,3	1269,0	1651,0
82	Vertente do Lério	PE	-7 46 12	-35 51 0	384,4	462,2	964,8
83	Vertentes	PE	-7 54 0	-35 59 24	279,2	416,0	786,9
84	Água Branca	AL	-9 15 36	-37 55 48	463,7	783,9	771,9
85	Arapiraca	AL	-9 45 0	-36 39 36	711,0	957,1	886,3
86	Atalaia	AL	-9 30 36	-36 0 36	830,2	1440,1	2007,6
87	Boca da Mata	AL	-9 39 0	-36 12 36	922,5	1003,1	1816,6

88	Cajueiro	AL	-9 24 0	-36 8 60	964,2	882,2	1807,7
89	Campo Alegre	AL	-9 46 48	-36 21 0	1011,5	1352,1	1775,9
90	Colônia Leopoldina	AL	-8 54 36	-35 43 12	783,2	1165,6	1838,9
91	Igreja Nova	AL	-10 7 48	-36 38 60	1013,1	1295,8	1429,4
92	Junqueiro	AL	-9 55 12	-36 28 12	648,5	1884,0	1448,6
93	Palmeira dos Índios	AL	-9 24 36	-36 37 48	497,6	783,0	1224,1
94	Pão de Açúcar	AL	-9 44 24	-37 25 48	295,5	571,4	705,2
95	Quebrangulo	AL	-9 19 12	-36 28 12	297,8	778,0	1116,2
96	Santana do Ipanema	AL	-9 22 12	-37 14 24	406,3	834,0	646,4
97	São José da Laje	AL	-9 0 36	-36 3 36	797,4	1252,3	1688,4
98	Teotônio Vilela	AL	-9 54 36	-36 21 0	884,3	1241,0	1692,8
99	Traipu	AL	-9 58 12	-37 0 0	442,5	683,9	643,6
100	União dos Palmares	AL	-9 9 36	-36 1 48	904,9	1406,0	1762,1