



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

**DINÂMICA CLIMÁTICA E AS CHUVAS NA REGIÃO DA ZONA DA MATA,
NORDESTE DO BRASIL**

MICHAELL DOUGLAS BARBOSA PEREIRA

**JOÃO PESSOA-PB
AGOSTO DE 2018**

MICHAELL DOUGLAS BARBOSA PEREIRA

DINÂMICA CLIMÁTICA E AS CHUVAS NA REGIÃO DA ZONA DA MATA,
NORDESTE DO BRASIL

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.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Moura.

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Daisy Beserra Lucena

JOÃO PESSOA-PB
AGOSTO DE 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

P436d Pereira, Michael Douglas Barbosa.

DINÂMICA CLIMÁTICA E AS CHUVAS NA REGIÃO DA ZONA DA
MATA, NORDESTE DO BRASIL / Michael Douglas Barbosa
Pereira. - João Pessoa, 2018.

225 f. : il.

Orientação: Marcelo de Oliveira Moura.

Coorientação: Daisy Beserra Lucena.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Precipitação; Massas de ar; Sistemas Atmosféricos.
2. Ritmo Climático; Nordeste. I. Moura, Marcelo de
Oliveira. II. Lucena, Daisy Beserra. III. Título.

UFPB/CCEN

“Dinâmica Climática e as Chuvas na Região da Zona da Mata, Nordeste do Brasil”

por

Michael Douglas Barbosa Pereira

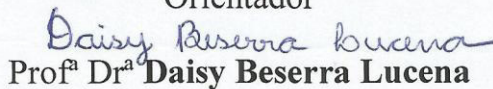
Dissertação apresentada ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia do CCEN-UFPB, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Território, Trabalho e Ambiente

Aprovada por:


Prof. Dr. **Marcelo de Oliveira Moura**

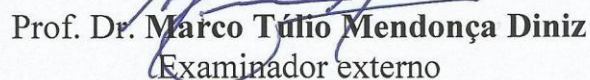
Orientador


Prof^ª Dr^a **Daisy Beserra Lucena**

Co-orientadora


Prof^ª Dr^a **Camila Cunico**

Examinadora interna


Prof. Dr. **Marco Túlio Mendonça Diniz**

Examinador externo

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

Agosto/2018

Aos meus pais, sogros, cunhada, irmão, esposa
(parceira de vida e companheira)
e amigos, pela dedicação, pelo
verdadeiro companheirismo e amizade,
A vocês dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Jeová Deus por ter me concedido força, coragem e obstinação para realizar com seriedade e compromisso esta pesquisa, assim como a meus pais que empregaram seu tempo, paciência e dinheiro na minha criação e formação intelectual, oferecendo doses diárias de conhecimento até que eu tivesse condições de trilhar meu próprio caminho de forma disciplinada e justa.

Sou extremamente grato a minha esposa por sua dedicação, paciência, carinho e cumplicidade demonstrada em especial, durante o período de construção desta pesquisa. Em vários momentos foram seus conselhos e seu ombro amigo que me ajudou a ter paciência e a não desistir, principalmente nos momentos de maior angústia e ansiedade diante dos desafios que surgiram em nossa vida ao longo da construção deste trabalho.

Ressalto meus agradecimentos às pessoas mais íntimas como meus leais amigos cristãos que a todo tempo foram compreensivos e me ofereceram a melhor ajuda em todos os momentos de dificuldades, dentre estes, estão: Alan Henrique, Talles, Priscila Felix, Débora Felix, Anne, Leone Henrique, Leidaina, Ângela, Thaty, Vera, Isabella, Ramon, Douglas, Mateus, outros.

Em especial sou muito grato a todos aqueles amigos que conquistei durante a graduação, aos quais, serei eternamente feliz por tê-los ao meu lado, dentre estes, estão: Daniel Oliveira, Segundo Neto, Maria Clyvia, Natieli Tenório, José Fernandes, Gisele Cunha, Diego Monteiro, Larissa Lavor, Vinicius, Rodrigo Brito, Iran Araujo, Eliane Campos, Thiago Farias, Raoni, Cecilia (mãezona), Camila, Nadja (companheira de coletivo), entre outros.

Agradeço aos imensos favores prestados por Natieli Tenório e Cecília que diversas vezes me ajudaram de forma altruísta e gentil nos momentos em que mais precisei.

Agradeço ao apoio e companheirismo de todos aqueles que fazem do Climageo um excelente laboratório, em especial a Gui (grande parceiro), Gabriel Paiva, Karla, Tati, Erlânio, Diego, Maressa Lopes, Natieli Tenório. Também estendo meus agradecimentos aos mais novos integrantes do grupo por contribuírem para que este espaço seja tão produtivo e igualitário.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Moura por ter me ajudado a construir uma importante pesquisa a partir de sua excelente orientação, paciência, competência, incentivo, dedicação e confiança ao me guiar durante este trabalho, além de ser uma pessoa forte, perseverante e que jamais baixa a cabeça diante das adversidades.

Agradeço a minha co-orientadora, Prof^a. Dr^a. Daisy Beserra Lucena por ter sido uma pessoa tão acessível, bondosa e muito compreensiva, bem como por todo o incentivo, dedicação e confiança ao me guiar durante este trabalho. Não posso deixar de mencionar o quanto esta professora é um exemplo de pesquisadora, pois, jamais deixa que sua carreira acadêmica a torne orgulhosa e soberba, fato que a engrandece ainda mais enquanto profissional e pessoa.

Também estendo meus profundos agradecimentos aos examinadores de minha banca de qualificação, Prof^a. Dr^a. Camila Cunico e Prof. Dr. Marco Túlio Mendonça Diniz por terem aceitado o convite de contribuir com este trabalho, além de suas importantes considerações.

Agradeço a todos os integrantes do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba e a todos os competentes pesquisadores que se tornaram importantes referenciais para esta pesquisa.

Felizmente, ao longo do caminho, encontrei pessoas extremamente altruístas, que mesmo sem perceber me ajudaram imensamente como a secretária do Programa de Pós-Graduação em Geografia Sônia Maria, que é uma pessoa de índole bondosa e sempre prestativa. Também agradeço a Valdeângelo que me ajudou com a tradução do resumo deste trabalho.

Agradeço a Marinha do Brasil, ao INMET e a SEMARH/AL pela disponibilidade dos dados meteorológicos. Também agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da Bolsa de Mestrado.

Agradeço, enfim, a todas as pessoas que me apoiaram e que me deram ânimo para seguir em frente e continuar na luta, que não para, mas que é contínua pelo resto da vida.

*No Nordeste da cana-de-açúcar, a
água foi e é quase tudo. Sem ela não
teria prosperado do século XVI ao
XIX uma lavoura tão dependente
dos rios, dos riachos e das chuvas;
tão amiga das terras gordas e
úmidas e ao mesmo tempo do sol;
tão à vontade dentro de uma
temperatura média[...],
tão feliz numa atmosfera cheia
de vapor de água. (Freyre,
Gilberto. Nordeste. 1967,p.19)*

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Zona da Mata do Nordeste Brasileiro.....	21
FIGURA 2 – Mapa de Distribuição dos remanescentes florestais de Mata Atlântica na Zona da Mata nordestina.....	32
FIGURA 3 – Macrotipos climáticos do Brasil e seus principais subtipos.....	35
FIGURA 4 - Distribuição dos principais regimes de chuva sobre o Nordeste Brasileiro.....	46
FIGURA 5 – Sub-Regiões geográficas do Nordeste.....	48
FIGURA 6 – Direção dos ventos associados à MEA e a MTA sobre a costa leste do Brasil....	52
FIGURA 7 – Posição da ZCIT no Globo.....	55
FIGURA 8 – ZCAS Atuando sobre o sul de todo o Nordeste Brasileiro.....	56
FIGURA 9 – Frente Fria Atuando na América do Sul.....	58
FIGURA 10 – VCAS atuando sobre o Nordeste Brasileiro.....	60
FIGURA 11 – Evolução de duas Onda de Leste.....	61
FIGURA 12 – Linha de Instabilidade sobre a Zona da Mata Nordestina.....	63
FIGURA 13 – CCM's atuando Sobre Nordeste Brasileiro.....	64
FIGURA 14 – Brisa Marítima e Terrestre.....	65
FIGURA 15 – Circulação atmosférica sobre o Oceano Pacífico em condições normais e em condições de El Niño.....	68
FIGURA 16 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos.....	73
FIGURA 17 - Localização das Estações Meteorológicas do INMET.....	74
FIGURA 18 - Síntese das condições oceânicas e da variação anual e do quadrimestre chuvoso da pluviosidade registrada por estação climática do INMET na Zona da Mata nordestina (1995-2016).....	94
FIGURA 19 – Síntese da frequência mensal dos sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes entre as estações de Natal a Maceió no Ano-Padrão Muito Chuvoso 2000.....	104
FIGURA 20 – Síntese da frequência mensal dos sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes entre as estações de Propriá a Canavieiras no ano Ano-Padrão Muito Chuvoso 2000.....	105
FIGURA 21 – Síntese da frequência mensal dos sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes entre as estações de Guaratinga e Caravelas no Ano-Padrão Muito Chuvoso 2000.....	106
FIGURA 22 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante a pré-estação chuvosa entre Natal/RN a Canavieiras/BA,	

Ano-Padrão 2000.....	108
FIGURA 23 - Atuação da ZCAS e VCAS sobre a Zona da Mata no dia 21/01/2000.....	109
FIGURA 24 – Atuação da ZCAS e VCAS sobre a Zona da Mata no dia 22/01/2000.....	110
FIGURA 25 – Atuação da ZCAS sobre o Nordeste ilustrado em Cartas Sinóticas.....	110
FIGURA 26 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante a quadra chuvosa entre Natal/RN e Canavieiras/BA, Ano-Padrão 2000.....	115
FIGURA 27 – MEA provocando nebulosidade sobre a Zona da Mata.....	117
FIGURA 28 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante o pós-quadra chuvosa entre Natal/RN e Canavieiras/BA, Ano-Padrão 2000.....	120
FIGURA 29 – Onda de leste atuando sobre Cruz das Almas/BA e Salvador/BA.....	121
FIGURA 30 - Porção convectiva sul do VCAS sobre o extremo sul da Zona da Mata.....	123
FIGURA 31 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante a quadra chuvosa entre Guaratinga/BA e Caravelas/BA, Ano-Padrão 2000.....	125
FIGURA 32 – Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante o pós-quadra chuvosa entre Guaratinga/BA e Caravelas/BA, Ano-Padrão 2000.....	127
FIGURA 33 – Síntese da frequência mensal dos sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes entre as estações de Natal a Maceió no Ano-Padrão Normal 2002.....	129
FIGURA 34 – Síntese da frequência mensal dos sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes entre as estações de Propriá a Canavieiras Ano-Padrão Normal 2002.....	130
FIGURA 35 – Síntese da frequência mensal dos sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes entre as estações de Guaratinga e Caravelas no Ano-Padrão Normal 2002.....	131
FIGURA 36 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante a pré-estação chuvosa entre Natal/RN e Canavieiras/BA, Ano-Padrão 2002.....	134
FIGURA 37 - Atuação da ZCIT, MEA, MTA e CCM em um único dia sobre a Zona da Mata.....	135
FIGURA 38 – Direção dos ventos sobre a Zona da Mata no dia 10 de março de 2002.....	135
FIGURA 39 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante a quadra chuvosa entre Natal/RN e Canavieiras/BA, Ano-Padrão 2002.....	141

FIGURA 40 – OL atuando no interior de um VCAS.....	142
FIGURA 41 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante o pós-quadra chuvosa entre Natal/RN e Canavieiras/BA, Ano-Padrão 2002.....	145
FIGURA 42 - Atuação das Massas Equatorial e Tropical Atlântica sobre a Zona da Mata.....	146
FIGURA 43 – Direção dos ventos no dia 23 de agosto de 2002.....	147
FIGURA 44 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante a quadra chuvosa entre Guaratinga/BA e Caravelas/BA, Ano-Padrão 2002.....	150
FIGURA 45 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante o pós-quadra chuvosa entre Guaratinga/BA e Caravelas/BA, Ano-Padrão 2002.....	152
FIGURA 46 – Síntese da frequência mensal dos sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes entre as estações de Natal a Maceió no Ano-Padrão Muito Seco 2016.....	154
FIGURA 47 – Síntese da frequência mensal dos sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes entre as estações de Propriá a Canavieiras Ano-Padrão Muito Seco 2016.....	155
FIGURA 48 – Síntese da frequência mensal dos sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes entre as estações de Guaratinga e Caravelas Ano-Padrão Muito Seco 2016.....	156
FIGURA 49 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante a pré-estação chuvosa entre Natal/RN e Canavieiras/BA, Ano-Padrão 2016.....	159
FIGURA 50 - Depressão Subtropical nas proximidades do litoral baiano.....	161
FIGURA 51 – Nebulosidade sobre Aracajú associada a ZCIT.....	162
FIGURA 52 – Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante a quadra chuvosa entre Natal/RN e Canavieiras/BA, Ano-Padrão 2016.....	167
FIGURA 53 – Atuação da OL sobre as estações de Cruz das Almas e Salvador.....	168
FIGURA 54 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante o pós-quadra chuvosa entre Natal/RN e Canavieiras/BA, Ano-Padrão 2016.....	172
FIGURA 55 – Tempestade subtropical provocando nebulosidade sobre o litoral baiano.....	173

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Síntese das características das massas de ar e dos sistemas atmosféricos atuantes sobre a Zona da Mata de acordo com a literatura especializada.....	69
QUADRO 2 - Classificação das categorias e probabilidades da precipitação relacionada às ordens quantílicas.....	79
QUADRO 3 – Quantis com base nos totais anuais de precipitação.....	81
QUADRO 4 – Quantis com base nos totais anuais de precipitação do quadrimestre chuvoso.....	82
QUADRO 5 – Climogramas das Estações Climáticas do INMET presentes na Zona da Mata.....	89
QUADRO 6 – Total pluviométrico anual provocado por cada sistema atmosférico atuante na Zona da Mata, Anos-Padrão 2000 e 2016.....	177
QUADRO 7 – Total pluviométrico anual provocado por cada sistema atmosférico atuante na Zona da Mata, Ano-Padrão 2002.....	183
QUADRO 8 – Resumo da atuação dos sistemas atmosféricos e massas de ar sobre a Zona da Mata.....	198

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AL – Alagoas

AT – Atlântico Tropical

BA – Bahia

BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa

Cb – Nuvens Cumulonimbus

CCM's – Complexos Convectivos de Mesoescala

CCS – Complexos Convectivos de Escala Subsinótica

CE – Ceará

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação

DSA – Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais

ENOS – El Niño Oscilação Sul

FF – Frente Fria

FPA – Frentes Polares do Atlântico Sul

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

GRADM – Gradiente Inter-hemisférico ou meridional da temperatura da superfície do mar

GTM – Greenwich Mean Time

HN – Hemisfério Norte

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IR – Infra Vermelho

LI – Linhas de Instabilidades

LNE – Leste do Nordeste

LNE – Leste do Nordeste

MEA – Massa de Ar Equatorial do Atlântico

MPA – Massa Polar Atlântica

MTA – Massa Tropical Atlântica

NCEP National Centers for Environmental Prediction/Centros nacionais de Previsão Ambiental

NE – Nordeste

NEB – Nordeste brasileiro

NNE Norte do Nordeste ou Setor norte

NO – Nordeste

NO – Noroeste

OL – Ondas de Este

OMM – Organização Meteorológica Mundial

PB – Paraíba

PE – Pernambuco

RFF – Repercussões de Frentes Frias

RN – Rio Grande do Norte

SE – Sergipe

SE – Sudeste (ponto cardinal)

SEMARH – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos hídricos

SNE – Sul do Nordeste

SNE – Sul do Nordeste ou Setor sul

TA – Sistema Tropical Atlântico

TSM – Temperatura da Superfície do Mar

VCAN's – Vórtice Ciclônico de Altos Níveis

VCAS – Vórtice Ciclônico de Ar Superior

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

RESUMO

A região da Zona da Mata nordestina possui grande importância no contexto nacional. Foi neste setor que se iniciou a colonização brasileira, além dos primeiros ciclos econômicos. Esta é uma das regiões mais densamente povoadas do Brasil (IBGE, 2010) e é uma área que apresenta altos índices de pluviosidade, sendo uma característica marcante desta região, porém, pouco estudada. Este trabalho tem como fundamento teórico-metodológico a técnica da “Análise Rítmica” de Monteiro (1971). Esta técnica é um método investigativo do ritmo climático, pois, permite compreender a sucessão habitual e excepcional dos estados atmosféricos, e, ainda é fundamental para uma caracterização climática com ênfase na circulação atmosférica regional. Diante disto, este trabalho busca contribuir com a compreensão da climatologia da Zona da Mata por identificar a participação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos atuantes nesta área, bem como seus reflexos na variação dos elementos climáticos, principalmente das chuvas. Para isto utilizou-se uma escala temporal de dados meteorológicos de 1995 a 2016. Estes dados são referentes a 12 estações meteorológicas que pertencem ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A Análise Rítmica exige a escolha de Anos-Padrão, por isso, optou-se pela aplicação da técnica dos Quantis para a classificação dos totais pluviométricos anuais. Como resultado, pode-se mencionar primeiramente que o ano 2000 foi considerado Ano-Padrão muito chuvoso, 2002 foi considerado Ano-Padrão normal e 2016 tornou-se o Ano-Padrão muito seco. Em segundo lugar, a pesquisa buscou identificar possíveis relações entre a ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña, e, Dipolo positivo e negativo com a pluviosidade registrada na Zona da Mata, assim, identificou-se uma forte relação entre a pluviosidade na área de estudo e a ocorrência de El Niño e La Niña. No que diz respeito ao Dipolo positivo e negativo, o número de ocorrências deste fenômeno foi insuficiente para se estabelecer possíveis conclusões. Terceiro, com base na pluviosidade, a Zona da Mata foi subdividida em 3 sub setores: Centro-norte, sul e extremo sul. Por ultimo, a frequência, intensidade e setor em que as massas de ar e sistemas atmosféricos atuam na Zona da Mata foram identificados com êxito, estes dados também foram representados espacialmente através de mapas.

Palavras-chave: Precipitação; Massas de ar; Sistemas Atmosféricos; Ritmo Climático; Nordeste.

ABSTRACT

The northeastern region of the Zona da Mata has great importance in the national context. It was in this sector that started the Brazilian colonization, in addition to the first economic cycles. This is one of the most densely populated regions of Brazil (IBGE, 2010) and it is an area that offers high levels of rainfall, being a striking feature of this region, however, little studied. This work has as theoretical-methodological basis the technique of "Rhythmic Analysis" of Monteiro (1971). This technique is a method of rhythm research therefore; climate allows understanding the usual succession and exceptional atmospheric states, and, it is still essential for a climate characterization with emphasis on regional atmospheric circulation. Before this, this scientific work seeks to contribute to the understanding of the climatology of the Zona da Mata by identify the participation of air masses and atmospheric systems operating in this area, as well as his reflections on variation of climate elements, especially rainfall. For this, was used a temporal scale of meteorological data from 1995 to 2016. These reports refer to 12 meteorological stations that are of the National Institute of Meteorology (INMET). Rhythmic Analysis requires a choice of standard years, therefore, opted for the application of the Quantis technique to the classification of annual rainfall totals. As result, can be mentioned it first that the year 2000 was considered Standard Year very rainy, 2002 was considered Normal Standard Year and 2016 became the very dry Standard Year. In second place, this research sought to identify possible relationships between the occurrence of El Niño and La Niña phenomena, and, positive and negative Dipolo with rainfall recorded in Zona da Mata, thus, was identified a strong relationship between rainfall in the study area and the occurrence of El Niño and La Niña. With regard to the positive and negative Dipolo, the number of occurrences of this phenomenon was insufficient to establish possible conclusions. Third, based on rainfall, was subdivided the Zona da Mata into three sub-sectors: Center-North, South and Far South. Lastly, the frequency, intensity and sector in which air masses and atmospheric systems operate in the Zona da Mata were successfully identified, these data were also represented spatially through maps.

Key words: Precipitation; Air Masses; Atmospheric Systems; Climate Rhythm; Northeast.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	19
1.1 OBJETIVOS.....	25
2. DESCRIÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO.....	26
2.1 Aspectos físico-naturais da Zona da Mata.....	29
3. ABORDAGEM TEÓRICA E METODOLÓGICA.....	36
3.1 A Climatologia no Brasil e suas abordagens.....	37
3.1.1 A Climatologia Tradicional.....	37
3.1.2 A Climatologia Dinâmica.....	39
3.2 A Zona da Mata e suas delimitações.....	45
3.2.1 Massas de ar e sistemas atmosféricos atuantes na região da Zona da Mata.....	50
3.2.2 A temperatura da superfície dos Oceanos Pacífico e Atlântico e a sua relação com as chuvas na Zona da Mata Nordestina.....	66
3.3 Procedimentos Metodológicos.....	72
3.3.1 Fase I - Revisão Bibliográfica.....	72
3.3.2 Fase II - Aquisição dos Dados.....	72
3.3.2.1 Etapa I - Dados de Estações meteorológicas e postos pluviométricos.....	72
3.3.2.2 Etapa II - Análise Sinótica.....	75
3.3.3 Fase III - Tratamento e análise dos dados.....	77
3.3.3.1 Etapa I - Organização dos dados e recurso estatístico.....	77
3.3.3.2 Etapa II – Eleição dos Anos-Padrão e Análise Rítmica.....	83
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	86
4.1 Descrição climática da região da Zona da Mata.....	87
4.2 Análise da variabilidade pluviométrica interanual na Zona da Mata.....	91
4.3 Análise da relação entre os fenômenos de El Niño, La Niña e Dipolo com a pluviosidade na Zona da Mata entre os anos de 1995 – 2016.....	96
4.4 Seleção dos Anos-Padrão.....	100
4.5 Análise Rítmica aplicada a Zona da Mata.....	101
4.5.1 Ano-Padrão Muito Chuvoso – 2000.....	102
4.5.1.1 Análise da pré-estação chuvosa entre Natal e Canavieiras, Ano-Padrão Muito Chuvoso, 2000.....	102
Análise de Episódio, 21 e 22 de janeiro de 2000.....	109

4.5.1.2 Análise da quadra chuvosa entre Natal e Canavieiras, Ano-Padrão Muito Chuvoso, 2000.....	111
Análise de Episódio, dias 20 e 21 de maio de 2000.....	116
4.5.1.3 Análise do pós-quadra chuvosa entre Natal e Canavieiras, Ano-Padrão Muito Chuvoso, 2000.....	118
Análise de Episódio, 15 e 16 de setembro de 2000.....	121
4.5.1.4 Quadra chuvosa entre Guaratinga e Caravelas, Ano-Padrão 2000.....	122
4.5.1.5 Pós-Quadra chuvosa entre Guaratinga e Caravelas, Ano-Padrão 2000.....	126
4.5.2 Ano-Padrão Normal – 2002.....	128
4.5.2.1 Análise da pré-estação chuvosa entre Natal e Canavieiras, Ano-Padrão Normal, 2002.....	128
Análise de Episódio, 10 de março de 2002.....	135
4.5.2.2 Análise da quadra chuvosa entre Natal e Canavieiras, Ano-Padrão Normal, 2002.....	136
Análise de episódio, 31 de maio de 2002.....	142
4.5.2.3 Análise do pós-quadra chuvosa entre Natal e Canavieiras, Ano-Padrão Normal, 2002.....	143
Análise de episódio, 23 de agosto de 2002.....	146
4.5.2.4 Quadra chuvosa entre Guaratinga e Caravelas, Ano-Padrão 2002.....	148
4.5.2.5 Pós-Quadra chuvosa entre Guaratinga e Caravelas, Ano-Padrão 2002.....	151
4.5.3 Ano-Padrão Muito Seco – 2016.....	153
4.5.3.1 Análise da pré-estação chuvosa entre Natal e Canavieiras, Ano-Padrão Muito Seco, 2016.....	153
Análise de episódios, dia 05 de janeiro e 30 de março de 2016.....	160
4.5.3.2 Análise da quadra chuvosa entre Natal e Canavieiras, Ano-Padrão Muito Seco, 2016	162
Análise de episódio, 24 de maio de 2016.....	168
4.5.3.3 Análise do pós-quadra chuvosa entre Natal e Canavieiras, Ano-Padrão Muito Seco, 2016.....	169
Análise de Episódio, 15 de novembro de 2016.....	173
4.5.3.4 Quadra chuvosa em Guaratinga e Caravelas, Ano-Padrão muito seco 2016.....	174
4.5.3.5 Pós Quadra chuvosa em Guaratinga e Caravelas, Ano-Padrão muito seco 2016.....	175
4.6 Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata e suas influências sobre a pluviosidade registrada nas estações	

meteorológicas.....	176
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	199
REFERÊNCIAS.....	202
APÊNDICES.....	213
ANEXO.....	225

1. INTRODUÇÃO



Ilustração de Percy Lau (IBGE, 1963, p.94). Retrato todos os tipos e aspectos do Brasil em seus desenhos, a bico de pena, com uma técnica e precisão até hoje inigualáveis.

<https://www.percylau.com.br/>

O Nordeste brasileiro (NEB) está inserido na zona tropical do planeta, tem seus limites situados entre as latitudes 1° e 18° Sul e 35° e 48° de longitude leste aproximadamente, ocupa uma área de 1,5 milhões de Km². O NEB encontra-se na porção mais oriental da América do Sul e é a região do Brasil mais subdividida politicamente, com nove Estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. Tal região apresenta grande diversidade geográfica quanto aos aspectos físico-naturais, socioeconômicos e culturais.

O NEB possui uma extensa faixa litorânea, com cerca de 3.345 Km de extensão o que corresponde a 35% do litoral brasileiro, esta linha de costa apresenta uma brusca mudança de direção, dando origem a duas grandes regiões costeiras: a região Nordeste Setentrional ou costa semiárida brasileira (com direção setentrional) e a região Nordeste Oriental (com direção meridional), devido a esta configuração, ambas apresentam compartimentos morfológicos, cobertura vegetal e tipos climáticos distintos (DINIZ et al., 2016). A vegetação presente na costa setentrional é predominantemente de caatinga, resultante da influência de um clima mais quente e seco, enquanto na costa oriental, predomina a Mata Atlântica, influenciada por um clima mais úmido e chuvoso. A costa oriental também é conhecida historicamente como Zona da Mata nordestina (ANDRADE, 1986), este será o principal termo utilizado neste trabalho para referir-se a esta região (Figura 1).

Dentre os fatores naturais predominantes no Nordeste, Andrade (1986, p. 25) cita que “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”, esta característica é evidente na Zona da Mata, onde os altos índices de pluviosidade tornam-se uma característica marcante, o que se reflete nas outras características geográficas da região, permitindo a existência de uma rede hidrográfica mais expressiva com rios perenes e a presença de uma vegetação densa, e de grande porte, que é a Mata Atlântica (o que caracteriza o termo Zona da Mata) (DINIZ et al., 2016; ANDRADE, 1986), tais características são e foram de fundamental importância para a ocupação deste espaço geográfico que será o universo de análise desta pesquisa.

Figura 1 - Zona da Mata do Nordeste Brasileiro



Sobre tais aspectos, Diniz et al. (2016, p.11) comentam que “ainda hoje, o litoral [Zona da Mata] se destaca como a área mais dinâmica economicamente e demograficamente do Nordeste brasileiro, abrigando os principais polos socioeconômicos e as áreas mais

densamente povoadas dessa grande região”. Estes comentários destacam a grande importância da Zona da Mata no contexto nacional. Foi neste setor do Nordeste que se iniciou a colonização brasileira, além dos primeiros ciclos econômicos, como a exploração extrativista do pau-brasil e a produção canavieira. Na Zona da Mata, uma das regiões mais densamente povoadas do Brasil (IBGE, 2010), encontram-se seis das nove capitais nordestinas.

Considerando as características físicas, demográficas, históricas e econômicas, pode-se mencionar que a Zona da Mata possui um intenso uso e ocupação do solo, seja na área urbana, ou na zona rural, o que proporcionou ao longo do tempo, uma forte descaracterização dos espaços naturais. Esta descaracterização, quando não feita de forma planejada e com o devido manejo, pode resultar em sérios impactos de ordem climática, uma vez que na Zona da Mata a pluviosidade é bastante expressiva.

Sobre estes impactos, pode-se mencionar: inundações em áreas urbanas resultantes da impermeabilização do solo e da rede de drenagem ineficiente, que acarretam prejuízos as comunidades que apresentam maior vulnerabilidade, como as que vivem em áreas de risco. As inundações também provocam problemas relacionados à mobilidade urbana, falta de abastecimento de água e interrupção no fornecimento de energia. Deslizamentos de terra também podem gerar inúmeros danos, inclusive, perdas humanas, tanto em áreas urbanas como rurais; as enchentes podem danificar e destruir pontes e provocar forte erosão nas várzeas desmatadas dos rios, deslizamentos e entre outros danos.

Diante destas questões, Sant’anna Neto (1998, p. 122) afirma que “o clima assume importante papel como insumo, tanto na produção agrícola quanto na construção do ambiente urbano”, também pode ser considerado como regulador de processos urbanos e agrários, contudo, quando não encarado desta forma, pode ser um importante agente de impactos, como afirma Monteiro (1976), trazendo assim, sérios prejuízos a sociedade.

Diante do exposto, é possível afirmar que é de suma importância a compreensão da dinâmica climática (que se reflete principalmente sobre a pluviosidade) predominante na Zona da Mata, sendo de grande valor, sobretudo, para a gestão territorial, seja ela relacionada aos espaços urbanos, rurais ou as questões ambientais, permitindo assim, um planejamento adequado evitando ou minimizando os impactos à população que reside nesta região nordestina. O conhecimento a respeito da climatologia local também é um importante subsídio para inúmeras pesquisas dos mais diversos campos da ciência, que necessitem desse entendimento.

Além do exposto, destaca-se o fato de que a Zona da Mata e o Nordeste como um todo, ainda apresentam carência de estudos climáticos com base no paradigma da climatologia

dinâmica, ou seja, estudos que são capazes de revelar a realidade climática local a partir da análise da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos, identificando seus reflexos e variações sobre o clima, evidenciando assim, a gênese da pluviosidade, que é de fundamental importância. Estes estudos integram todos os elementos atmosféricos, por isto, são capazes de interpretar a realidade climática.

As pesquisas realizadas no Brasil sob o viés da Climatologia Dinâmica utilizam um conjunto de procedimentos metodológicos propostos por Monteiro (1971), denominada de “Análise Rítmica”, que se tornou um verdadeiro paradigma desta ciência para a climatologia geográfica, este, consiste num método investigativo do ritmo climático, pois, permite compreender a sucessão habitual dos estados atmosféricos, tanto em seus estados considerados normais como excepcionais. Apesar da importância da Análise Rítmica, sua aplicação para a Região Nordeste ainda é escassa, contudo, está também não é uma situação exclusiva do NEB, tanto Zavatini (1998) como o próprio Monteiro (1969), apontam a falta de trabalhos que investigam a dinâmica climática em outras regiões do país, como toda a região Norte e setores do Centro-Oeste.

Portanto, mediante a carência de estudos climáticos regionais sob o enfoque da Climatologia Dinâmica para a Zona da Mata, diante da importância desta região no cenário nacional e suas características climáticas, esta pesquisa propõe, a partir da aplicação da técnica da Análise Rítmica, contribuir para a compreensão da gênese das chuvas no setor mais úmido do Nordeste. Para isto, será utilizada uma série temporal (1995 a 2016) de dados meteorológicos obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) referentes a 12 estações climáticas representativas da região: Natal/RN, João Pessoa/PB, Recife/PE, Porto de Pedras/AL, Maceió/AL, Propriá/SE, Aracajú/SE, Cruz das Almas/BA, Salvador/BA, Canavieiras/BA, Guaratinga/BA e Caravelas/BA. Estas estações formam um perfil latitudinal para análise climática com a Estação de Natal/RN representando o extremo norte da Zona da Mata e a Estação de Caravelas/BA, representando o extremo sul.

Como justificativa, pode-se apontar primeiramente à inexistência de estudos aplicados a Zona da Mata, que investigam mais detalhadamente a influência das massas de ar e dos sistemas atmosféricos¹ sobre os atributos climáticos, principalmente a chuva. Em segundo lugar, pode-se mencionar toda a importância que se reveste a compreensão da dinâmica

¹ Os sistemas e massas de ar que atuam sobre a Zona da Mata são fenômenos de escala primária (ZCIT- Zona de Convergência Intertropical), secundária (MEAS- Massa Equatorial do Atlântico Sul, MTA- Massa Tropical Atlântica, MPA - Massa Polar Atlântica, ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul, OE- Ondas de Leste, VCAS - Vórtice Ciclônico de Ar Superior, LI- Linhas de Instabilidade, CCMs – Complexos Convectivos de Mesoescala) e os de escala local como as Brisas marítimas e terrestres (MOLION e BERNARDO, 2002; FERREIRA e MELLO, 2005; PEREIRA, 2014).

atmosférica regional e local para os mais diversos setores da sociedade, e por contribuir diretamente para a tomada de decisões, sendo um importante subsídio para a gestão territorial e ambiental, seja ela relacionada a espaços urbanos ou rurais. Em terceiro lugar, justifica-se a realização da pesquisa devido ao fato de que na Zona da Mata se concentra um grande contingente populacional, além de possuir a maior parte das capitais do NEB.

Com o propósito de melhor direcionar a investigação quanto à atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos na região da Zona da Mata foram elaboradas as seguintes questões: A Massa Equatorial Atlântica Sul e Massa Tropical Atlântica atuam em conjunto ao longo de toda Zona da Mata, ou atuam de forma isolada, sem relações entre si? Atuam em áreas específicas? Neste caso, quais áreas? Qual a frequência e intensidade com que as Frentes Frias atuam ao longo da Zona da Mata? As Ondas de Leste possuem a mesma frequência e intensidade de atuação em toda a Região?

1.1 OBJETIVOS

Objetivo Geral

Identificar a participação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos atuantes na Zona da Mata do Nordeste brasileiro, bem como seus reflexos na variação dos elementos climáticos, principalmente das chuvas.

Objetivos Específicos

Analisar a variação espaço-temporal das chuvas na Zona da Mata;

Eleger Anos-Padrão (Muito seco, Normal, Muito chuvoso) a partir da variação da pluviosidade em escala mensal e anual;

Relacionar os anos de El Niño, La Niña e Dipolo Positivo/Negativo com os totais pluviométricos das estações meteorológicas;

Eleger episódios pluviais mais representativos dos Anos-Padrão para uma análise das variáveis meteorológicas;

Propor uma síntese climática de base genética para a Zona da Mata.

2. DESCRIÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO



Em primeiro plano observa-se a Capela da Batalha (Nossa Senhora das Batalhas) às margens do rio Paraíba e a Ponte da Batalha. Estes monumentos foram palco de lutas entre portugueses e holandeses. Em segundo plano observa-se os canaviais e em terceiro, no canto superior direito, a cidade de João Pessoa/PB.

Foto: Alan Henrique (2017).

A Zona da Mata do Nordeste brasileiro foi o primeiro território ocupado no processo de colonização brasileira. A ocupação e a exploração destas terras marcaram profundamente não só a organização espacial desta região, como também sua paisagem, economia e história. O atual Nordeste é o resultado histórico do tipo de ocupação realizada pelos portugueses (ANDRADE, 1986; ANDRIGHETTI, 1998; FREYRE, 2004; DINIZ et al., 2016).

Com base nas observações de Rocha et al., (2010), o meio físico estabeleceu fortes condicionantes à ocupação deste território e ao desenvolvimento das primeiras atividades na Zona da Mata e no Nordeste como um todo, contudo, foi à atuação do homem sobre o meio físico que determinou a organização deste espaço. Como o Nordeste está longe de ser homogêneo, essa organização ocorreu a partir de diferentes formas de construção, tanto antigas, quanto mais recentes. Deste modo, ao longo do tempo, ocorreram especializações no espaço nordestino, como a produção canavieira na Zona da Mata, a pecuária no interior, o algodão e arroz no Meio-Norte e cacau no Sudeste baiano (ROCHA et al., 2010). Destas, nos interessa a mais antiga e historicamente mais importante - a produção canavieira na Zona da Mata.

Portugal, estimulado pelo desenvolvimento do capitalismo comercial e o comércio de especiarias, não encontrando pedras preciosas, buscou outros meios de explorar estas terras e ocupa-las, mantendo-as assim, sob sua posse. Deste modo, a alternativa encontrada foi implantar a monocultura açucareira na Zona da Mata que foi apoiada não só pelo momento histórico favorável do comércio de especiarias como também pela mão de obra escrava (a princípio dos nativos e posteriormente dos negros africanos), pela proximidade com a Europa e a África, e, pelas condições físicas ideais para a produção da cana que permanece até hoje nestas terras, depois de 4 séculos (ANDRIGHETTI, 1998, FREYRE, 2004; DINIZ et al., 2016).

Sobre a influência dos fatores naturais da Zona da Mata, Freyre (2004) menciona que as condições particularmente favoráveis de solo, de atmosfera e da situação geográfica tornaram possível a estabilidade da cultura da cana. Segundo este autor, “a qualidade do solo, completada pela atmosfera, condicionou, como talvez nenhum outro elemento, essa especialização regional da colonização da América pelos portugueses” (FREYRE, 2004, p.48). Ampliando esta descrição, o clima da Zona da Mata é quente e úmido apresentando uma estação chuvosa e outra seca em parte deste setor, somado a isto, o solo é argiloso e fértil, este ficou historicamente conhecido como massapé (ANDRADE, 1986).

Foi sobre este solo que se estabeleceram os alicerces dos primeiros engenhos da colônia portuguesa no Brasil e é sobre sua importância no cenário histórico e nacional que

Freyre (2004, p.50) menciona: “a terra que primeiro prendeu os luso-brasileiros, em luta com outros conquistadores, foi esse barro vermelho ou escuro. Foi a base física não simplesmente de uma economia ou de uma civilização regional, mas de uma nacionalidade inteira”. A produção canavieira na Zona da Mata fez do Nordeste à região mais importante e mais rica do país, por mais de dois séculos essa região foi a maior fonte de riqueza da colônia brasileira, além de ser um dos principais fatores que tornou o Brasil a colônia mais importante para a metrópole portuguesa (ANDRIGHETTI, 1998; DINIZ et al., 2016).

Dentre as várias consequências negativas dessa produção, Andrighetti (1998, p. 12) destaca que esta “só se tornaria um negócio lucrativo se fosse praticado em larga escala, em grandes extensões de terra. Essas circunstâncias determinaram o tipo de exploração agrária adotada no Brasil: a grande propriedade”. Essa forma de produção se estende até os dias atuais e exigiu naquele momento muita mão de obra, o que levou ao emprego do trabalho escravo em larga escala (FREYRE, 2004).

Segundo Rocha et al. (2010, p. 15), essa estrutura produtiva “fazia com que os engenhos e fazendas se tornassem, a um só tempo, unidades de povoamento e de produção”, pois, ao lado dos engenhos, implantava-se a casa grande, que era a residência do proprietário, onde também viva os empregados e lavradores; a senzala, onde viviam os escravos; e, a capela, onde eram realizadas cerimônias. Estes autores ainda mencionam que logo houve a “formação de uma série de povoações e vilas que surgiram em função do comércio internacional. [...] A rede urbana em formação surgia em função do exterior (ROCHA et al., 2010, p.17). Segundo Diniz et al. (2016, p.11) esse desenvolvimento levou a maior parte da população brasileira a residir nas cidades do litoral oriental nordestino, onde habitava em 1872, época do primeiro recenseamento brasileiro, 47% da população desse país (CARVALHO, 2014, p. 7).

A Zona da Mata ainda é uma das regiões mais densamente povoadas do Brasil (IBGE, 2010)², abrigando seis das nove capitais nordestinas, além de importantes polos industriais, tais como o Polo Industrial de Camaçari (BA) e o Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros (mais conhecido como porto de Suape em PE). Na atualidade a Zona da Mata é considerada por Diniz et al (2016) como sendo uma área de grande dinâmica econômica e demográfica.

Por último, cabe ressaltar que, apesar da grande importância econômica para a Zona da Mata, a produção canavieira impôs grandes consequências como menciona Freyre (2004, p.

² Mapa de Densidade Demográfica do Brasil elaborado pelo IBGE (2010).

38), segundo este autor, a “monocultura, a escravidão, o latifúndio – mais principalmente a monocultura – [...] é que abriram na vida, na paisagem e no caráter da gente as feridas mais profundas”. Esta breve citação resume as observações já feitas até o momento, uma vez que, a produção canavieira visando o lucro, exigiu grande quantidade de mão de obra escrava dominada por uma minoria rica, devastou a Mata Atlântica e deu origem a grandes latifúndios. Atualmente a paisagem da Zona da Mata ainda é marcada pela presença da cana-de-açúcar que ganhou novos usos³, mantendo os latifúndios e dividindo espaço com os núcleos urbanos cada vez mais adensados em detrimento dos resquícios de Mata Atlântica. As primeiras vilas ou cidades tornaram-se centros históricos e alguns dos antigos engenhos viraram museus que contam a história do que passou (ROCHA et al., 2010).

2.1 Aspectos físico-naturais da Zona da Mata

De acordo a classificação mais atual do relevo brasileiro estabelecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) que foi realizada em 2006⁴, na Zona da Mata nordestina, predominam as unidades do relevo conhecidas como tabuleiros costeiros e as planícies marinhas. Os tabuleiros são definidos como sendo “formas de relevo de topo plano, elaboradas em rochas sedimentares, em geral limitadas por escarpas; os tabuleiros apresentam altitudes relativamente baixas” (IBGE, 2006), enquanto as planícies são definidas como sendo “formas de relevo planas ou suavemente onduladas, em geral posicionadas a baixa altitude, e em que processos de sedimentação superam os de erosão”, estas planícies também são influenciadas pela sedimentação oriunda de diversos rios que deságuam nesta faixa costeira.

As definições das formas de relevo mencionadas evidenciam o quanto estas são modeladas a partir da influência dos fatores externos (que são os modeladores do relevo), principalmente as condições climáticas, apresentando assim cotas altimétricas bastante modestas (TOLEDO; OLIVEIRA; MELFI, 2009), isto também fica evidente na própria classificação do relevo estabelecida pelo IBGE (2006).

Com respeito aos solos desta região, a cartilha de solos do Nordeste elaborada pela Embrapa (2014), considera que no setor onde se encontra a Zona da Mata, as principais classes de solos existentes aí são os argissolos e os latossolos, estas são classes de primeiro nível para

³ Tornou-se a base para a produção de combustíveis a partir da expansão das fontes de renováveis de energia (TARGINO, FILHO E MOREIRA, 2010).

⁴ Esta classificação é representada a partir do mapa de unidades de relevo do Brasil elaborado pelo IBGE (2006) na escala de 1: 5.000.000. Esta classificação está disponível no link: ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geomorfologia/mapas/brasil/relevo_2006.pdf

classificações mais regionais, ambas, possuem diversas subclasses ou subniveis categóricos identificados em escalas mais detalhadas de análise. Estes são solos fortemente influenciados pelas condições climáticas existentes na Zona da Mata, que, por ser uma região com altos índices pluviométricos, o intemperismo químico e físico é intensificado, o que dá a estes solos a característica de serem bem desenvolvidos (profundos) e lixiviados (TOLEDO; OLIVEIRA; MELFI, 2009).

Os argissolos apresentam acúmulo de argila em subsuperfície, estes “são solos minerais bem desenvolvidos e drenados, profundos a muito profundos. Exibe cores vermelhas, vermelho-amarelas” (EMBRAPA, 2014). É este tipo de solo que foi regionalmente denominado desde o período colonial como massapé. Os latossolos também são bem desenvolvidos e profundos com tons vermelhos a amarelados. Ambos apresentam bom potencial para uso com mecanização agrícola e agricultura irrigada (EMBRAPA, 2014), sendo bastante utilizados na Zona da Mata para o cultivo de cana-de-açúcar.

Com respeito à cobertura vegetal, a vegetação predominante na Zona da Mata é a Mata Atlântica. Esta é considerada um bioma pelo Ministério do Meio Ambiente, que, segundo este, é formado “[...] por um conjunto de formações florestais (Florestas: Ombrófila Densa, Ombrófila Mista, Estacional Semidecidual, Estacional Decidual e Ombrófila Aberta) e ecossistemas associados como as restingas, manguezais e campos de altitude [...]” (BRASIL, 2017)⁵. Segundo Aziz Ab'Sáber (2007, p. 48), a Mata Atlântica “na sua conformação original - tendo por referencia o quadro encontrado pelos colonizadores -” ocupava uma área muito maior que a atual Zona da Mata nordestina, este afirma:

[...] as florestas tropicais iniciavam-se em um longo corredor sul-norte de largura aproximada entre 40 e 50 quilômetros para o interior. Um quadro paisagístico e ecológico que se estendia pelos tabuleiros do Nordeste Oriental, desde a Paraíba e *pro parte* o Rio Grande do Norte, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, atingindo os bordos internos do Recôncavo Baiano, até Feira de Santana. Ao sul-sudeste do Recôncavo elas se estrangulam sensivelmente, cedendo lugar a uma semi-aridez oeste-leste responsável por caatingas espinhentas pontilhadas por Inselbergs na região de Milagres, município de Amargosa (AZIZ AB'SÁBER, 2007, p. 48).

Segundo dados levantados pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) em conjunto com a fundação SOS Mata Atlântica ⁶, originalmente a Mata Atlântica ocupava uma área de 1.309.736 km² no território brasileiro. Seus limites originais contemplavam áreas em 17

⁵ http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atl%C3%A2ntica_emdesenvolvimento

⁶ SOS Mata Atlântica: <https://www.sosma.org.br/nossa-causa/a-mata-atlantica/INPE:>
http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=3610

Estados (Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia, Alagoas, Sergipe, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí).

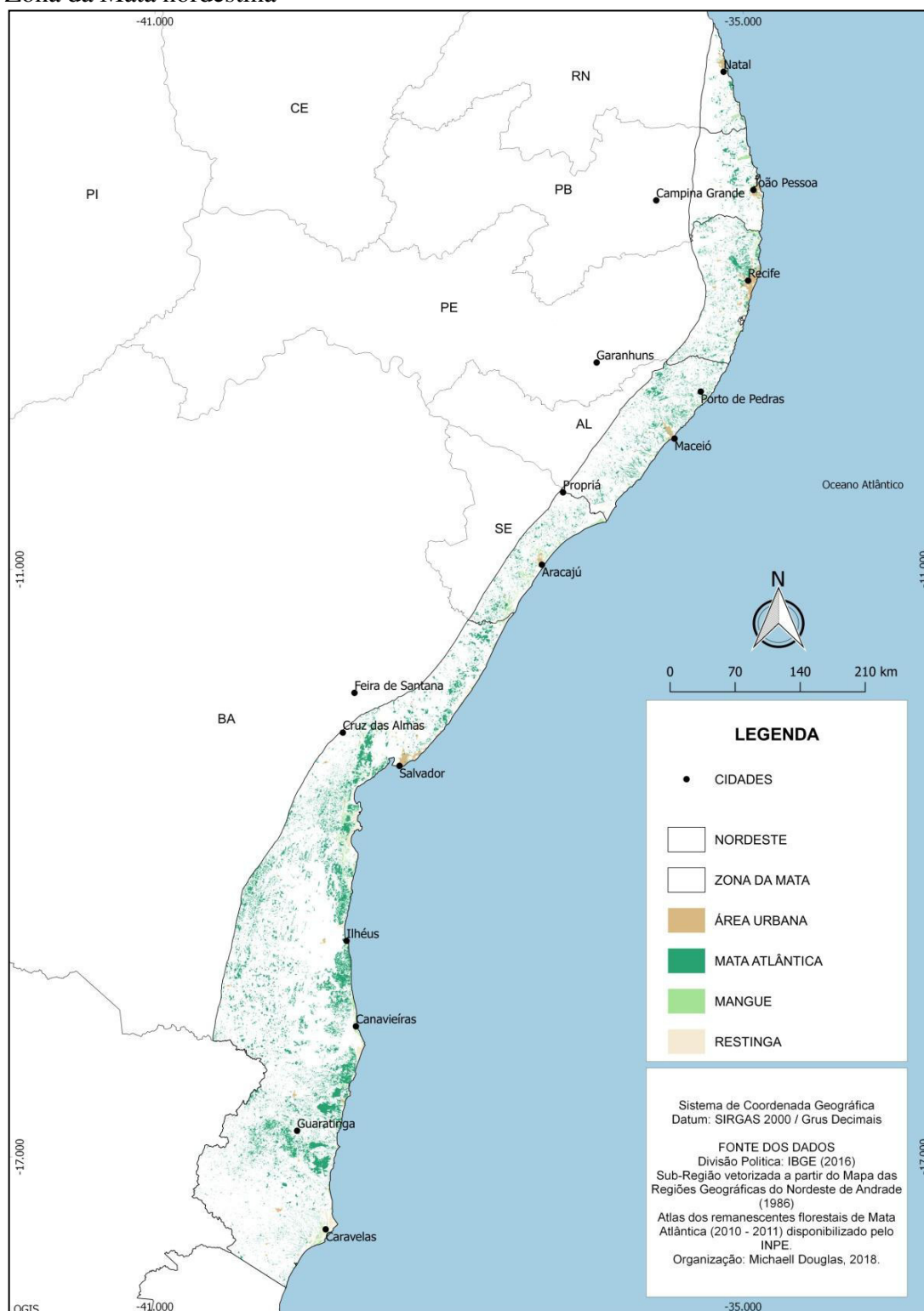
Desde os primórdios da colonização brasileira essa vegetação sofre com o desmatamento, uma vez que o primeiro produto a ser explorado pelos colonizadores foi o Pau-Brasil, seguido pelos canaviais, que ocupavam áreas anteriormente ocupadas pela Mata Atlântica na Zona da Mata nordestina. De acordo com dados do Atlas de remanescentes florestais de Mata Atlântica (2016)⁷ elaborado pelo INPE e pela fundação SOS Mata atlântica, restam no Brasil 8,5 % de remanescentes florestais acima de 100 hectares, e, se somados todos os fragmentos de Mata Atlântica nativa acima de 3 hectares, teremos atualmente 12,5% do que existia originalmente dessa vegetação.

Hoje existe grande pressão sobre esta vegetação, devido ao fato de que, segundo a fundação SOS Mata Atlântica (2017), atualmente vivem em toda a área ocupada por este bioma “quase 72% da população brasileira”. Este órgão ainda menciona que na Zona da Mata nordestina, a Mata Atlântica existe altamente fragmentada, limitando-se a áreas de forte declividade, como áreas de preservação permanente, reservas legais, unidades de conservação públicas e privadas, além de áreas sem nenhuma proteção, estes remanescentes na Zona da Mata podem ser observados na Figura 2, esta foi elaborada com base nos dados do Atlas de remanescentes florestais de Mata Atlântica (2016) elaborado pelo INPE e pela fundação SOS Mata Atlântica.

Ao destacar a importância desta vegetação, o site do Ministério do Meio Ambiente (2017) cita que esta exerce a função de controlar o equilíbrio climático. Com base nisto, pode-se levantar alguns questionamentos com respeito à influência da vegetação de Mata Atlântica, enquanto um fator climático para os climas da Zona da Mata nordestina: Será que, em suas condições originais, a pluviosidade sobre a Zona da Mata era mais elevada devido à influência desta vegetação sobre a umidade atmosférica? Será que esta vegetação em toda sua densidade, não contribuía para a ocorrência os chamados “rios voadores”, que influenciados pelos alísios de sudeste poderiam irrigar áreas mais interioranas como a região do agreste nordestino? E, será que os rios que correm nesta área não se apresentavam mais caudalosos devido à maior pluviosidade ou sujeitos a maiores cheias? Essas são questões de difícil resposta, uma vez que a Mata Atlântica se apresenta altamente devastada na Zona da Mata, dando lugar a grandes áreas de canaviais, pastagens e a densos perímetros urbanos.

⁷ <http://mapas.sosma.org.br/>

Figura 2 – Mapa de Distribuição dos remanescentes florestais de Mata Atlântica na Zona da Mata nordestina



Tratando da hidrografia da Zona da Mata, esta região está coberta por três Regiões Hidrográficas estabelecidas pela Agencia Nacional de Águas (ANA)⁸, estas são:

⁸ <http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/default.aspx>

- Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental: Esta abrange mais de uma dezena de pequenas bacias costeiras, caracterizadas pela pequena extensão e vazão de seus corpos d'água. Estas bacias localizam-se no Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas. Além de bacias do Ceará.
- Região Hidrográfica do São Francisco: Esta abrange toda a bacia do São Francisco, que está dividida em alto, médio e baixo curso. Nesta Região Hidrográfica, parte do baixo curso do Rio São Francisco, localizada entre Alagoas e Sergipe está inserida dentro da Zona da Mata.
- Região Hidrográfica Atlântico Leste: Contempla grande parte de Sergipe e todo o litoral Baiano, além do Norte de Minas Gerais e Espírito Santo.

As Regiões Hidrográficas do Atlântico Leste e Atlântico Nordeste Oriental correspondem a um agrupamento de bacias menores, estas são consideradas bacias secundárias ou costeiras devido à menor extensão dos rios que as formam (ANA, 2017). Muitos dos rios que cortam a Zona da Mata nascem nas encostas orientais do Planalto da Borborema e da Chapada Diamantina, a exemplo dos rios Paraíba, Capibaribe, Beberibe (que nascem no Planalto da Borborema) e os rios de Contas e Paraguaçu (que nascem na Chapada Diamantina).

Grande parte ou praticamente todos os rios que estão inseridos dentro dos limites da Zona da Mata são considerados perenes. Com base nos dados pluviométricos desta Região, fornecidos pelo INMET, sabe-se que esta é uma área com elevados totais pluviométricos anuais, portanto, é inquestionável que estes altos índices pluviométricos representam uma importante recarga para estes rios, tornando-os perenes. Esta fonte hídrica constante foi de fundamental importância para o surgimento de cidades às margens destes rios, como é o caso das capitais Natal, João Pessoa e Recife (ANDRADE, 1986). Além disto, durante o período colonial, muitos rios da Zona da Mata tiveram suas várzeas utilizadas para o plantio de cana-de-açúcar, prática que se estende até hoje. Esta situação levou Andrade (1986) a nomear estes rios de “rios-de-açúcar” diante da tamanha importância destes para os canaviais.

Tratando do clima da Zona da Mata, é importante considerar algumas observações feitas por Nimer (1979). Este autor explica que a climatologia do Nordeste apresenta grande complexidade, que "não se traduz em grandes diferenciações térmicas, mas reflete-se em uma extraordinária variedade climática, do ponto de vista da pluviosidade". Este ainda acrescenta que dentre vários fatores, “sua complexidade decorre fundamentalmente de sua posição

geográfica em relação aos diversos sistemas de circulação atmosférica" (NIMER, 1979, p. 315).

Esta complexidade pode ser observada ao longo de todo o litoral, conforme é mencionado por Diniz et al. (2016), estes afirmam que devido a forma e posição do litoral Nordeste, que apresenta uma mudança abrupta de direção de linha de costa, os dois litorais, a costa setentrional do Nordeste e a costa oriental, ou Zona da Mata, apresentam climas totalmente diferenciados. Além disto, dentro da própria Zona da Mata, não existe uma homogeneidade climática, isto pode ser observado ao analisarmos o mapa de macrotipos climáticos do Brasil (Figura 3), elaborado por Mendonça e Danni-Oliveira (2007) e que toma como base o mapa de Climas do Brasil elaborado pelo IBGE (2002). Esta classificação considera os valores médios mensais de chuva, além da atuação habitual das massas de ar sobre o país, permitindo uma maior aproximação da dinâmica climática do Brasil e suas regiões.

Neste mapa, é possível observar que o macrotipo climático predominante na Zona da Mata é o “clima tropical litorâneo do Nordeste Oriental” este apresenta três subtipos:

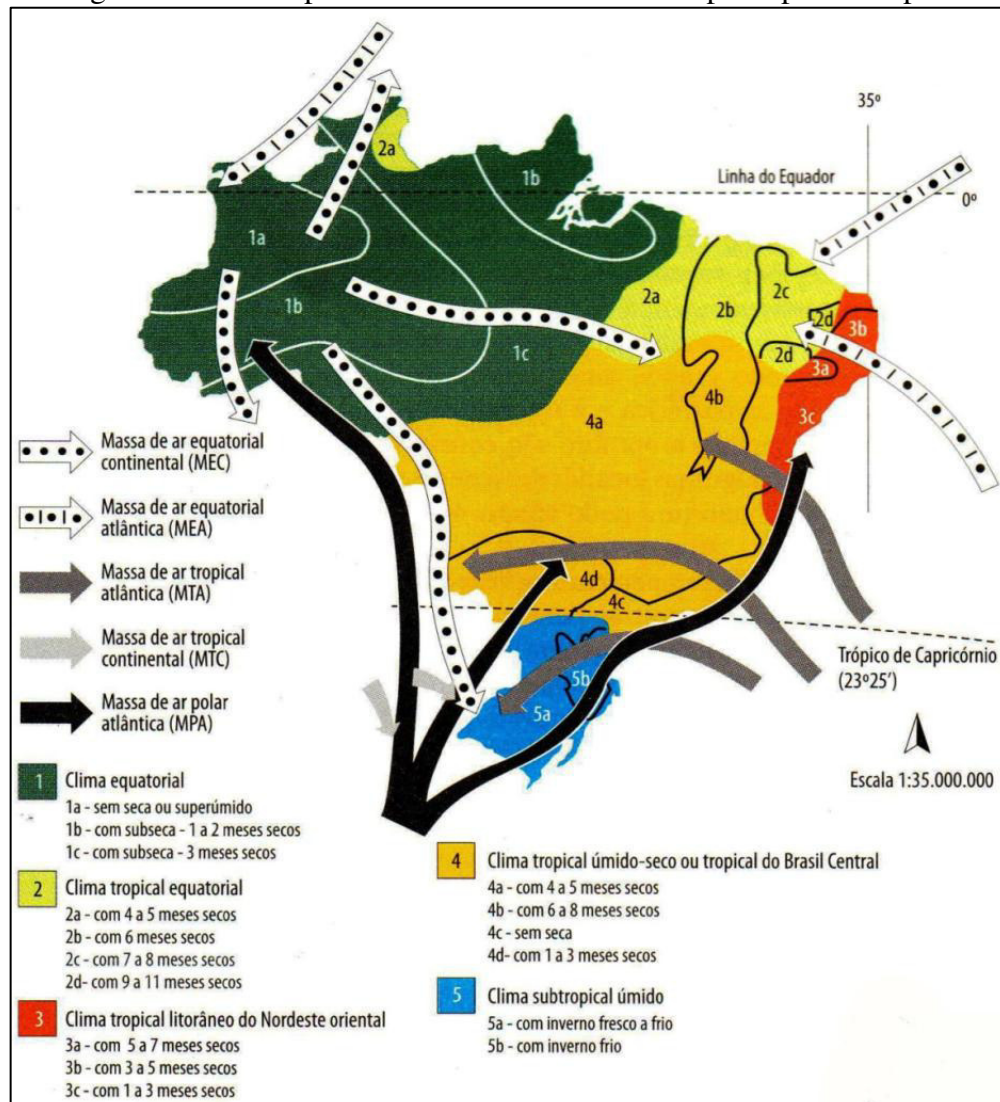
3a, por localiza-se mais ao interior do território nordestino, não está inserido dentro da Zona da Mata;

3b, que corresponde à porção norte da Zona da Mata e se estende até as proximidades de Sergipe, com 3 a 5 meses secos;

3c, que corresponde ao litoral baiano e apresentam de 1 a 3 meses secos.

Outro macrotipo climático presente em um pequeno trecho da Zona da Mata é o “clima tropical úmido-seco ou tropical do Brasil central”, deste, apenas o “subtipo 4c - sem seca” ocorre no extremo sul da Zona da Mata.

Figura 3 – Macrotipos climáticos do Brasil e seus principais subtipos



Fonte: Mendonça e Danni-Oliveira (2007).

3. ABORDAGEM TEÓRICA E METODOLÓGICA



Típica praia da Zona da Mata com coqueirais, falésias e águas claras. Praia de Tabatinga – PB.

Foto: Michael Douglas (2018)

3.1 A Climatologia no Brasil e suas abordagens

3.1.1 A Climatologia Tradicional

Ao longo do tempo, as pesquisas que tratam das características climáticas do Brasil, (principalmente aquelas que investigam a circulação atmosférica) no seio da climatologia, foram influenciadas pela presença de duas grandes linhas de abordagem metodológica existentes no país, a climatologia tradicional e climatologia dinâmica (BARROS e ZAVATTINI, 2009; ZAVATTINI e BOIN 2013).

Em uma tentativa de periodização da história da climatologia no Brasil, Sant’Anna Neto (2013) sistematiza o desenvolvimento desta ciência em “três seguimentos de tempo, ou seja, períodos”. Sobre o “primeiro período”, Sant’Anna Neto (2013) menciona:

Pode-se considerar o período que se estende de 1827, quando [há a] criação do Observatório Astronômico do Rio de Janeiro, até 1889, quando foi publicada a primeira monografia sobre o clima do Brasil de Henrique Morize, como o embrião do nascimento da Climatologia e da Meteorologia brasileira (SANT’ANNA NETO, 2013, p 43).

Este período foi marcado pela escassez de dados meteorológicos, o que inviabilizou propostas de estudos mais detalhados a respeito do comportamento do tempo, e do clima no Brasil, resultando em um precário conhecimento sobre os climas do país. “O segundo período” compreende:

[ao] período de 1889 até 1934, quando surgiram as obras de Henrique Morize, Frederico Draenert, Afrânio Peixoto, Carlos Delgado de Carvalho, Belfort de Mattos e Joaquim de Sampaio Ferraz, configura-se como uma segunda etapa no processo de conhecimento das ciências atmosféricas (SANT’ANNA NETO, 2013, p 44).

Este período foi marcado por trabalhos que buscavam uma caracterização mais geral dos climas do Brasil. Morize e Delgado de Carvalho, mencionados na citação mais acima, são apontados como responsáveis por apresentar os primeiros trabalhos de classificação mais sistemáticos da climatologia brasileira na passagem do século XIX para o XX (SANT’ANNA NETO, 2015).

Além destes autores, Sampaio Ferraz (engenheiro, meteorologista e climatólogo) também foi de fundamental importância para a meteorologia brasileira e, conseqüentemente, para a climatologia geográfica. Este foi influenciado pela escola norueguesa que deu origem

aos conceitos da climatologia dinâmica e ao modelo de circulação atmosférica, ele realizou as primeiras análises sinóticas do Brasil, sendo assim, o responsável por inserir neste país, a partir de suas obras, métodos de análise sinótica, que mais a frente, influenciarão os métodos da análise genética ou dinâmica da climatologia (SANT'ANNA NETO, 2015).

Tanto neste segundo período do desenvolvimento da climatologia brasileira como no primeiro, as pesquisas foram bastante influenciadas pelos métodos da climatologia tradicional, estes métodos também exerceram forte influência sobre outros trabalhos que viriam a ser produzidos.

A climatologia tradicional tem suas bases sustentadas, principalmente, sobre o conceito que Julius Hann atribuiu ao clima, e, conseqüentemente sobre o conjunto de conceitos e técnicas mundialmente difundidas por ele e por Wladimir Köppen, estes são considerados cientistas de grande relevância na sistematização e construção das bases teóricas e metodológicas que levaram aos estudos modernos do clima (MOURA, 2008; BARROS e ZAVATTINI, 2009). As definições de tempo e clima de Hann (1908) influenciaram as propostas de classificação climática elaboradas por Köppen (1918)⁹, além de diversos estudos que seguem esta linha metodológica. Segundo Hann (1908):

Sobre clima entendemos o conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracterizam o estado médio da atmosfera em qualquer ponto sobre a superfície da terra. O que chamamos de tempo, é apenas uma fase, um único ato da sucessão de fenômenos, cujo ciclo completo, ano após ano, em uma sequência mais ou menos semelhante é o clima de um lugar (HANN, 1908, p.16)¹⁰.

Estas definições de tempo e clima foram por muitas décadas, dominantes no meio científico mundial. Pode-se perceber nesta concepção, que o clima é definido como uma condição "média" da atmosfera, assim, os métodos desenvolvidos a partir desta óptica passaram a considerar os elementos do clima (temperatura do ar, pressão atmosférica, umidade, precipitações, vento, insolação e nebulosidade), de forma separada uns dos outros, calculando-se médias. Segundo Soares (2015, p. 26), nesta definição de clima, “O tempo atmosférico é subtraído de sua representação real, sendo uma abstração utilizada para justificar a análise das variáveis climáticas pela representação média”.

Com base nas definições de Hann, Köppen elaborou um sistema de classificação climática combinando três conjuntos de letras, o primeiro se refere às grandes zonas

⁹Esta classificação foi reformulada outras vezes em 1923, 1928 e 1931.

¹⁰ Traduzido por Soares (2015).

climáticas influenciadas pela latitude, o segundo define o regime de precipitação, e o terceiro, enfatiza as variações térmicas (SANT'ANNA NETO, 2015). Este sistema, influenciado pelas concepções positivistas da época, ainda é muito utilizado para definir tipos climáticos em pesquisas realizadas por diversos campos de estudo, contudo, apesar de sua grande utilidade, não é um sistema de classificação que considera a gênese climática, além de considerar o clima como uma condição média.

Os métodos tradicionais apresentam deficiências, quando aplicados a estudos que buscam analisar a dinâmica climática, tendo em vista que, ao isolar os elementos climáticos e transformá-los em médias, o pesquisador acaba dissolvendo a realidade, visto que a atmosfera é constituída por um conjunto de elementos interagindo entre si, "um único elemento, isolado dos demais, não possibilitaria sequer uma visualização do quadro real e, muito menos ainda, uma explicação dos fenômenos, já que o que deve ser levado em conta é a relação entre os diversos elementos" (BARROS, 2003, p. 20). Zavattini (1998) considera que estes métodos tradicionais apresentam pouca fidelidade ao “quadro vivo” que é a atmosfera, ou, ao menos, a porção desta que interessa aos geógrafos¹¹.

Outro fato importante sobre os métodos tradicionais é que as médias mascaram os valores extremos, e aqueles menos ocasionais dos estados atmosféricos, levando os elementos climáticos a um estado de uniformidade, portanto, este método não é capaz de demonstrar a dinâmica climática. Comentando sobre esta questão, Monteiro (1962) considera este método inadequado para a classificação e compreensão da circulação atmosférica, por não permitir a visualização daqueles valores máximos e mínimos, impossibilita a observação da "pulsção", nos possibilitando apenas algo descritivo.

3.1.2 A Climatologia Dinâmica

“O terceiro período histórico” do desenvolvimento da climatologia brasileira é apontado por Sant'anna Neto (2013) como sendo o primeiro eminentemente geográfico, este período compreende de 1934 a 1964 e é descrito no trecho a seguir:

Como marcos iniciais, tomamos a publicação da *Meteorologia Brasileira* de Sampaio Ferraz (1934), a criação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e a implantação dos cursos universitários de Geografia, ambos em 1934, a fundação da Associação dos Geógrafos Brasileiros –

¹¹ Cabe ressaltar que, diferentemente dos meteorologistas, que estudam toda a atmosfera, os geógrafos se interessam principalmente pela porção desta que está em contato com a superfície terrestre (troposfera), pois, é nesta camada, em que ocorrem os principais fenômenos que interferem diretamente o cotidiano do ser humano.

AGB, em 1935 e do Conselho Nacional de Geografia – CNG, em 1937, além do surgimento da Revista Brasileira de Geografia, em 1939. Este seguimento temporal estende-se até 1964, quando Monteiro publicou os primeiros trabalhos que demonstravam sua insatisfação com os conceitos e métodos empregados na análise geográfica do clima, a partir de uma leitura bastante pessoal das concepções que Max Sorre divulgou em seu *Les Fondements de La Géographie Humaine* [...] quando tratou do papel do clima como fenômeno geográfico (SANT’ANNA NETO, 2013, p.44,45).

Neste período, a melhoria da rede meteorológica de superfície, os avanços metodológicos advindos da escola norueguesa e a inserção da análise sinótica de Sampaio Ferraz no contexto brasileiro, abriram caminho para o desenvolvimento da meteorologia dinâmica a partir de Adalberto Serra e Leandro Ratisbonna, meteorologistas que contribuíram muito para o conhecimento da circulação atmosférica no Brasil, o que representou grandes contribuições para a meteorologia, e para a climatologia geográfica, que estava se firmando no Brasil, neste período¹². Riberiro (1982, p.50) menciona que “sem estas contribuições, não seriam possíveis os trabalhos desenvolvidos a partir da década de 60. Se Sorre e Pédelaborde forneceram os métodos e as técnicas, Serra e colaboradores forneceram conteúdos teóricos para o desenvolvimento da Climatologia no Brasil”.

Neste momento, estavam estabelecidas as condições para o desenvolvimento de métodos que investigassem o clima em sua dinâmica, sem dissolver a realidade atmosférica e que demonstrassem a relação do clima com os fatores geográficos. Assim, durante a década de 1960 em diante, Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro debruçou-se na busca do aperfeiçoamento e sistematização de métodos investigativos do clima, que facilitassem a compreensão e visualização do ritmo, bem como a classificação climática, sendo desta forma, métodos mais adequados a análise geográfica do clima. Portanto, antes de expor as contribuições de Monteiro para a climatologia geográfica brasileira, serão expostas algumas reflexões realizadas por Max Sorre, tendo em vista que este elaborou revisões conceituais que foram de fundamental importância para a geografia como um todo, e em especial, para a elaboração das propostas de Monteiro.

A partir da década de 1940, Max Sorre realizou uma reflexão conceitual, propondo assim, novos rumos teóricos para a geografia, conduzindo os estudos do clima a uma nova abordagem. Por ter se concentrado em discussões teóricas e não realizar estudos neste âmbito,

¹²É importante destacar que, nesta época, a meteorologia já estava mais estabelecida em solo nacional que a climatologia, que ainda dava seus primeiros passos, além disto, estas ciências dialogavam muito mais que na atualidade, onde geógrafos e meteorologistas mantinham relações mais estreitas, o que se tornava de grande importância para ambas.

"Sorre pode captar a essência do caráter dinâmico e genético do clima e, talvez, exatamente pelo fato de ter relido o seu papel a partir de uma perspectiva externa ao problema, conseguiu extrair daí um novo paradigma" (SANT'ANNA NETO, 2008, p. 66). Refletindo sobre tempo e clima Sorre (2006)¹³ discorre:

Denominamos clima à série de estados atmosféricos sobre determinado lugar em sua sucessão habitual. Cada um desses estados [...] É o que a linguagem comum designa sob o nome de *tempo*. A palavra tempo corresponde, portanto, a uma combinação complexa, na qual, conforme o caso, um ou dois elementos [...] desempenham um papel preponderante (SORRE, 2006, p. 90).

Em seu texto, Sorre demonstra não concordar com os métodos separatistas, para ele, sua definição tornava-se mais fiel à realidade climática, uma vez que o clima é formado pela interação dos elementos, assim, estes devem ser analisados de forma conjunta. O autor também foi capaz de considerar, uma característica climática preponderante, que são as sucessões habituais ou variações que se exprimem a partir do tempo atmosférico. Esta noção de variação passa a ideia de ritmo, o que torna esta definição mais leal à realidade, o que abriu novas perspectivas de análises climáticas.

Segundo Barros (2003), uma primeira proposta metodológica elaborada a partir dos pressupostos de Sorre foi idealizada por Pierre Pédelaborde em 1957, ao estudar os tipos de tempo, na bacia Parisiense, este autor elaborou uma proposta metodológica conhecida como "método sintético das massas de ar e dos tipos de tempo", este método sugere que cada tipo de tempo deve ser estudado a partir do seu conjunto, ou seja, os elementos atmosféricos não devem ser isolados a ponto de serem destituídos da realidade. Apesar deste entendimento a respeito da dinâmica climática, de saber da importância de compreender como os fenômenos se manifestam sobre o espaço geográfico e de ser sensível à concepção de Sorre, a proposta metodológica de Pédelaborde revelou limitações, pois, este "produziu apenas uma descrição sumária e sistemática, um catálogo de tipos de tempo" (ZAVATTINI, 1998, p.10), ele demonstrou menos interesse pela "sucessão" dos estados do tempo atmosférico e se preocupou mais com os "tipos" de tempo e sua totalidade.

No Brasil, a leitura que o professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro realizou sobre os conceitos de Sorre o levou a uma proposta diferente daquela de Pédelaborde, este realizou o que Zavattini (1998) considera ser uma fiel e lúcida tradução do conceito Sorreano

¹³ Este texto corresponde ao capítulo introdutório da obra "Traité de climatologie biologique et medicale" publicado em 1934 em Paris sob a direção de M. Piery Masson et Cie Éditeurs. Vol. I, pp. 1 a 9. Traduzido pelo Prof. Dr. José Bueno Conti. Departamento de Geografia/ FFLCH/USP.

sobre o clima. Se para Pédelaborde o paradigma de pesquisa era a "totalidade dos tipos de tempo", para Monteiro (1976, p.30) o paradigma seria o "ritmo", ou seja, "o encadeamento, sucessivo e contínuo dos estados atmosféricos e suas articulações, no sentido de retorno aos mesmos estados". Esta noção de ritmo traduz bem o que seria aquela sucessão habitual tratada por Sorre, indo até além, pois, exprime que os estados atmosféricos, ou seja, os tipos de tempo, ao se articularem, não só se sucedem como também, podem até mesmo voltar a se repetir.

Assim sendo, para investigar ou compreender o ritmo climático de um determinado lugar, Monteiro (1962, p.12) aponta para a "necessidade de se recorrer à dinâmica atmosférica, não apenas esporadicamente na interpretação dos fatos isolados, mas, com a devida ênfase, na própria definição climática regional". Podemos perceber claramente, que a análise da circulação atmosférica é apontada por este autor como sendo apropriada para se visualizar o ritmo, tornando possível a compreensão da gênese dos processos (participação das massas de ar, influência dos fatores geográficos, entre outros). Esta análise não deve ser apenas episódica, é preciso uma investigação mais detalhada, e prolongada da dinâmica atmosférica, para que se possam estabelecer definições climáticas mais fiéis à realidade, desta forma, o estudo apresentará um caráter muito mais qualitativo (MONTEIRO, 1971).

Monteiro produziu um arcabouço teórico-metodológico, que proporcionou uma verdadeira revolução nos estudos da climatologia nacional, sendo considerado por muitos como o precursor da escola geográfica brasileira de climatologia dinâmica. Este autor se dedicou ao aperfeiçoamento e sistematização de métodos investigativos do clima que facilitassem a compreensão e visualização do ritmo (ZAVATTINI e BOIN, 2013). Um dos resultados desta busca foi um conjunto de orientações metodológicas simples e precisas que Monteiro (1971) batizou de técnica da "Análise Rítmica", que consiste num método investigativo do ritmo climático, pois, permite compreender a sucessão habitual dos estados atmosféricos e suas variações, analisando seus elementos de forma conjunta, esta análise também não deixa de lado os eventos climáticos excepcionais, como eventos de secas ou de chuvas intensas. Desta forma, é possível compreender a gênese dos fenômenos. Esta proposta é seguida por vários pesquisadores, além de dar base para as pesquisas em climatologia dinâmica.

Monteiro estabelece algumas normas ou critérios para a análise rítmica, no entanto, antes de citá-los, é preciso mencionar que para o autor, uma "primeira aproximação válida para o conceito de ritmo seria aquela das variações anuais percebidas através das variações mensais dos elementos climáticos" (MONTEIRO, 1971, p.6). A repetição destas variações

mensais em vários e sucessivos anos é o que vai fundamentar a noção de "regime". O conhecimento deste regime é de grande importância, não só para as mais diversas atividades humanas, como também para a organização social. A partir deste primeiro entendimento sobre a manifestação do ritmo e de sua ligação com o regime, o autor concluiu que:

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 (MONTEIRO, 1971, p.9).

Ao longo de sua experiência na investigação do ritmo climático, Monteiro percebeu que os estados atmosféricos ocorrem em escalas de tempo bem pequenas, assim, a partir das análises em escala diária é possível associar a variação dos elementos do clima aos tipos de tempo, que se sucedem e são produzidos a partir dos mecanismos da circulação regional. Deste modo, os dados diários de todos os atributos atmosféricos, devem ser analisados em conjunto, pois, somente dessa forma, é possível: visualizar as variações anuais e mensais dos elementos, associar os tipos de tempo, observar as repetições dessas variações, identificar o regime, e ainda expor a gênese dos fenômenos, ou seja, o sistema produtor. Monteiro (1971) considera como uma segunda norma:

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 a consideração dos diferentes e variados problemas geográficos desta região (MONTEIRO, 1971, p. 21).

Nesta segunda argumentação, Monteiro destaca a importância do caráter regional na análise, esta preocupação deve-se ao fato de que “os mecanismos de circulação atmosférica, ao partirem dos centros de ação, individualizam-se em ‘sistemas’ que se definem sob a influência dos fatores geográficos continentais, e se expressam regionalmente através do ritmo dos tipos de tempo” (MONTEIRO, 1971, p. 12). Os fatores geográficos (altitude, relevo, maritimidade, continentalidade, correntes marinhas entre outros) exercem forte influência sobre os elementos climáticos (quantitativamente), o que pode ser determinante na forma como certo sistema se manifesta sobre o espaço, interferindo assim, na maneira como os estados do tempo se sucedem (qualitativamente), proporcionando e assegurando, desta forma, a individualização regional e local do clima. Estas variações espaciais são as respostas

as interferências dos variados fatores geográficos, diante disto, só a Análise Rítmica detalhada será capaz de expressar tais influências.

Segundo Barros (2003), a Análise Rítmica só se torna viável devido à utilização de períodos “padrão” (anual, estacional, mensal e episódico), estes períodos devem ser amostras representativas do padrão habitual e extremo do ritmo climático, da série temporal analisada. Estes períodos padrão devem fornecer um quadro dinâmico das situações, demonstrando a ocorrência dos tipos de tempo habituais, ao lado daqueles afetados por irregularidades na circulação, com capacidade de produzir situações excepcionais como períodos de eventos pluviométricos intensos (anos, meses ou dias chuvosos) e períodos de baixos níveis pluviométricos (anos, meses, e dias secos). A partir destes períodos padrão, é possível estabelecer uma análise ainda mais minuciosa, como por exemplo, investigar a distribuição espacial dos fenômenos atmosféricos sobre a área de estudo

Para a representação dos resultados, ou seja, do ritmo climático, são utilizados gráficos que são "longas faixas de representação diária concomitante de todos os atributos atmosféricos mensuráveis sobre um lugar, acompanhados da informação sobre o sistema meteorológico atuante em cada dia" (MONTEIRO, 1976, p. 30). A partir destes gráficos, nomeados por Monteiro (1971) como sendo o “gráfico da análise rítmica”, torna-se possível representar índices de participação das massas de ar e dos demais sistemas atmosféricos, observando a influência destes sobre os elementos climáticos. Para a identificação dos sistemas e massas de ar, é recomendado a utilização de cartas sinóticas e o uso da nefanálise, que é a análise de imagens de satélite (MONTEIRO, 1971; ZAVATTINI e BOIN, 2013). Por último, só resta esclarecer que, para a eleição de anos-padrão (que será o período amostral utilizado nesta pesquisa) o elemento mais apropriado será a precipitação, pois, em nossa região, esta exprime melhor as variações rítmicas, conforme expressado por Barros e Zavattini (2009), que afirmam:

Como em nosso país as características climáticas predominantes são do tipo tropical ou subtropical, é compreensível que a chuva seja o elemento climático com melhor capacidade de traduzir as variações rítmicas presentes num dado ano, ou as que se alternam de um ano para outro, seja ele um ano civil, agrícola, ou relativo a qualquer outra convenção periódica (BARROS; ZAVATTINI, 2009, p. 259).

Portanto, após esta explanação a respeito dos dois grandes encaminhamentos metodológicos da climatologia, voltados a análise da circulação atmosférica, torna-se

conveniente e até apropriado a uma conclusão, o seguinte comentário feito por Zavattinni (1998):

A passagem do enfoque tradicional, com suas exaustivas decomposições analíticas, ao sintético, privilegiando a interação dos elementos do clima e das respostas do meio, somente foi possível com a introdução da noção de ritmo e, por consequência, com a aplicação da análise rítmica. [...] As normas criadas por Monteiro, ao longo dos efervescentes anos sessenta e início dos setenta, permanecem válidas e [...] Continuam sendo o fio condutor de inúmeros estudos sobre a realidade climática atual, vale frisar, realidade climática brasileira, pois, é pouco provável que tenham sido empregadas em outros países (ZAVATTINI, 1998, p.9).

Diante da relevância das reflexões de Monteiro, é lamentável o que é apresentado nestas últimas linhas desta citação, contudo, isto não reduz o fato de que as propostas deste autor representam grandes contribuições à geografia brasileira tornando-se o atual paradigma do clima sob a perspectiva geográfica. Após as exposições realizadas até o momento, pode-se destacar que esta pesquisa seguirá os encaminhamentos metodológicos da climatologia dinâmica, tendo em vista que a análise rítmica torna-se mais adequada a investigação do ritmo climático sobre a Zona da Mata do Nordeste brasileiro.

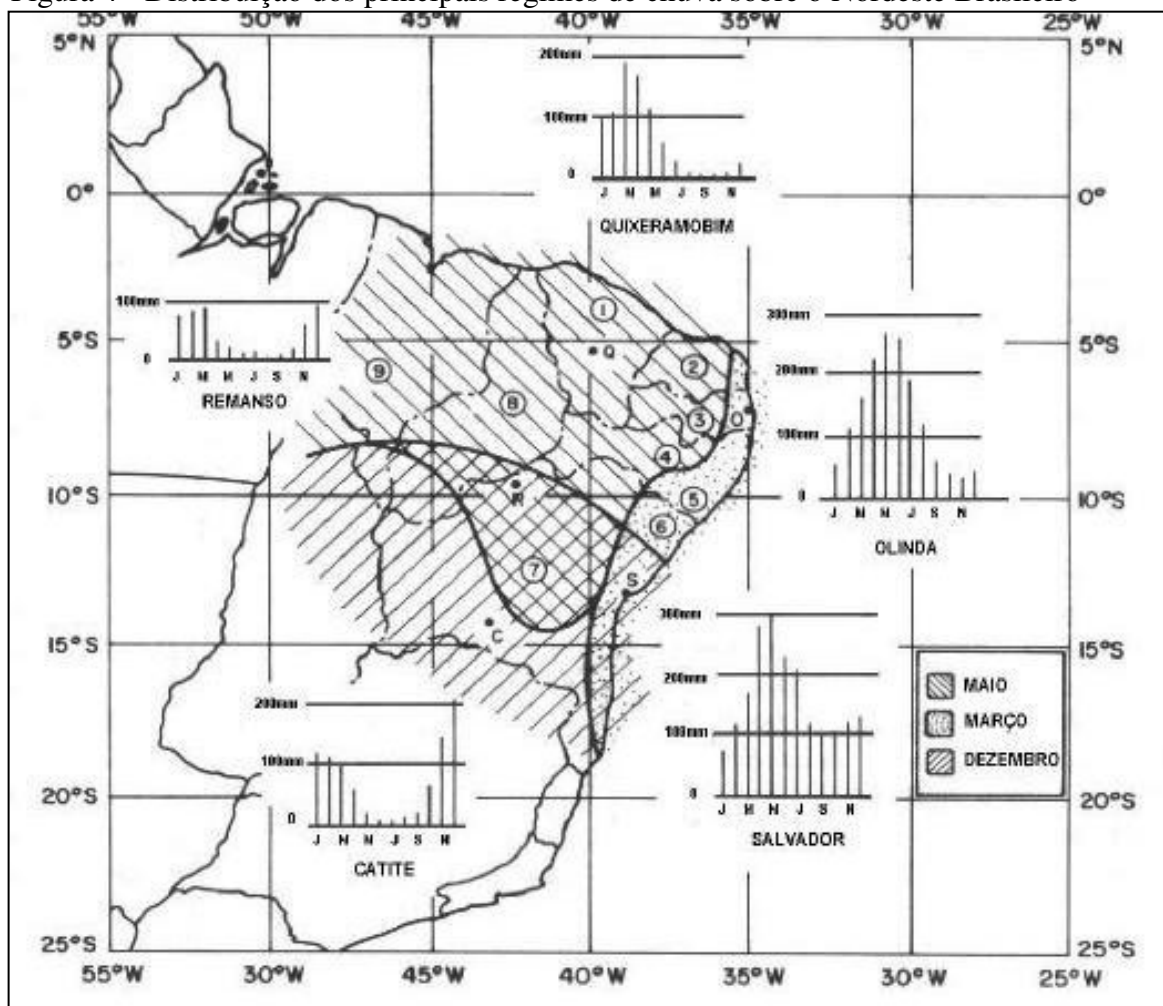
3.2 A Zona da Mata e suas delimitações

Faz-se necessário destacar que esta região apresenta duas delimitações que estão intimamente relacionadas a esta pesquisa, estas possuem características diferentes entre si, que podem interferir no resultado deste trabalho, além disto, estabelecer uma delimitação própria para esta pesquisa seria inviável, devido aos objetivos propostos, desta forma, serão tratadas aqui, as características destas duas subdivisões, e qual delas melhor se adéqua aos objetivos propostos.

Primeiramente, podem ser mencionadas as delimitações realizadas por alguns meteorologistas, estes as realizaram com ênfase na distribuição das chuvas, além disto, foram considerados os principais sistemas atuantes na área, o que resultou em delimitações semelhantes entre si, estas foram realizadas por Alves (1997), Lucena (2008), Molion e Bernardo (2002), que consideram a existência de três regimes básicos, quanto à distribuição espacial das precipitações, estes regimes abrangem partes distintas do Nordeste Brasileiro (NEB).

Dos trabalhos citados, destaca-se o trabalho realizado por Molion e Bernardo (2002) visto que abrange melhor a área que se pretende analisar nesta pesquisa, estes, ao realizarem uma revisão sobre a dinâmica das chuvas no NEB, subdividiram o NEB em três setores (Figura 4) com regimes pluviométricos distintos. Estes são: Setor norte (NNE), que “abrange parte do Ceará, parte do Rio Grande do Norte, Piauí, Maranhão e oeste da Paraíba e Pernambuco, os índices pluviométricos variam de 400 [interior] a 2.000 mm/ano [litoral]” (MOLION; BERNARDO, 2002, p. 6), a quadra chuvosa corresponde aos meses de fevereiro a Maio.

Figura 4 - Distribuição dos principais regimes de chuva sobre o Nordeste Brasileiro



Fonte: Molion e Bernardo (2002).

O setor sul (SNE), que “corresponde a praticamente toda a Bahia, as Partes sul do Maranhão e Piauí e extremo sudoeste de Pernambuco, os índices pluviométricos variam neste setor de 600 mm [interior] a mais de 3.000 mm/ano [litoral]” (MOLION; BERNARDO, 2002, p. 6), a quadra chuvosa corresponde aos meses de novembro a fevereiro.

Por último, a faixa costeira ou leste do Nordeste (ENE), que corresponde ao setor que será a área de estudo desta pesquisa, esta faixa também é conhecida como litoral oriental. Os autores apontam que este setor corresponde a uma faixa de até 300 km adentro do litoral oriental, esta é uma extensa área litorânea que se estende do Rio Grande do Norte ao sul da Bahia, com pluviosidade de 600 mm a 3.000 mm/ano, a quadra chuvosa corresponde aos meses de abril a julho, com picos de chuva em maio.

Outra delimitação feita para o Nordeste, e que possui bastante aceitação, foi realizada pelo geógrafo Manuel Correia de Andrade (Figura 5), este autor, subdivide o NEB em quatro sub-regiões, “que são, a um só tempo, naturais e geográficas, dando às mesmas, os nomes consagrados pela tradição: [Zona da] Mata, Agreste, Sertão e o Meio-Norte” (ANDRADE, 1986, p. 25).

Os aspectos naturais considerados pelo autor incluem: a estrutura geomorfológica, hidrografia, vegetação e as condições climáticas, que recebem bastante atenção, pois, segundo o mesmo, este é “o elemento que marca mais sensivelmente a paisagem” (ANDRADE, 1986, p. 25). Quanto aos aspectos geográficos, fica evidente em sua obra, o fator histórico, cultural e político, o que inclui o uso e ocupação do solo. Andrade (1986, p. 24) ainda menciona que “estes fatores se influenciam mutuamente e do entrelaçamento de uns e de outros é que resultam as paisagens naturais e culturais”.

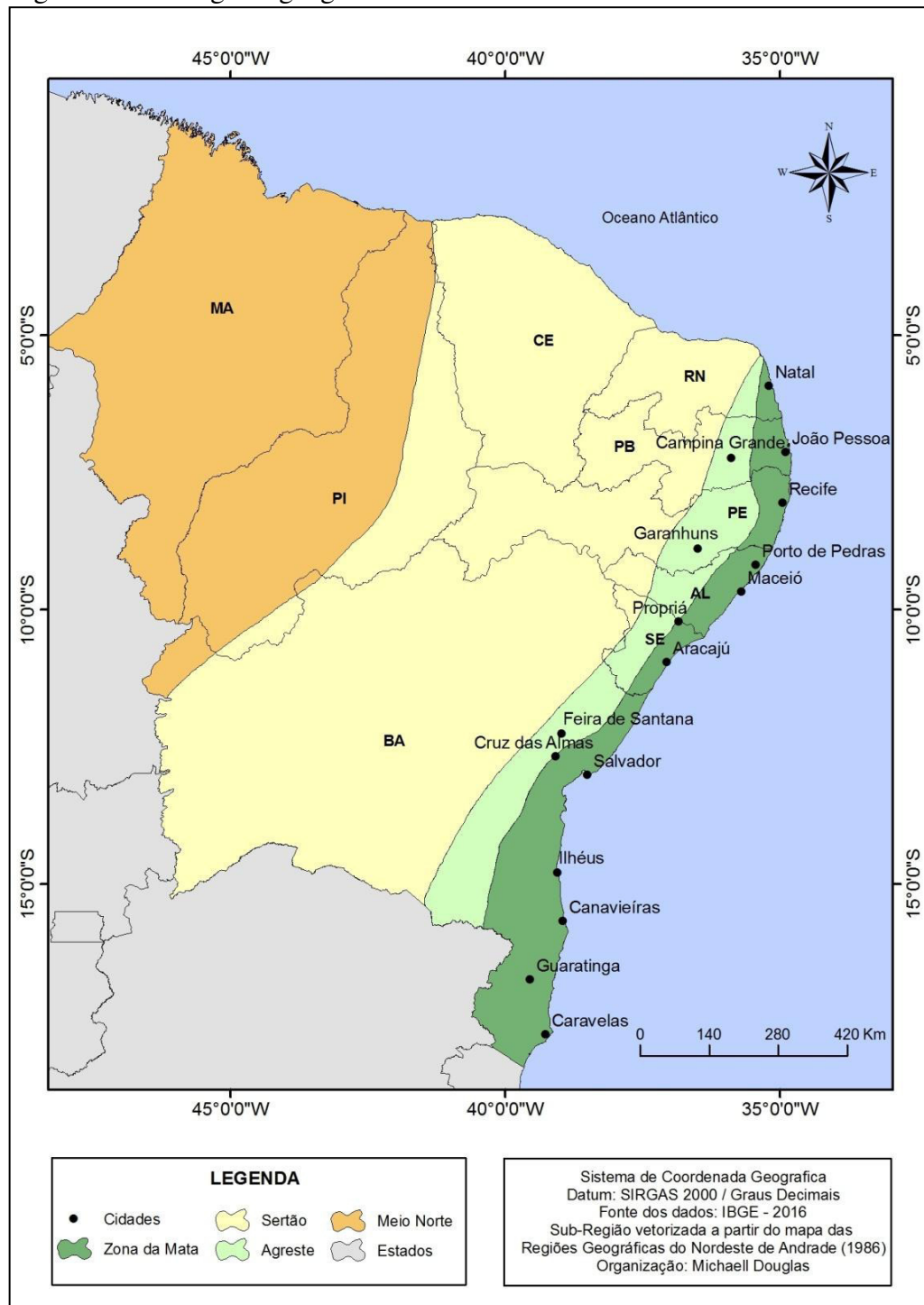
A Zona da Mata “Estende-se desde o Rio Grande do Nordeste até o sul da Bahia, sempre ocupando as terras situadas a leste da região nordestina [...] com seu clima quente e úmido com duas estações bem delimitadas, uma chuvosa e outra seca” (ANDRADE, 1986, p. 25). Esta é a sub-região do NEB, que apresenta os mais altos índices pluviométricos e é o setor que corresponde à grande parte da região leste (ENE) de Molion e Bernardo. O Agreste: corresponde a uma região de transição entre a Zona da Mata e o Sertão, “com trechos quase tão úmidos como o da Mata, e outros tão secos como o do Sertão, alternando-se constantemente e a pequena distância” (ANDRADE, 1986, p. 25).

O que caracteriza o Agreste é a diversidade paisagística que ele oferece em curtas distâncias, a paisagem se apresenta, ora seca, ora úmida. “O agreste está também profundamente ligado ao planalto da Borborema, ocupando sempre a sua porção leste” (ANDRADE, 1986, p. 31), ou seja, a escarpa oriental deste planalto. Andrade (1986) ainda acrescenta:

[o agreste apresenta] nos maciços residuais mais elevados e expostos aos alísios, regiões que são beneficiadas pelos restos da umidade dos ventos de

sudeste aquela unidade que não precipitou na ‘Zona da Mata’ e apresenta em geral, um regime de chuvas outono-inverno, caindo predominantemente entre março e agosto (ANDRADE, 1986, p. 31).

Figura 5- Sub-Regiões geográficas do Nordeste



Delimitação das sub-regiões realizada por Andrade em: A Terra e o homem do Nordeste(1986). Adaptação: Michael Douglas.

É neste setor do NEB, principalmente entre Pernambuco e Paraíba, que se encontram os “Brejos”, estes são porções dos maciços residuais mais elevados, presentes no setor

oriental do Planalto da Borborema, e que apresentam elevados totais de pluviosidade anual com vegetação densa, estes Brejos “resultam a um só tempo da ação conjunta de dois fatores: a altitude e a exposição aos ventos úmidos do sudeste” (ANDRADE, 1986, p.34), estas áreas se diferenciam totalmente de seu entorno semiárido com vegetação de Caatinga e baixa pluviosidade anual.

O Sertão envolve extensas áreas interioranas do NEB, ocupando aproximadamente 55% das terras nordestinas, inclusive, todo o litoral setentrional do Nordeste. Andrade (1986, p. 38) afirma que reuniu o litoral norte do NEB junto ao sertão, devido às suas fortes características naturais, e as atividades humanas que são tipicamente sertanejas, onde predomina o clima do tipo semiárido. Dentre várias características descritas pelo autor, este cita que, “como as chuvas se concentram nos primeiros meses do ano – de janeiro a junho – e caem principalmente no verão sob a forma de grandes aguaceiros, o seu clima é considerado seco e a região é recoberta por uma vegetação de Caatinga, cuja densidade e porte variam consideravelmente, conforme as condições climáticas e edáficas locais” (ANDRADE, 1986, p.41).

O Meio-Norte, segundo Andrade (1986, p.46) “compreende extensas áreas do Piauí e do Maranhão onde dominam os cerrados, nas chapadas e interflúvios, e a floresta de cocais nas baixadas e nas várzeas. Ela se estende por cerca de 422.911 Km² e é drenada por rios caudalosos e permanentes, como o Parnaíba, o Itapicuru e o Mearim.(ANDRADE, 1986, p. 46). O autor ainda afirma que neste local dominam as formações terciárias e, consequentemente, solos arenosos, muito permeáveis.

Diante desta exposição, pode-se concluir que a classificação realizada por Molion e Bernardo (2002) considera “os regimes da pluviosidade” para estabelecer as sub-regiões, identificando três regimes básicos no Nordeste. Isto leva os autores a sugerir que, a presença destes regimes, revela que mais de um mecanismo de circulação geral é o responsável pela pluviosidade regional, o que justificaria a presença de períodos chuvosos diferentes para as três sub-regiões.

Por buscar delimitar os regimes, Molion e Bernardo (2002) incluíram na região ENE todo o setor que apresenta o período mais chuvoso entre Abril e Julho, o que inclui, porções do Estado da Paraíba, Pernambuco e Alagoas que estão sobre o planalto da Borborema, assim, o clima local acaba sofrendo forte interferência do relevo, a exemplo de Garanhuns¹⁴ (PE), que possui uma altitude superior aos 800 metros e está em uma área a barlavento, o que torna

¹⁴ Segundo o INMET (2016) a estação convencional deste município está instalada em um local com uma altitude de 822.76 metros.

o clima local bastante úmido, sendo considerado um “brejo” por Andrade (1986), o mesmo ocorre na porção da Paraíba. Além disto, localidades consideradas semiáridas, como o interior de Alagoas, com baixos totais pluviométricos também foram incluídas na região leste, ou, Zona da Mata (para Andrade). Estes mesmos setores da Paraíba, Pernambuco e Alagoas, considerados aqui, fazem parte do Agreste, na classificação de Andrade (1986).

Após tal análise, é possível mencionar que, adotar a classificação realizada por Molion e Bernardo (2002) permitiria investigar, por meio desta pesquisa, a influência dos sistemas atmosféricos sobre todo o leste do NEB, ou seja, toda a área que possui um regime pluviométrico com os maiores totais de chuva entre Abril e julho, contudo, diante dos objetivos desta pesquisa, não seria possível examinar mais detalhadamente a influência do planalto da Borborema sobre o comportamento da pluviosidade nas porções da Paraíba, Pernambuco e Alagoas localizadas sobre este planalto e que estão incluídas no setor leste do NEB, assim sendo, tornou-se preferível adotar a delimitação de Andrade (1986) uma vez que a Zona da Mata, na classificação deste autor, “limita-se apenas” ao setor do leste do NEB que apresenta altos totais pluviométricos anuais e que não sofre forte interferência do relevo, apesar de que, esta classificação não contempla toda a área que está sob o regime com período chuvoso entre abril-julho, que foi considerado por Molion e Bernardo (2002).

Na delimitação realizada por Andrade (1986), além dos aspectos climáticos, que recebem a devida ênfase, este autor considerou a relação histórica da sociedade nordestina, com a região onde vivem, onde o clima se tornou um fator decisivo e condicionante para a ocupação, produção e reprodução deste espaço, onde a pluviosidade interfere diretamente nas relações sociedade-natureza.

3.2.1 Massas de ar e sistemas atmosféricos atuantes na região da Zona da Mata

Segundo Borsato (2016), a circulação atmosférica dá origem aos centros de ação, que exercem o controle climático do planeta, tais centros também são conhecidos como células de alta pressão (anticiclônicas) ou de baixa pressão (ciclônicas ou depressão barométrica), esses são os responsáveis pela movimentação dos ventos em extensas áreas do planeta, onde o ar escorre dos centros de alta para os de baixa pressão. Dessa maneira, considera-se que, estes centros exercem o controle climático do planeta, devido ao fato de que, dentre outras influências, é nesses centros que se originam as massas de ar e sistemas frontais a elas associadas.

Para se realizar um estudo segundo a concepção dinâmica, devem-se levar em conta os

mecanismos de circulação geral e os sistemas atmosféricos. Diante disto, Borsato (2016, p. 65) define as massas de ar como sendo "um corpo de ar com milhares de quilômetros de diâmetro e com características uniformes, principalmente temperatura, pressão e umidade". Ao se deslocarem com as propriedades físicas adquiridas no local de sua origem, passam a influenciar e modificar as condições atmosféricas das regiões por onde passam, agindo diretamente sobre as temperaturas e índices pluviométricos, ao mesmo tempo em que também são influenciadas. Sobre a Zona da Mata do Nordeste brasileiro, atuam diretamente duas massas de ar e indiretamente uma (a Massa Polar Atlântica que dá origem as Frentes Frias)¹⁵, que serão detalhadas a seguir.

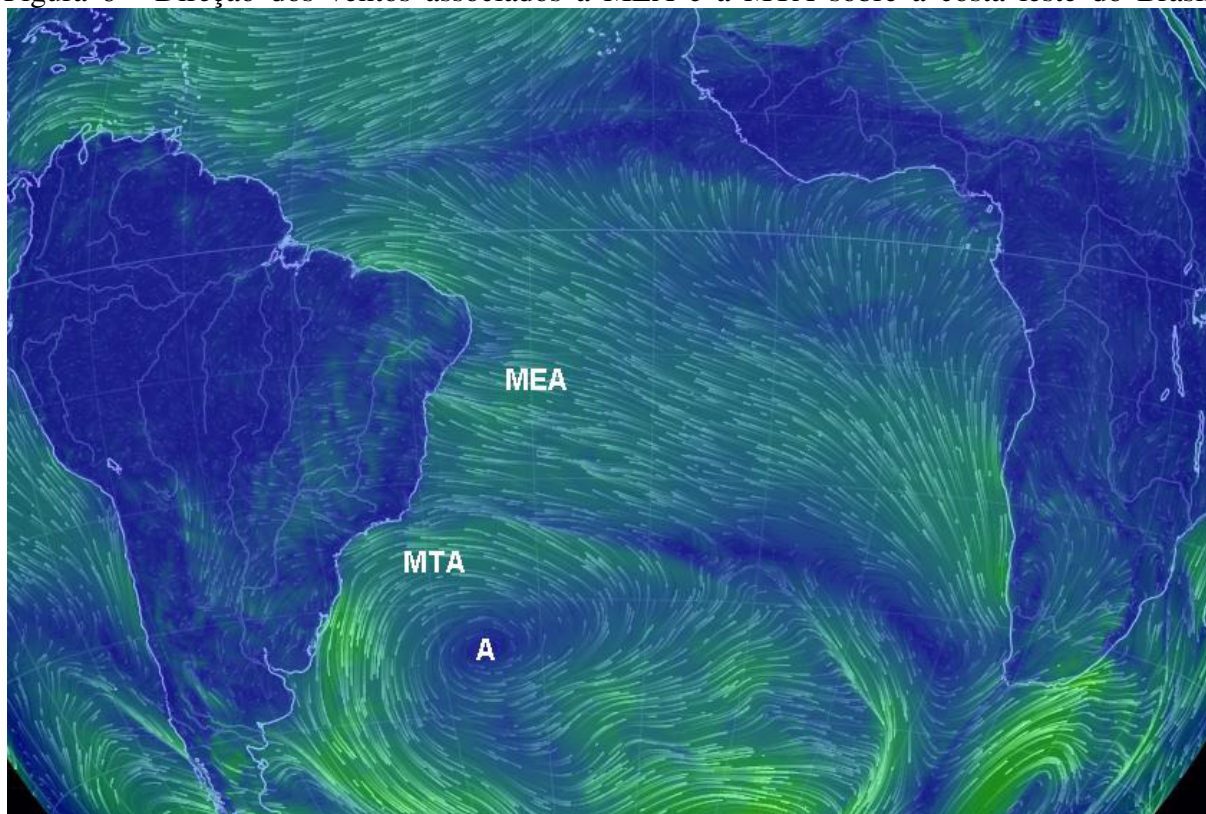
Além das massas de ar, outros mecanismos atmosféricos também são apontados pela literatura como responsáveis pela circulação atmosférica na Zona da Mata do NEB, contribuindo para a formação dos tipos climáticos, dessa maneira se conhece os fenômenos de escala zonal ou escala macroclimática (Zona de Convergência Intertropical - ZCIT), fenômenos de mesoescala (Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS, Sistemas Frontais ou Frentes Frias - FF, Vórtice Ciclônico de Ar Superior - VCAS, Ondas de Leste-OL, Complexos Convectivos de Mesoescala - CCM's e Linhas de Instabilidade - LI) e os de escala local a exemplo das Brisas marítimas e terrestres que ocorrem em todo o litoral brasileiro, bem como convecção local. A seguir, segue uma descrição a respeito da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos atuantes sobre Zona da Mata.

- Massa Equatorial Atlântica - MEA

O centro de alta pressão (Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul) formado na região marítima do Atlântico Sul é produtor das massas equatorial atlântica Sul (MEAS ou apenas MEA) e tropical Atlântica (MTA). Sobre a formação dessas massas de ar, neste centro de ação (Figura 6), existe certa ambiguidade literária acerca da origem da MEA. São muito escassos os trabalhos que buscam diferenciá-la da MTA, bem como definir os limites onde cada uma atua no Nordeste, desta forma estas questões tornam-se uma grande lacuna, que precisa ser suprida por parte dos geógrafos e dos meteorologistas, ambos, em seus campos de análise. Esta seria uma grande contribuição ao conhecimento climático do Brasil e principalmente, do Nordeste.

¹⁵ Esta será descrita junto com as Frentes Frias.

Figura 6 - Direção dos ventos associados à MEA e a MTA sobre a costa leste do Brasil



A: Anticiclone semifixo do Atlântico Sul. O site earth fornece animações que ilustram a circulação dos ventos atualizada a cada 3 horas. Imagem do dia 17/10/2017, às 12:00 horas, horário local. Fonte: <https://earth.nullschool.net/pt/>. Edição do autor.

Diante disto, Sousa (1998) preferiu adotar o termo Sistema Tropical Atlântico (TA) para designar os sistemas provenientes do anticiclone semifixo do Atlântico Sul, numa tentativa de solucionar a problemática. Sobre as características da MEA, Soares (2015, p.38) afirma que esta “diferencia-se da mTa a partir da direção de deslocamento”, e aponta, com base em Barros (1968) que “a mEa está associada aos alísios, em um deslocamento leste-oeste, por sua vez a mTa segue o deslocamento do anticiclone, ou seja, uma ventilação circular anti-horária”. Esta afirmação se torna bem clara ao verificarmos a Figura 6, esta ilustra a partir de observações atuais, a relação entre a massa equatorial e tropical atlântica com o campo dos ventos de superfície. Na Figura 6 verifica-se que a MEA está totalmente ligada aos alísios, com direção leste-oeste, enquanto a MTA está totalmente ligada ao anticiclone. Além das características já citadas, Nimer (1979, p.10) ainda observa que a MEA:

“compõe-se de duas correntes, uma inferior fresca e carregada de umidade oriunda da evaporação do Oceano, e outra superior quente e seca, de direção idêntica, mas separadas por uma inversão de temperatura, a qual não permite o fluxo vertical do vapor, assim barrado, assegurando bom tempo. Entretanto, em suas bordas, no *doldrum* ou no litoral do Brasil, a

descontinuidade térmica se eleva e enfraquece bruscamente, permitindo a ascensão conjunta de ambas as camadas dos alísios. Desse modo a massa torna-se ai instável, causando as fortes chuvas equatoriais e as da costa leste do continente, estas agravadas pela orografia” (NIMER, 1979, p.10).

Segundo Borsato (2016), a MEA tem características pouco pronunciadas além de serem semelhantes às características das massas de ar que fazem limites com ela. O autor ainda acrescenta que por apresentar temperatura e umidade bem próximas daquelas verificadas na MTA, ela é pouco referenciada nas pesquisas climatológicas, deste modo, torna-se difícil estabelecer limites precisos em sua área de atuação, contudo, acredita-se que esta massa atua em todo o Nordeste Brasileiro. Por último, Borsato (2016, p. 85) conclui: “parece mais aceitável delimitá-la a partir da direção das correntes de ar, mesmo que seja interpretada por meio de leitura das cartas sinóticas”.

- Massa Tropical Atlântica - MTA

Sua presença é constante ao longo do ano, principalmente na porção litorânea. Do anticiclone do Atlântico Sul partem os ventos alísios de sudeste, estes atuam o ano todo sobre o Nordeste, o que inclui a Zona da Mata.

Segundo Nimer (1979, p. 11) o ar da MTA "é muito uniforme na superfície, com muita umidade e calor, porém, sua uniformidade não se estende a grandes alturas, porque na parte leste dessa alta subtropical, há um persistente movimento de subsidência a uns 500 a 1000 metros acima do mar". Tal situação faz com que a umidade absorvida do Oceano se limite a camada superficial. “Na parte oeste das altas subtropicais há um ligeiro movimento ascendente com grande mobilidade vertical do ar que eleva a subsidência para acima de 1.500 m” (NIMER, 1979, p. 11). Segundo o autor, tal situação permite que a umidade penetre a maiores altitudes, tornando o setor ocidental da MTA mais sujeita a instabilidade do que o setor oriental¹⁶. Além disto, devido à presença da corrente marítima quente na costa do Brasil e o contato da MTA com o relevo brasileiro, esta passa a sofrer grande aquecimento, sobretudo no verão, o que a torna mais instável, porém, com menor expressão. Apesar disto, o domínio de tal massa, mesmo sobre tais influências, mantém em geral, a estabilidade do tempo.

Por se originar no Anticiclone do semifixio do Atlântico esta massa apresenta alta pressão, sua maior expressão em termos de dimensões ocorre durante o inverno, quando o

¹⁶ Para constatação da diferença de instabilidade entre os setores ocidental e oriental da MTA, o autor sugere comparar os índices de precipitação entre a costa oeste da África e a costa Leste da América do Sul.

anticiclone atinge seu máximo de pressão e esta massa se expande sobre grandes áreas do Brasil (BORSATO, 2016).

Concluindo, com base no trabalho de Souza (1998), pode-se afirmar, de modo geral, que a MTA apresenta alta umidade relativa, mais ao avançar sobre o continente, apresenta temperaturas mais elevadas e umidade relativa mais baixa, sendo assim, responsável por gerar estabilidade do tempo atmosférico, especialmente durante o fim do inverno e toda a primavera. Devido à escassez de trabalhos que investigam sua atuação no Nordeste, seus limites de atuação são indefinidos sobre a Zona da Mata.

- Zona de Convergência Intertropical - ZCIT

A ZCIT (Figura 7) é caracterizada por uma banda de nuvens convectivas, acompanhadas de baixas pressões e elevado volume de chuva. É formada pela confluência dos ventos alísios de Nordeste, oriundos do sistema de alta pressão ou anticiclone subtropical do Hemisfério Norte (HN), e dos ventos alísios de sudeste, provenientes da alta subtropical do Hemisfério Sul. A convergência destes ventos provoca a ascensão do ar quente e úmido, conduzindo a formação de nuvens, esta expressiva massa de nuvens forma um cinturão equatorial global, tornando-se o limite da circulação atmosférica entre o Hemisfério Norte e o Hemisfério Sul (NIMER, 1979; SOUZA, 1998; MOLION e BERNARDO 2002; FERREIRA e MELLO, 2005). Segundo Souza (1998, p.179) a ZCIT apresenta “de 3 a 5 graus de largura”.

A ZCIT apresenta um movimento sazonal para o HN durante o inverno e primavera, e, para o sul durante o verão e outono austral. Apesar de apresentar variações diárias em sua posição, no atlântico, a ZCIT atinge normalmente sua posição mais ao norte (cerca de 10° a 14° N, podendo se estender à 16°N) em agosto-setembro e sua posição mais extrema a sul (cerca de 4°S podendo se estender a 5°S), durante março-abril (MOLION; BERNARDO, 2002), contudo, sua influência sobre o NEB ocorre até meados de maio (início da quadra chuvosa para a Zona da Mata). Devido a tais fatores, é responsável pelas chuvas da pré-estação chuvosa no norte da Zona da Mata.

Esta zona de convergência é apontada por muitos autores como sendo fundamental para as chuvas na porção setentrional do Nordeste que tem o período chuvoso entre dezembro e fevereiro, tanto que, Molion e Bernardo (2002, p.6) afirmam que a "ZCIT é, por consenso, o mecanismo mais importante na produção de chuvas" para o setor norte do Nordeste.

Figura 7 - Posição da ZCIT no Globo

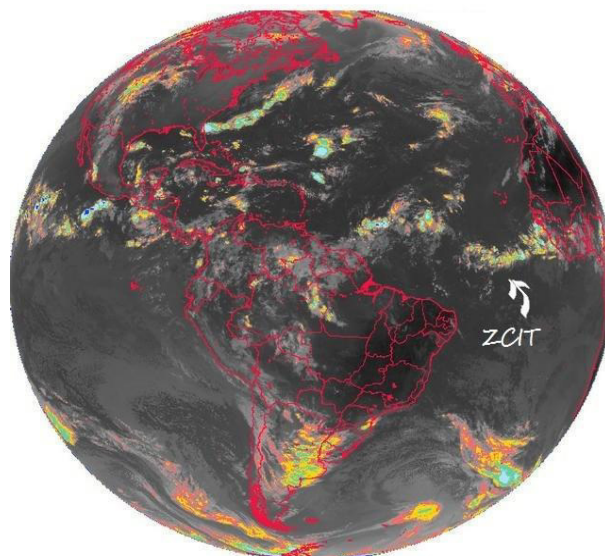


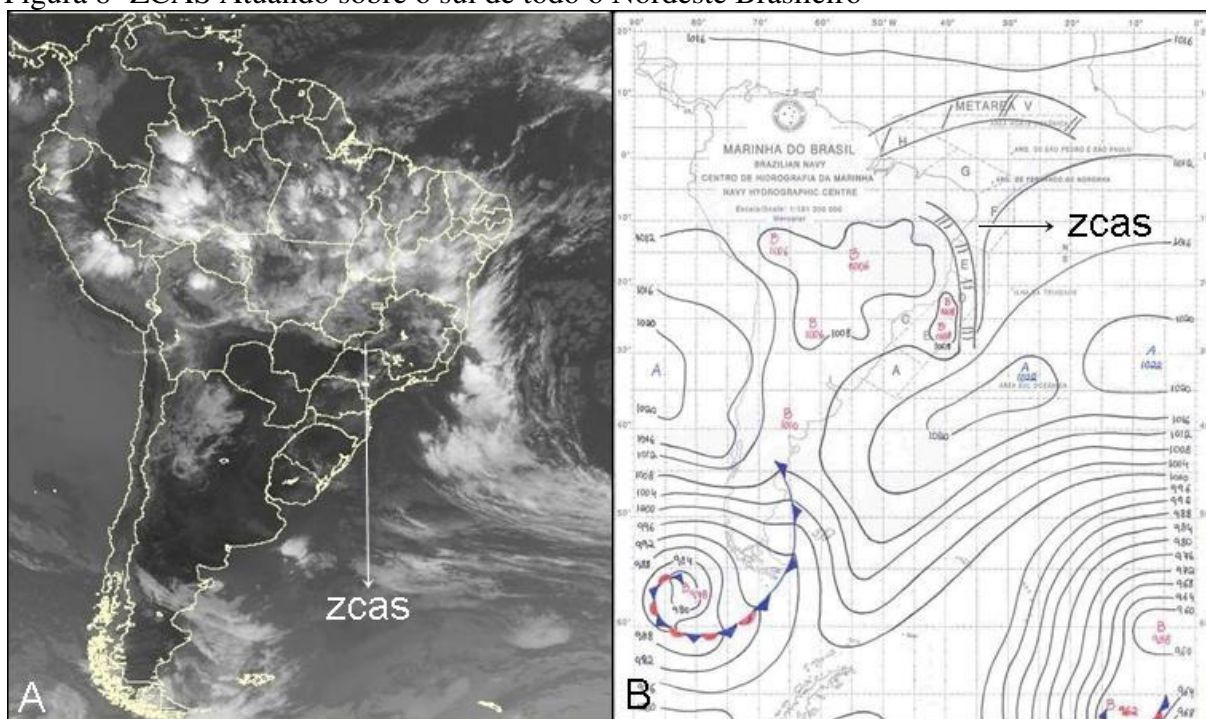
Imagem do GOES 10, Banda infravermelho realçada, projeção Global - 11:40 GMT. Data: 17/09/2007. Fonte: CPTEC/INPE.

- Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS

Esta zona de convergência surge durante o fim da primavera (novembro) e passa a atuar de forma episódica ao longo do verão, enfraquecendo em meados de março (CARVALHO; JONES, 2009). Em uma pesquisa realizada por Quadro, Pezzi e Rosa (2006), contabilizou-se os dias em que a ZCAS esteve atuante durante os verões de 1996 a 2013. Foram contados dias entre novembro e março (período que corresponde ao verão austral), dessa forma verificou-se que a ZCAS atuou em média 44,66 dias a cada ano (29,8%). Segundo Carvalho e Jones (2009, p. 95) a “atividade convectiva [que] começa no oeste da bacia Amazônica, no início de agosto, e marcha nos meses subsequentes em direção ao sudeste do Brasil”, se associa “a um escoamento convergente de umidade na baixa troposfera”, dando origem a ZCAS.

Este sistema pode ser facilmente identificado em imagens de satélites (Figura 8), por se apresentar como sendo uma alongada banda de nebulosidade com orientação NO - SE, que se estende desde o sul da região amazônica (nas proximidades do sul dos estados Amazonas e Pará) até o sudeste do Brasil (podendo desloca-se sobre o Nordeste, atingindo o sul da Bahia), avançando até as proximidades da região central do Atlântico sul. Também pode estender-se apenas até a região sudeste do Brasil, podendo ser intensa ou fraca (QUADRO; PEZZI; ROSA, 2006).

Figura 8- ZCAS Atuando sobre o sul de todo o Nordeste Brasileiro



Nesta imagem é notório a nebulosidade associada à ZCAS sobre grande parte do Nordeste.

(A) Imagem GOES 13, IR 4. Dia 20/12/2013 - 12 UTC. (B) Carta de pressão 12 GTM - 20/12/2013. Fonte: (A) CPTEC/INPE; (B) Marinha do Brasil.

Sobre as características da ZCAS, Carvalho e Jones (2009, p. 95, 98) comentam que "a atividade convectiva intensa associada à ZCAS persiste ativa por alguns dias, e em outros casos não persiste". Um exemplo da variação da organização espacial da ZCAS é representado na Figura 8, onde podemos observar este sistema bem configurado, porém, apresenta seu setor NO e parte do centro sobre o Nordeste brasileiro, o que geralmente se apresenta mais a oeste, sobre o sul da região Amazônica. A ZCAS tem um papel fundamental sobre a pluviosidade do sul, centro-oeste e principalmente, sobre a região sudeste, proporcionando grandes níveis pluviométricos, ou, períodos de estiagem quando não atua intensamente.

Quanto à influência deste sistema sobre o NEB, Mollion e Bernardo (2002) apontam que a ZCAS é um dos principais responsáveis, pelas chuvas do período chuvoso do sul do Nordeste (SNE), principalmente para algumas cidades do sul da Bahia que possuem pico de pluviosidade durante dezembro-março, enquanto que a sua influência sobre a Zona da Mata do Nordeste, devido à sua grande extensão, se dá apenas a extremo sul. Nesta área, Diniz et al. (2016) aponta que a ZCAS impede que esta faixa do litoral da Bahia possua estação seca.

- Sistemas Frontais ou Frentes Frias - FF

As Frentes Frias também são conhecidas como Frente Polar Atlântica (FPA), estas marcam principalmente, o dinamismo atmosférico do Sul e Sudeste do Brasil onde atuam com maior frequência. Em geral, estas Frentes apresentam um formato de arco, com orientação NO-SE (Figura 9), de inclinação variável, podendo estender-se desde o oeste da Amazônia até o sudeste do Brasil (GALVANI e AZEVEDO, 2003). A gênese das Frentes Frias ocorre a partir do contato entre o ar quente das massas tropicais (principalmente a MTA) com o ar frio e mais denso da Massa Polar Atlântica, que se origina no centro de ação polar Atlântico ou Anticiclone Migratório Polar e desloca-se rumo a latitudes mais baixas, dando origem a várias FF ao longo do ano. O contato entre estas massas com características diferentes produz uma zona ou superfície de descontinuidade que é conhecida como Frente.

Segundo Nimer (1979), as Frentes apresentam duas ramificações quando adentra ao Brasil, uma que invade o Brasil central e outra que segue pela costa oriental. A incursão das Frentes sobre o território brasileiro varia, apresentando certa sazonalidade, assim, Nimer (1979) aponta que as mais expressivas atuações das FF sobre o Brasil, quanto à intensidade e à dimensão espacial e temporal, ocorrem durante o inverno e na primavera austral, decaindo no outono e verão. Com respeito a tais características, Pereira (2014) constatou por meio de uma análise rítmica aplicada a cidade de João Pessoa (PB), que, as FF e suas repercussões exerceram maior influência sobre esta cidade durante os meses de maio a agosto (correspondendo ao fim do outono e inverno austral), e que, durante a primavera e verão a influência destas Frentes sobre as chuvas foi mínima, este estudo, serve como uma amostra do comportamento das FF sobre este setor mais ao norte da Zona da Mata.

Cavalcanti e Kousky (2009) comentam que durante o verão, é mais comum que as Frentes Frias se posicionem ao longo da costa do Brasil, entre São Paulo e sul da Bahia, mantendo-se quase estacionária (isto contribui e justifica os maiores índices pluviométricos registrados no sul da Bahia), enquanto que no inverno, estas Frentes encontram condições mais favoráveis para avançarem em direção as latitudes mais baixas, como o norte da Zona da Mata. Durante a primavera e o verão as FF podem interagir com os VCAS.

Souza (1998) e Molion e Bernardo (2002) explicam que, durante parte do outono e principalmente no inverno, as Frentes Frias são uma importante fonte de pluviosidade para o Nordeste, principalmente para o setor sul e posteriormente para o leste desta região (devido à extensão deste setor, esta influência sobre o Leste do Nordeste, ou Zona da Mata, decai à medida que as Frentes ou suas repercussões avançam para latitudes menores). A maior

influência delas sobre o norte da Zona da Mata se dá em forma de repercussões de Frente.

Figura 9–Frente Fria Atuando na América do Sul



Imagem do GOES 12, Banda infravermelha canal 4 - 25/07/2007. 12:00 Horas UTC. Fonte: CPTEC/INPE.

Conhecendo tais circunstâncias, ao analisar a atuação das FF sobre o Rio Grande do Norte, Souza (1998), preferiu adotar o termo "Repercussões de Frentes Frias", para se referir as oclusões das Frentes Frias, quentes, em dissipação (frontólise), e recuo das Frentes polares¹⁷. Cavalcanti e Kousky (2009) mencionam que, um método objetivo para determinar a atuação das FF é a verificação de variações na pressão atmosférica ao nível do mar, variações na temperatura e na força e sentido do vento.

- Vórtice Ciclônico de Ar Superior - VCAS

Os VCAS (Figura 10) que atuam no NEB formam-se sobre o Oceano Atlântico Tropical Sul e têm “se destacado como um dos principais sistemas provocadores de precipitação na época que precede a estação chuvosa” (PAIXÃO; GANDU, 2000, p. 3422). Os VCAS ocorrem durante os meses de setembro a abril, com pico máximo de ocorrência no

¹⁷A referida autora justifica a opção por este termo, explicando que esta denominação já é consagrada em trabalhos específicos de meteorologia e de cunho climatológico, portanto, nesta pesquisa, utilizaremos este termo para fazer referência as mesmas condições deste sistema.

mês de janeiro¹⁸, sua vida média varia consideravelmente, alguns vórtices duram apenas algumas horas, enquanto outros mais de duas semanas (CALBETE; GAN e SATYAMURTY, 1996). Durante sua atuação, este sistema possui movimento irregular, movendo-se tanto para leste como para oeste, além disto, um VCAS pode permanecer quase estacionário como mover-se quase 10° de longitude por dia (GAN, 1982, GAN e KOUSKY, 1986; CONDE e DIAS, 2000; FERREIRA e MELLO, 2005; ALVES et al., 2006; CALBETE, GAN e SATYAMURTY, 1996).

A entrada de um VCAS sobre o NEB normalmente pode manter parte desta região com pluviosidade e outra com céu claro. Segundo Conde e Dias (2000, p. 1878), em vários casos, “os vórtices mantêm seu centro de subsidência na parte sudeste do Nordeste (Nordeste da Bahia, Sergipe, Alagoas, litoral de Pernambuco e Paraíba) e sua região de convecção sobre os Estados do Ceará, oeste do Rio Grande do Norte, Piauí, oeste de Pernambuco”.

Os VCAS surgem inicialmente em grandes altitudes, estendendo-se gradualmente para baixo e podem ser facilmente identificado em imagens de satélites meteorológicos devido à forte nebulosidade provocada por estes (cúmulo-nimbus), apresentam movimentação ciclônica fechada no sentido horário (CONDE e DIAS, 2000; SILVA e SATYAMURTY 2004; GAN, 1982). Na sua periferia, ocorre o movimento ascendente de ar quente e úmido, provocando a formação de nuvens que podem gerar grandes totais pluviométricos, enquanto que, no centro, o ar mais frio e seco encontra-se em subsidência, aumentando a pressão atmosférica e inibindo a formação de nuvens, assim, o céu permanece limpo (GAN, 1982; CONDE e DIAS, 2000; MOLLION e BERNARDO, 2002).

É relatado por Kousky e Gan (1981 apud CONDE; DIAS, 2000) que em certos casos os VCAS podem apresentar uma forma de S quando associados com uma Frente fria que esteja nas proximidades do Sudeste do país, ou seja, ao sul da periferia do VCAS. Este sistema ainda pode interagir com a ZCIT (PEREIRA, 2014; PAIXÃO e GANDU, 2000; ALVES et al., 2006). A persistência de um vórtice sobre o NEB pode impedir o deslocamento dos sistemas frontais para a Zona da Mata do Nordeste, contribuindo para a permanência dos mesmos sobre a Região Sudeste e sul da Bahia onde causam precipitações (ALVES et al., 2006; CALBETE, GAN e SATYAMURTY, 1996).

¹⁸Alves et al. (2006), em um estudo sobre os mecanismos atmosféricos atuantes no NEB durante janeiro de 2004, os autores compararam as características atmosféricas observadas neste mês, com aquelas obtidas em composições dos janeiros considerados chuvosos e secos entre 1971 e 2000. Nesta análise os autores perceberam que em janeiros secos foi comum a ausência ou a fraca atuação dos VCAS sobre o NEB, indicando que este sistema está intimamente relacionado com a pouca pluviosidade na pré-estação chuvosa na Zona da Mata.

Figura 10 – VCAS atuando sobre o Nordeste Brasileiro

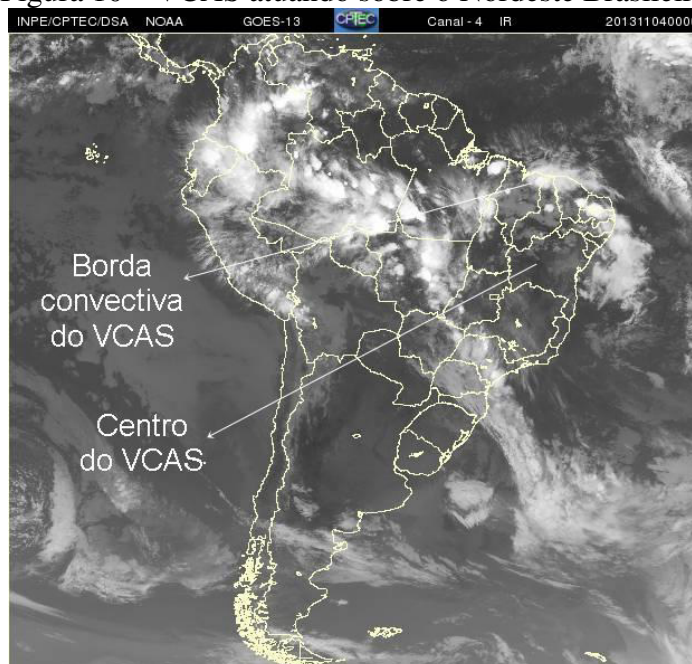


Imagem do GOES 13 – Canal 4 IR, para o dia 04/11/2013 às 00:00 horas UTC. Fonte: CPTEC/INPE.

- Ondas de Leste - OL

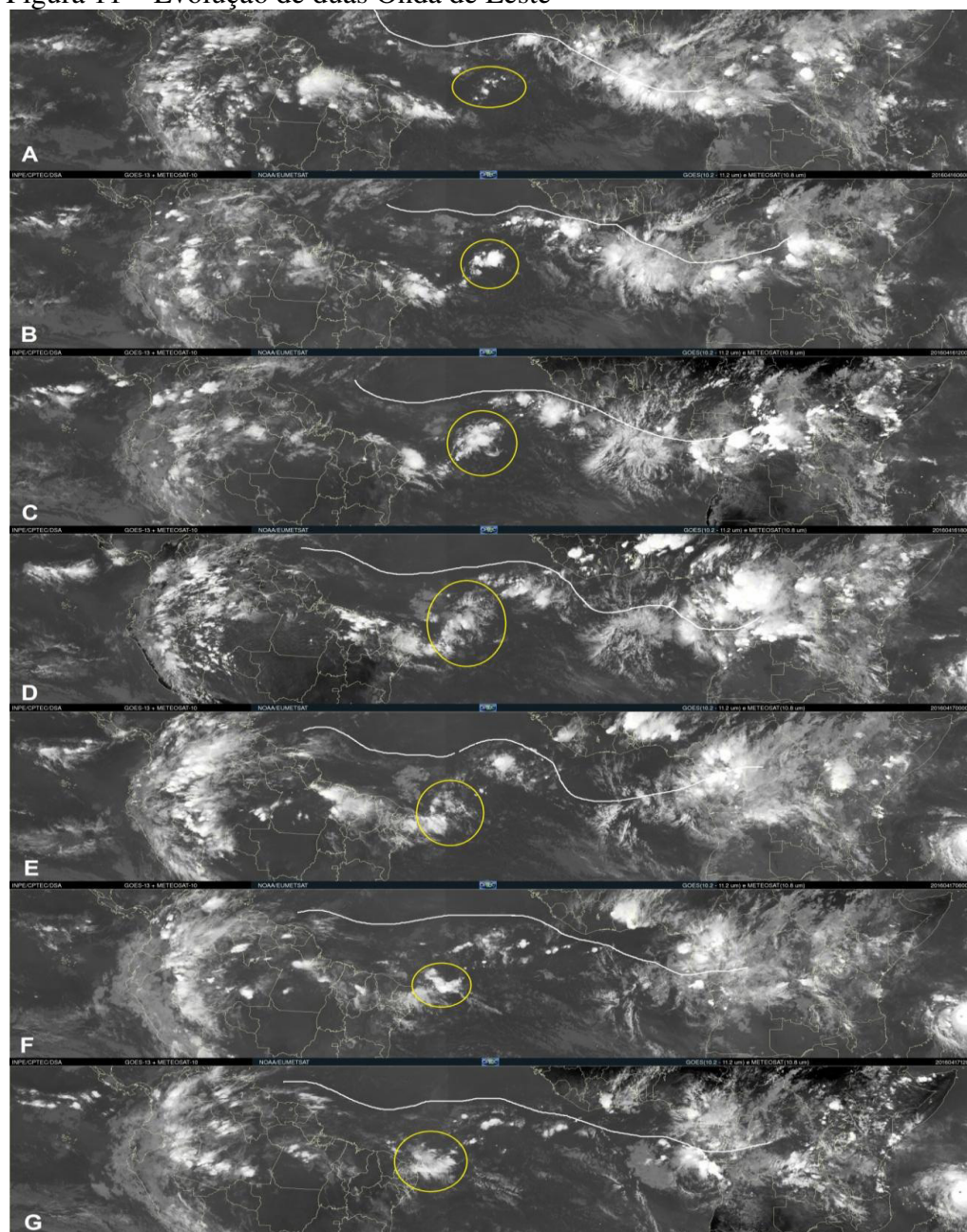
Este fenômeno também é conhecido como ondas africanas e é um sistema de mesoescala típico das regiões tropicais (MACHADO et al., 2009). Formam-se devido a perturbações no campo dos ventos alísios próximo a costa da África¹⁹. As OL (Figura 11) deslocam-se de leste para oeste, a partir da costa da África até atingirem o litoral leste do Nordeste brasileiro que corresponde à Zona da Mata nordestina. Segundo Molion e Bernardo (2002), as OL “se intensificam quando chegam à costa, devido ao aumento da convergência de umidade e ao contraste térmico entre o continente e o oceano”.

Machado et al. (2009) mencionam que sobre o continente sul americano, as Ondas de Leste são pouco conhecidas²⁰. Apesar disso, este sistema é de fundamental importância para a estação chuvosa da Zona da Mata (maio-agosto), contribuindo com elevados índices pluviométricos. As OL atuam de forma intensa na Zona da Mata entre os meses de maio a agosto (fim do outono e todo inverno), chegando a atuar com fraca intensidade nos primeiros meses da primavera (NIMER, 1979; MOTA e GANDÚ, 1996; MACHADO et al., 2009; PEREIRA, 2014).

¹⁹ Machado et al. (2009) menciona que diferentes trabalhos mostram que essas ondas são consequência de instabilidade barotrópica e baroclínica de jato.

²⁰ Uma vez que são menos ativas no contexto sinótico do que as Ondas de Leste africanas na região do Sahel.

Figura 11 – Evolução de duas Onda de Leste



A Figura exemplifica a evolução de duas Onda de Leste, desde sua gênese sobre o Atlântico, próximo a costa da África, até sua atuação sobre o litoral Nordestino (a primeira onda é ilustrada pela Figura 8A - 8E e a segunda entre a 8F - 8G). A linha branca destaca a ZCIT e o destaque amarelo evidencia as duas OL. Imagens dos satélites GOES 13 + Meteosat 10. Banda 4 Infra Vermelho, para os dias 16,17 de abril de 2016. Fonte: CPTEC/INPE. Edição: Pereira, Silva e Moura (2016)

Concernente ao seu deslocamento e extensão, vários estudos observacionais apontam que as OL apresentam um comprimento (desde seu ponto de origem até sua dispersão) variando em torno de 3500 a 4000/4300 km, chegando em certos casos a 6900 km, nos meses de inverno austral. Quanto à velocidade, os estudos revelam que as Ondas de Leste podem deslocar-se entre 8 a 13 m s⁻¹. Dependendo da onda, o período de atuação deste sistema varia

em torno de um à alguns dias (FERREIRA, CHAN, SATYAMURTI, 1990; CHAN, 1990; MOTA e GANDÚ, 1996; RESCHKE e FISCH, 1998; MACHADO et al., 2009).

A partir de análises sinóticas, é possível perceber que as OL aparecem nas imagens de satélite (na banda infravermelho) como uma nebulosidade baixa, em tons fracos de cinza, devido ao fato de serem nuvens mais baixas, apesar de densas, fato este, observado e relatado por Barros (1968).

Verificou-se que muitas pesquisas consultadas para a construção deste texto foram aplicadas com o objetivo de identificar as Ondas de Leste atuantes na Zona da Mata do NEB, entre as latitudes 0° e 5° S, e, em alguns casos, entre 5° e 10°S (as OL foram menos comuns neste setor), o que sugere que estes sistemas são mais comuns entre estas latitudes, contudo, são escassos os trabalhos que investigam a atuação das OL abaixo da latitude 10°S, deste modo, este estudo tentará esclarecer como e onde estes sistemas atuam sobre a Zona da Mata nordestina.

- Linhas de Instabilidade - LI

Desenvolvem-se frequentemente na costa norte e leste do NEB, “sua formação se dá basicamente pelo fato de que com a grande quantidade de radiação solar incidente sobre a região tropical ocorre o desenvolvimento das nuvens cumulus, que atingem um número maior à tarde e início da noite, quando a convecção é máxima” (FERREIRA; MELLO, 2005, p. 21). Descrevendo este sistema, Souza (1998) explica que:

São formadas por cumulo nimbus de diversos tamanhos que se organizam em linha ou em curva. Estas linhas constituem um sistema que se desenvolve associado à circulação de mesoescala. Apresentam-se no litoral e adentram pelo continente formadas pela convecção [...]. As LI formam-se também entre os campos de pressão, no continente. (SOUZA, 1998, p.181).

As linhas de instabilidade (Figura 12) apresentam curta duração, seu tempo de vida varia em torno de algumas horas até aproximadamente um dia. A presença destes sistemas na costa nordestina também pode estar intimamente associada à circulação de Brisas, conforme é mencionado por Molion e Bernardo (2002) e Cavalcante e Kousky (1982).

Com respeito ao período em que atuam na Zona da Mata, Pereira (2014) identificou por meio da aplicação da análise rítmica voltada para João Pessoa (PB) que este sistema atua sobre este setor do NEB praticamente o ano todo, sendo mais intensas entre os primeiros meses do ano até julho e menos comuns durante os meses de primavera.

Figura 12 – Linha de Instabilidade sobre a Zona da Mata Nordestina

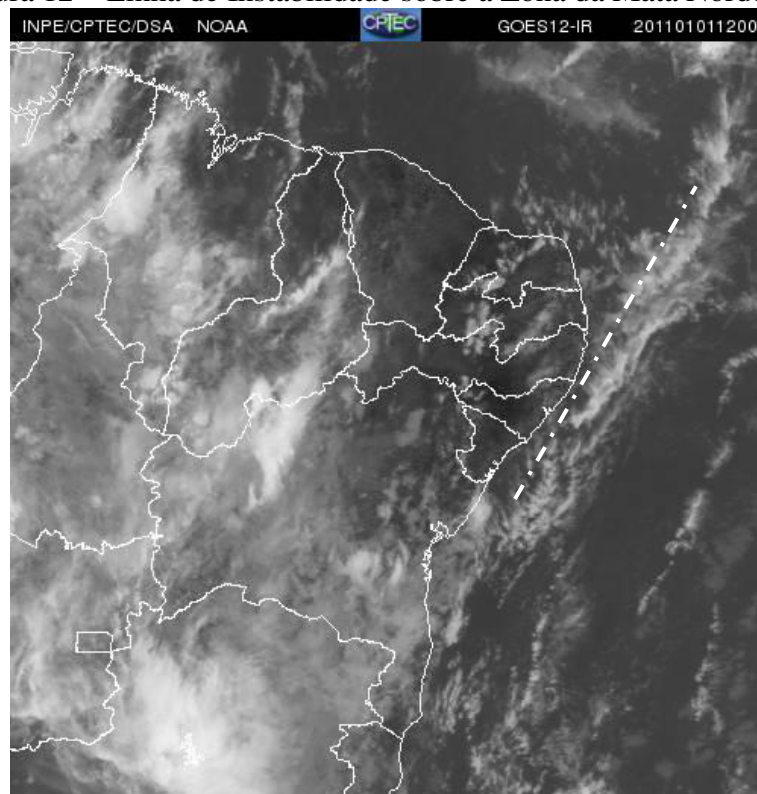


Imagem do GOES 12 – Canal 4 IR, para o dia 01/01/2011 às 12:00 horas UTC. Fonte: CPTEC/INPE. A linha branca indica a LI.

Antes de encerrar esta explanação, cabe ressaltar ainda, uma observação feita por Molion e Bernardo (2002, p. 4), estes citam que existem linhas de instabilidade chamadas de pré frontais, e mencionam: “a aproximação de Frentes provenientes do sul, muitas vezes, provocam o surgimento de linhas de instabilidade, que se propagam em sua vanguarda paralelas aos mesmos”.

- Complexos Convectivos de Mesoescala - CCM

Os CCM (Figura 13) também são conhecidos como Complexos Convectivos de Escala Subsinótica (CCS). Souza e Alves (1998, p.1) afirmam que estes “caracterizam-se como um conjunto de nuvens cumulonimbus (Cb) frias e espessas que apresentam a forma circular e crescimento vertical explosivo”. Isto ocorre devido ao forte aquecimento da superfície em áreas tropicais. Já Dias, Rozante e Machado (2009, p. 181), afirmam que uma característica marcante deste sistema é sua organização espacial, pois, “observa-se desde células isoladas, de poucas centenas de metros, até grandes aglomerados convectivos de milhares de quilômetros”.

Os CCM estão associados a eventos de precipitação intensa acompanhados de fortes rajadas de vento, e, em geral, as chuvas associadas a este fenômeno ocorrem isoladas. Os CCM se formam devido a condições favoráveis como temperatura, relevo (quando surge em áreas continentais) e pressão (FERREIRA; MELLO, 2005). Além destas características, Filho, Souza e Becker (1996) observam que os CCM se intensificam ao atingirem a costa e interagir com a topografia, ainda explicam que esses sistemas também podem se originar associada a ZCIT.

Figura 13- CCM atuando Sobre Nordeste Brasileiro



O CCM ilustrado aparentemente surge associado a ZCIT que é indicada pela linha branca. O círculo amarelo indica o complexo convectivo. A) Surgimento do CCM sobre o Atlântico às 00:00 horas UTC do dia 23/03/2011. B) As 12:00 horas do referido dia o sistema já apresentava um estágio maduro e prestes a atingir a porção da Zona da Mata entre o Rio Grande do Norte e Paraíba. C) As 21:00 Horas do dia 23/03/2011 o sistema já se apresenta em dissipação. Imagens do satélite GOES 12, canal 4 – IR. Fonte: CPTEC/INPE.

A gênese dos CCM que atuam sobre toda a faixa litorânea do Nordeste (norte e leste), em geral, ocorre durante o período noturno sobre o Oceano Atlântico sul, o que se torna uma das suas características mais marcantes (DIAS, 1996). Seu deslocamento apresenta uma trajetória longitudinal leste – oeste, até atingir o continente, conforme é analisado e evidenciado por Pereira, (2014), Souza e Alves (1998) e Filho, Souza e Becker, (1996). Segundo Dias, Rozante e Machado (2009, p 184), este tipo de sistema "evolui ao longo do seu ciclo de vida modificando sua intensidade, seu tamanho, sua forma e a composição das nuvens", estes autores ainda afirmam que este sistema apresenta 3 fases: gênese, estágio maduro e dissipação. Dias (1996), afirma que o tempo de duração mais frequente está entre 10 e 20 horas.

Com respeito ao período em que este sistema atua, Filho, Souza e Becker (1996), ao realizarem estudos de caso sobre a atuação deste sistema na Paraíba, verificaram que, frequentemente a propagação desses sistemas, sobre este setor leste do NEB ocorre no

período de março a junho. Em um estudo mais recente, Pereira (2014) identificou por meio da aplicação da análise rítmica voltada para João Pessoa (PB) que este sistema atua sobre este setor do NEB nos meses de verão, outono e inverno.

- Brisas marítimas e terrestres

São sistemas de escala local, sua ocorrência é o resultado do aquecimento e resfriamento diferencial que se estabelece entre o continente e o Oceano, tendo em vista que o continente aquece e perde calor muito mais rápido que a superfície oceânica. Durante o dia, a terra se aquece mais rapidamente que a água, dessa forma, uma baixa térmica desenvolve-se sobre o continente, fazendo com que os ventos se desloquem do Oceano para este, caracterizando a Brisa marítima (Figura 14). As Brisas marítimas podem penetrar vários quilômetros adentro do continente, contudo, esta distância pode variar de acordo com a configuração do relevo (MOLION e BERNARDO, 2002; FERREIRA e MELLO, 2005).

À noite, esta situação se inverte, pois, visto que o continente perde calor mais rápido que o Oceano, este último passará a ficar mais aquecido que o continente, invertendo o gradiente de pressão, assim, o vento passará a soprar do continente para o Oceano, caracterizando a Brisa terrestre (FERREIRA; MELLO, 2005). Visto que os ventos alísios atuam durante o ano todo no Nordeste, as Brisas nem sempre são percebidas.

Figura 14 - Brisa Marítima e Terrestre

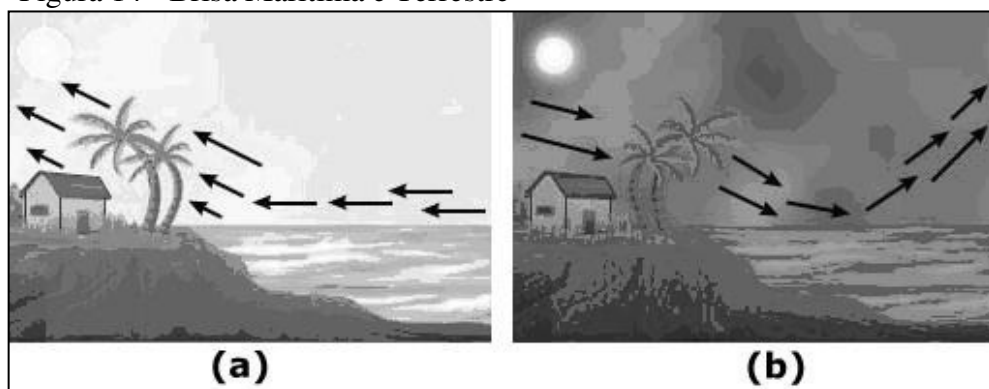


Figura 14 (a) Brisa Marítima e (b) Brisa Terrestre. Figura utilizada por Ferreira e Mello (2005). Fonte: <http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica5/leituras/brisa.htm> (site desativado).

Diniz et al. (2016) observaram que, no Nordeste, as Brisas terrestres, ao se deslocarem para o Oceano, convergem com os alísios de sudeste, causando um fenômeno convectivo que se limita as intermediações do litoral, elevando assim, os totais pluviométricos anuais dos municípios litorâneos. Deste modo, os setores do NEB onde a costa litorânea apresenta um

formato convexo projetando-se assim, mais para o Oceano, tornam-se mais sujeitas a atuação desta convecção, fazendo com que tal fenômeno “atinga a costa e contribua para a elevação dos totais pluviométricos dos municípios localizados nos trechos convexos”, já “nos trechos côncavos, em geral, a convergência entre as Brisas terrestres e os ventos sinóticos não acontece sobre o continente” (DINIZ et al., 2016, p.20), o que pode contribuir com a redução da pluviosidade. A ocorrência e influência deste sistema sobre a Zona da Mata não será investigada nesta pesquisa.

3.2.2 A temperatura da superfície dos Oceanos Pacífico e Atlântico e a sua relação com as chuvas na Zona da Mata Nordestina

A temperatura da superfície do mar (TSM) exerce forte influência sobre os campos de pressão atmosférica, o que, por sua vez, modula a circulação atmosférica, desta forma, as anomalias de TSM no Atlântico Tropical e no Pacífico possuem forte relação com a abundância ou escassez de chuvas no Nordeste brasileiro.

No Atlântico Tropical (AT), destaca-se um fenômeno conhecido como dipolo do Atlântico, este também é conhecido por Gradiente Inter-hemisférico ou meridional da temperatura da superfície do mar (GRADM)²¹, este fenômeno está relacionado com a diferença da anomalia da TSM centrada na região dos alísios de Nordeste e Sudeste, entre as porções norte e sul do Atlântico tropical, o que por sua vez, interfere diretamente no posicionamento latitudinal da ZCIT. O padrão de dipolo sugere que, quando as águas no Atlântico Norte apresentam anomalias negativas, ou seja, mais frias do que a média, a pressão atmosférica sobre esta área tende a ficar mais intensa e os ventos alísios de Nordeste intensificam-se empurrando a ZCIT para posições latitudinais mais ao sul. Este padrão chama-se “Dipolo Negativo”, sendo favorável às chuvas para o setor norte do Nordeste do Brasil, o que inclui o norte da Zona da Mata (FERREIRA; MELLO, 2005).

Quando ocorre o contrário, ou seja, o Atlântico norte está mais aquecido do que a média, ocorre o “Dipolo Positivo”, a pressão atmosférica diminui sobre este e os ventos alísios de Nordeste se enfraquecem, assim, com os alísios de sudeste mais intensos, a ZCIT passa a posicionar-se sobre latitudinais mais ao norte (FERREIRA; MELLO, 2005). Lucena, Servain e Filho (2010, p. 177) ainda explicam que “embora as anomalias da TSM referentes às bacias norte e sul do AT usualmente apresentem sinais opostos em cada Hemisfério, o

²¹ Esta pesquisa adotará o termo Dipolo por ser um conceito amplamente conhecido e utilizado na ciência geográfica.

desenvolvimento dessas anomalias nem sempre é simultâneo”.

Os anos com Dipolo positivo ou negativo são estabelecidos com base no cálculo do índice proposto por Servain (1991), este estabelece que os anos de ocorrência do Dipolo positivo são aqueles anos em que o índice apresentou valor acima de $0,5^{\circ}\text{C}$ e negativo os valores abaixo, durante pelo menos dois meses consecutivos entre os meses de janeiro a junho. Este índice é feito com base na “diferença entre as médias da TSM na área delimitada na bacia norte do Atlântico por 60°W - 20°W , 5°N - 28°N , menos a área na bacia sul 35°W - 5°E , 20°S - 5°N ” (LUCENA; SERVAIN; FILHO, 2010, p 177).

Sobre o Pacífico, Ferreira e Mello (2005) e Berlato e Fontana (2003)²² explicam que o fenômeno de interação Oceano-atmosfera conhecido como El Niño Oscilação Sul (ENOS), também exerce influência sobre a abundância ou escassez de pluviosidade no Nordeste brasileiro. O El Niño Oscilação Sul é um fenômeno de grande escala que ocorre no Oceano Pacífico Tropical. A denominação El Niño é usada para designar o aumento acima da média da temperatura da superfície do Pacífico em maiores proporções e intensidade, geralmente ocorrendo antes do Natal. Já o termo Oscilação Sul, é usado para se referir as diferenças na pressão atmosférica entre os extremos, leste e oeste do Pacífico (esta diferença de pressão dá origem à célula de Walker). Em períodos de maior aquecimento ou resfriamento da TSM, a circulação de Walker é alterada.

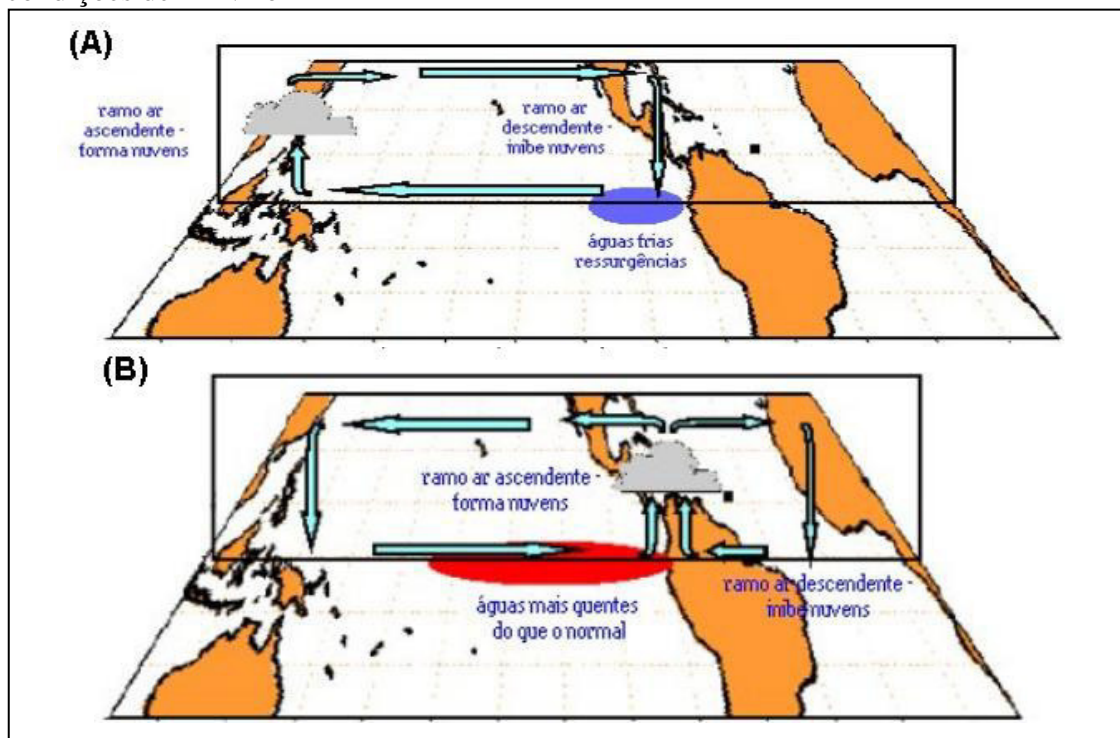
Quando ocorre um aquecimento (acima da média) das águas superficiais do centro leste do Pacífico (Figura 15), o El Niño ou fase negativa é configurada, neste caso, o ramo ascendente da célula de Walker, que normalmente encontra-se a oeste, e o ramo descendente que se encontra a leste, se modificarão, assim, o ar passará a entrar em ascensão sobre o Pacífico central e descenderá no Pacífico oeste e no Norte e Nordeste da América do Sul inibindo a formação de nuvens, dificultando também a atuação de certos sistemas sobre esta região.

No caso contrário, quando ocorre o resfriamento abaixo da média da TSM do Pacífico leste, presenciaremos um fortalecimento da célula de Walker, o que favorecerá a subsidência do ar sobre este setor do pacífico, esta situação configura a La Niña. Tais circunstâncias passam a permitir melhores condições para a ascensão do ar sobre o Nordeste brasileiro, bem como favorecerá a circulação atmosférica local. Berlato e Fontana (2003, p.24) explicam que, "em eventos muito fortes de El Niño a TSM nas regiões dos Niños pode ser, em média 2°C a 5°C acima do normal, ao passo que nos eventos muito fortes de La Niña, as temperaturas podem ser de 1°C a 4°C abaixo do normal". É notório o fato de que nem todo evento de El

²² As explicações a seguir com respeito ao El Niño e La Niña são baseadas nas considerações destes autores.

Niño ou La Niña provoca repercussões negativas ou positivas sobre o NEB, pois, isto também dependerá das condições do Dipolo do Atlântico. Sobre isto, Andreoli e Kayano (2007, p. 64) destacam que “a variabilidade de TSM do AT [é] a forçante dominante das anomalias de precipitação no NEB”.

Figura 15 – Circulação atmosférica sobre o Oceano Pacífico em condições normais e em condições de El Niño



A Figura 15A ilustra a condição normal e a Figura 15B ilustra a condição de El Niño. Fonte: www.funceme.br

Para a identificação de anos com El Niño e La Niña, Berlato e Fontana (2003) apontam que dois indicadores têm sido bastante utilizados, o IOS e a anomalia média de TSM do Oceano Pacífico equatorial. No IOS os anos são “classificados como El Niño quando a média móvel de cinco meses desse índice permanece abaixo de $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ de desvio padrão por cinco ou mais meses consecutivos, sendo o inverso para o caso de La Niña”, no caso do índice de anomalia média de TSM, este é um “limiar de $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ de anomalia para caracterização dos eventos quentes e eventos frios” (BERLATO; FONTANA, 2003, p.25). Segundo os autores, a região do Niño 3,4 (pacífico equatorial central) vem sendo considerada para a obtenção destes índices. Os fenômenos podem ser classificados, quanto à intensidade, em fracos (valores entre $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$), moderados ($1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) e fortes ($\geq 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Com base nas literaturas apresentadas neste tópico, foi elaborado o Quadro 1, este resume as características dos sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes na Zona da Mata.

Quadro 1 – Síntese das características das massas de ar e dos sistemas atmosféricos atuantes sobre a Zona da Mata de acordo com a literatura especializada

MASSAS AR E SISTEMAS ATMOSFÉRICOS	PROPRIEDADES			
	PERÍODO DE ATUAÇÃO	ORIGEM	SETOR EM QUE ATUA	CARACTERÍSTICAS
MASSA EQUATORIAL ATLÂNTICA - MEA	Atua o ano todo	Anticiclone semifixo do Atlântico Sul.	Atue em praticamente todo o Nordeste inclusive a Zona da Mata.	Possui duas correntes, uma inferior fresca e com umidade oriunda da evaporação do Oceano, e outra superior quente e seca, separadas por uma inversão de temperatura impedindo o fluxo vertical do vapor. Em contato com o continente esta sujeita a instabilidade. É semelhante à MTA mais se diferencia devido a direção dos ventos. Esta associada aos alísios com direção leste-oeste.
MASSA EQUATORIAL ATLÂNTICA - MEA	O ano todo, com maior expressão durante o inverno e primavera, se retraindo durante o verão	Anticiclone semifixo do Atlântico Sul.	É provável que atue no sul da Zona da Mata.	Sobre o oceano é muito uniforme na superfície, com muita umidade e calor proveniente deste, porém, sua uniformidade não se estende a grandes alturas. Sobre o continente brasileiro a umidade penetra a maiores altitudes, tornando o setor ocidental da MTA mais sujeita a instabilidade.
ZONA DE CONVERGÊNCIA A INTERTROPICAL - ZCIT	Período chuvoso na porção setentrional do Nordeste (dezembro e fevereiro) e pré-estação chuvosa no norte da Zona da Mata (fevereiro-abril). Estende sua atuação até maio em certos anos. Maior expressão entre março e abril. A pluviosidade associada pode durar dias.	É formada pela confluência dos ventos alísios de Nordeste e Sudeste, próximo a linha do equador provocando expressiva atividade convectiva.	Porção norte do Nordeste incluindo o norte da Zona da Mata.	É uma expressiva massa de nuvens que forma um cinturão equatorial global com 3 a 5 graus de largura. Apresenta um movimento sazonal para o HN durante o inverno e primavera austral, e, para o sul durante o verão e outono austral. Atinge sua posição mais ao sul (4° a 5° S), durante março-abril.

ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL - ZCAS	Atua entre o fim da primavera (novembro) enfraquecendo em meados de março. Atua de forma “episódica”. Apresenta atividade convectiva intensa que persiste ativa por alguns dias.	É uma atividade convectiva que começa no oeste da bacia Amazônica, no início de agosto, deslocando-se nos meses seguintes em direção ao sudeste do Brasil.	Estende-se de forma variável desde o sul da região amazônica (nas proximidades do sul dos estados Amazonas e Pará) até o sudeste do Brasil, podendo deslocar-se sobre o Nordeste, atingindo o sul da Bahia e sul da Zona da Mata. Também avança sobre o Atlântico Sul.	Apresenta-se como sendo uma alongada banda de nebulosidade com orientação NO – SE.
FRENTE FRIA - FF	É expressiva durante o inverno e na primavera austral, decaindo no outono e verão. Durante o verão, é comum que se posicionem na costa do Brasil, entre São Paulo e Sul da Bahia, mantendo-se quase estacionárias. Sua influência pode durar alguns dias.	O contato entre o ar quente das massas tropicais (principalmente a MTA) com o ar frio e mais denso da Massa Polar Atlântica da origem a várias FF ao longo do ano.	Apresentam duas ramificações quando adentram o Brasil, uma que invade o Brasil central e outra que segue pela costa oriental. São mais comuns no sul da Zona da Mata do que a Norte deste setor.	Apresentam um formato de arco, com orientação NO-SE, de inclinação variável, podendo estender-se desde o oeste da Amazônia até o sudeste do Brasil. Ao chegar às baixas latitudes, apresentam-se tropicalizadas. Em sua atuação verificam-se variações na pressão atmosférica ao nível do mar, queda da temperatura e na força e sentido do vento.
VÓRTICE CICLÔNICO DE AR SUPERIOR - VCAS	Entre setembro a abril, com pico máximo em janeiro. Podem durar algumas horas ou pouco mais de duas semanas.	Surgem inicialmente em grandes altitudes. Formam-se sobre o Oceano Atlântico Tropical Sul.	Todo o Nordeste	Possui movimento irregular. Pode permanecer quase estacionário ou mover-se quase 10° de longitude por dia. Apresentam movimentação ciclônica fechada no sentido horário. Na sua periferia ocorre o movimento ascendente de ar quente e úmido, e no centro, o ar mais frio e seco encontra-se em subsidência. Podem apresentar uma forma de S.
ONDAS DE LESTE	São intensas entre maio a agosto, atuando com fraca intensidade nos primeiros meses da primavera. Dependendo da onda, o período de atuação deste sistema varia em torno de um há alguns dias.	Perturbações no campo dos ventos alísios próximo a costa da África	Estudos indicam maior frequência no litoral nordestino entre as latitudes 0° e 5° S, e, em alguns casos, entre 5° e 10°S.	Aparecem nas imagens de satélite, na banda infravermelho, como uma nebulosidade baixa, em tons fracos de cinza, por serem nuvens mais baixas, apesar de densas. Se intensificam quando chegam à costa (ampliando a densidade nas imagens), devido ao aumento da convergência de umidade e ao contraste térmico entre o continente e o oceano. Possuem rápida movimentação.

LINHA DE INSTABILIDADE - LI	Praticamente o ano todo, sendo mais intensas entre os primeiros meses do ano até julho e menos comuns durante os meses de primavera. Atuam durante algumas horas até aproximadamente um dia.	A grande quantidade de radiação solar incidente sobre a região tropical provoca atividade convectiva e o desenvolvimento de nebulosidade na costa nordestina atingindo maior expressão à tarde e início da noite, quando a convecção é máxima. Pode estar associada às brisas, ZCIT e a frentes.	Ocorre frequentemente na costa norte e leste do Nordeste, o que inclui a Zona da Mata	Organizam-se em linha ou em curva.
COMPLEXOS CONVECTIVOS DE MESOESCALA - CCM	Preferencialmente durante o verão, outono e inverno (janeiro a agosto). Pode durar mais que um dia, contudo, o tempo de duração mais frequente está entre 10 e 20 horas.	A gênese dos CCM que atuam na Zona da Mata ocorre, em geral, durante o período noturno sobre o Oceano Atlântico sul, próximo a costa. A pressão atmosférica e o forte aquecimento superficial são os principais responsáveis pela formação.	A literatura produzida para o NEB indica que estes sistemas são mais comuns sobre toda a faixa litorânea (norte e leste) do Nordeste.	Apresentam-se como células isoladas de cumulonimbus, de poucas centenas de metros, até grandes aglomerados convectivos de milhares de quilômetros com rápido crescimento vertical. Podem estar associados a ZCIT.
BRISAS MARÍTIMAS E TERRESTRES	O ano todo.	É o resultado do aquecimento e resfriamento diferencial que se estabelece entre o continente e o Oceano.	Todo o litoral nordestino.	Durante o dia os ventos se deslocam do Oceano para o continente, caracterizando a Brisa marítima. À noite, o vento passará a soprar do continente para o Oceano, caracterizando a Brisa terrestre. Acredita-se que os setores do NEB onde a costa litorânea apresenta um formato convexo projetando-se assim, mais para o Oceano, tornam-se mais sujeitos a atuação de convecções relacionadas a brisas e aos ventos alísios, o que contribui para a elevação dos totais pluviométricos, já nos trechos côncavos, em geral, a convergência entre as Brisas terrestres e os ventos sinóticos não acontece sobre o continente.

Organização: Michael Douglas

3.3 Procedimentos Metodológicos

Todas as etapas aqui descritas para a aplicação dos procedimentos metodológicos são ilustradas na Figura 16, esta facilita o entendimento do leitor a respeito da sequência destes procedimentos.

3.3.1 Fase I - Revisão Bibliográfica

Primeiramente, houve o levantamento de bibliografias em bibliotecas, periódicos e livros, além de buscas por material, em meio eletrônico, nos *sites* das seguintes organizações: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Centro de Previsão e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). Também houve o levantamento de bibliografias nos anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia (CBMET) e na revista da Associação Brasileira de Climatologia (ABClima), entre outras.

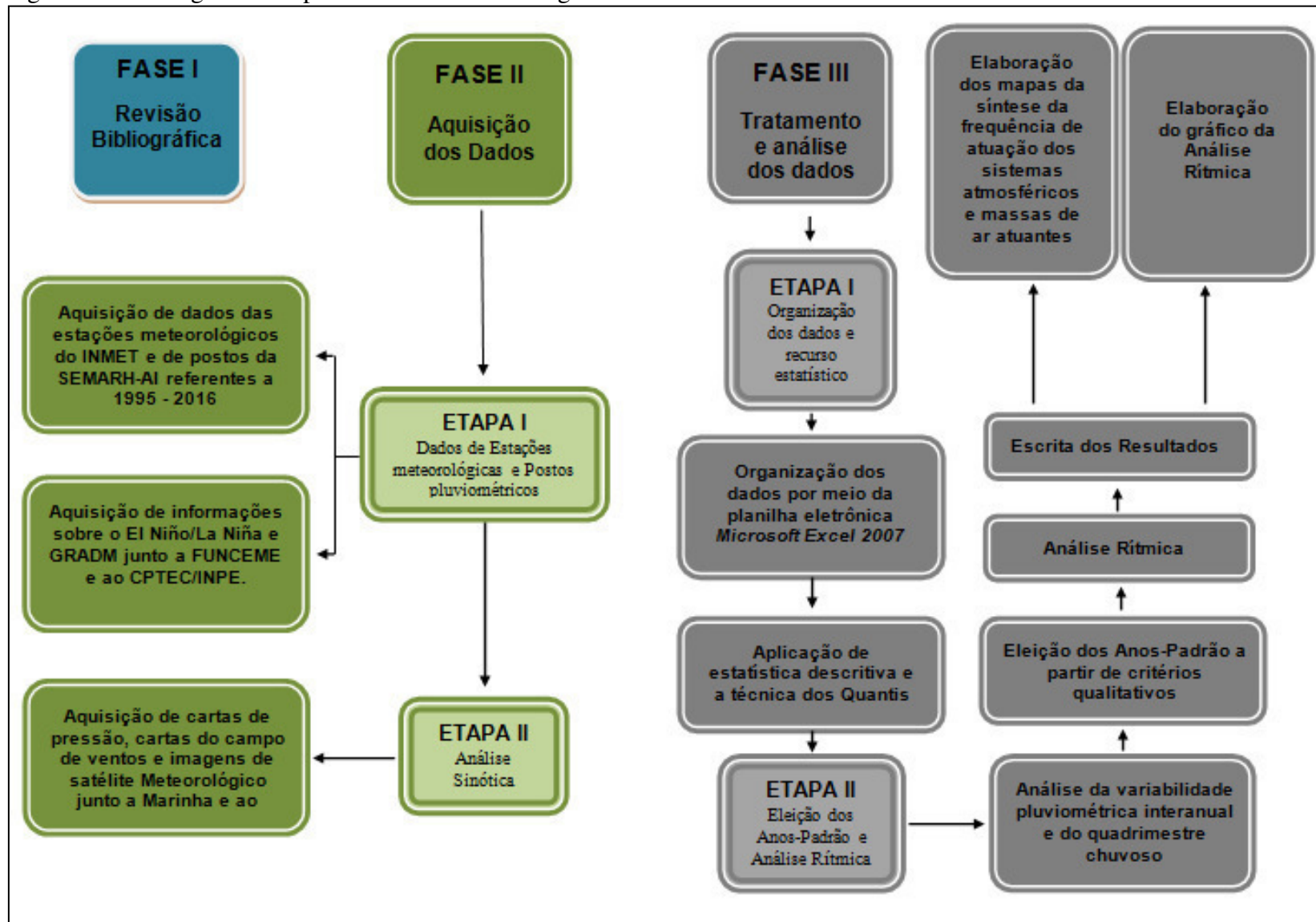
3.3.2 Fase II - Aquisição dos Dados

3.3.2.1 Etapa I - Dados de Estações meteorológicas e Postos pluviométricos

Para a realização desta pesquisa, utilizou-se dados meteorológicos de superfície das estações convencionais do INMET, estes, são disponibilizados gratuitamente por meio do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) disponível no *site*²³ do referido instituto. Também foram utilizados dados do posto pluviométrico de Marechal Deodoro/AL que está sob responsabilidade da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos hídricos (SEMARH) de Alagoas, estes dados foram adquiridos gratuitamente a partir da solicitação ao referido órgão. Estes últimos foram utilizados com o objetivo de preencher determinadas falhas na série de dados da estação de Maceió/AL.

²³ <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>

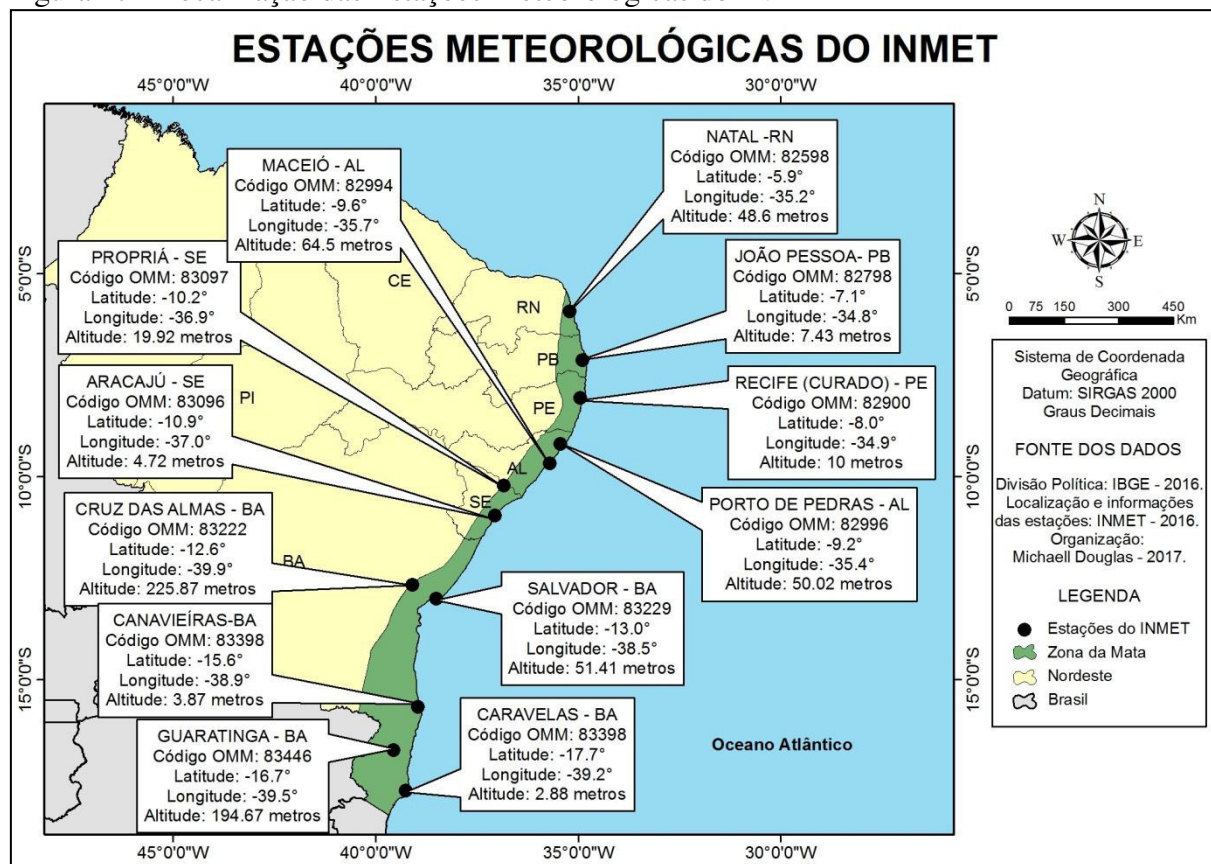
Figura 16 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos



A série temporal dos dados corresponde ao período entre 1995 a 2016. Este recorte temporal foi escolhido devido a um grande número de falhas encontradas no período que antecede 1995. Também foram utilizadas as Normais climatológicas de temperatura e de precipitação elaboradas pelo INMET (1961 - 1990) referente às estações eleitas. Isto teve como objetivo comparar as médias dos 22 anos de análise com o que é apresentado pelas normais, o resultado disto está descrito na caracterização climática da área de estudo.

Esta pesquisa utiliza dados das 12 estações do INMET situadas na Zona da Mata (Figura 17): Natal/RN, João Pessoa/PB, Recife/PE, Porto de Pedras/AL, Maceió/AL, Propriá/SE, Aracaju/SE, Cruz das Almas/BA, Salvador/BA, Canavieiras/BA, Guaratinga/BA e Caravelas/BA. Estas estações formam um eixo latitudinal de análise com seu extremo sul em Caravelas/BA e a norte em Natal/RN, o que permitirá a análise do ritmo climático em toda a faixa litorânea oriental do Nordeste que foi delimitada e oficialmente nomeada por Andrade (1986) como sendo Zona da Mata Nordestina. O uso desse eixo de análise é estratégico para verificar o acesso das Frentes e o comportamento de outros sistemas, em especial, as Ondas de Leste e a diferenciação das massas equatorial atlântica (MEA) e tropical atlântica (MTA).

Figura 17 - Localização das Estações Meteorológicas do INMET



É importante destacar que as estações de Porto de Pedras/AL, Cruz das Almas/BA, Canavieiras/BA e Guaratinga/BA, não possuem as normais climatológicas de temperatura, nem de pluviosidade, diante disto, estas normais foram elaboradas a partir dos dados de temperatura e pluviosidade disponibilizados pelo INMET para o período de 1961 a 1990. Também foi observado que existem falhas nos dados do mês de janeiro para todos os anos entre 1996 a 2004 na estação de Porto de Pedras. Devido à ausência de uma série consistente de dados pluviométricos de municípios próximos, tornou-se inviável o preenchimento destas falhas, contudo, isto não inviabilizou a utilização destes dados uma vez que o mês de janeiro não apresenta médias pluviométricas elevadas nesta estação.

Além dos dados mencionados, tornou necessária a aquisição de dados referentes aos anos em que ocorreram os fenômenos El Niño/La Niña, bem como o Dipolo positivo e negativo. Estes dados foram utilizados para a verificação de possíveis relações entre tais fenômenos e a pluviosidade na Zona da Mata. A relação de anos em que ocorreram os fenômenos de Dipolo positivo e negativo, e El Niño e La Niña, foi obtida a partir do trabalho de Sena (2017), esta autora buscou analisar a precipitação pluviométrica em anos extremos no cariri paraibano, além de relacionar esta pluviosidade com a cobertura vegetal nesta localidade. Além desta fonte, também foram obtidas informações a respeito do Dipolo junto ao *site* da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos²⁴ (FUNCEME). No site do CPTEC/INPE se obteve dados referentes ao El Niño e La Niña.

3.3.2.2 Etapa II - Análise Sinótica

Visto que a análise sinótica consiste na utilização de cartas de pressão, cartas do campo de ventos e imagens de satélite Meteorológico para extrair informações a respeito de sistemas atmosféricos e massas de ar, torna-se necessário a aquisição destes produtos para a realização deste procedimento. Por isso, foram utilizadas cartas de pressão ao nível do mar que são disponibilizadas no site da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil²⁵. Estas cartas também possuem informações sobre a direção dos ventos em superfície, assim, em conjunto com cartas de reanálise que indicam em detalhes a direção dos ventos em altitude (850 hPa) tornou-se possível identificar as massas de ar atuantes sobre a Zona da Mata.

²⁴<http://www.funceme.br/index.php/areas/19-monitoramento/oceanogr%C3%A1fico/403-campos-de-tsm-e-vento-no-atlantico-tropical>

²⁵<https://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm>

Estas cartas de reanálise utilizam informações do NCEP (National Centers for Environmental Prediction/Centro Nacional de Previsão Ambiental) e são disponibilizadas pelo órgão MeteoPT de Portugal²⁶. Segundo Pinto, Diniz e Costa (2006, p.2), o NCEP trabalha em parceria com o NCAR (Centro Nacional de Pesquisa Atmosférica) e “disponibiliza séries históricas de reanálise desde 1948 até a atualidade. As séries do NCEP/NCAR têm sido muito utilizadas em trabalhos que descrevem as condições gerais da atmosfera ou análise de áreas isoladas”. Para a geração dos dados de reanálise “são usados campos globais atmosféricos e de fluxos superficiais derivados dos sistemas de previsão numérica e de assimilação de dados do NCEP” (VIEIRA et al., p.191). As informações contidas nestas cartas de vento em altitude mostraram-se semelhantes, em grande parte dos dias dos Anos-Padrão, aos dados presentes nas cartas de pressão da marinha.

Com respeito às imagens de satélite meteorológico, serão utilizadas as imagens do GOES, no canal infravermelho, banda 4, projeção América do Sul, que são disponibilizadas por meio do Acervo de imagens da Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA) no *site* do CPTEC/INPE²⁷. Todas as cartas e imagens são referentes ao horário 12 GTM (9 horas local), contudo, em casos de dificuldades na identificação dos sistemas, é apropriada a verificação de imagens anteriores e posteriores a este horário, o que permite a visualização da gênese e desenvolvimento do sistema, deste modo, a partir da observação de suas características, é possível chegar a melhores conclusões. Como suporte à identificação dos sistemas atmosféricos considerados nesta pesquisa, também serão utilizadas as informações dos Boletins de Climanálise do *site* do CPTEC/INPE. Estas informações, juntamente com aquelas obtidas a partir das imagens de satélite e cartas de pressão, permitirão investigar a incursão das Frentes Frias sobre a Zona da Mata, bem como os sistemas atmosféricos e massas de ar responsáveis pela gênese da pluviosidade.

É importante destacar que o objetivo aqui é analisar o ritmo, ou seja, o encadeamento sucessivo da atuação destes sistemas sobre a Zona da Mata do NEB, observando suas interações e consequentes repercussões expressas por meio de baixos ou elevados totais pluviométricos. Portanto, a análise dos sistemas e massas de ar se faz de modo descritivo e jamais deve ser confundida com as análises feitas por meteorologistas, que, buscam muito mais explicar quais fenômenos físicos (enquanto ciência e não no sentido de aspectos naturais) desencadearam a formação de determinados sistemas atmosféricos, do que somente descrevê-los.

²⁶ <https://www.meteopt.com/clima/reanalise-ncep/diario/america-do-sul>

²⁷ <http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic>

As cartas de pressão a nível do mar e de altitude são analisadas em conjunto com as imagens de satélite para a identificação dos sistemas atmosféricos responsáveis pela gênese dos tipos de tempo que já ocorreram na área de estudo, estas cartas são um suporte bastante confiável e permitem resultados mais precisos. As cartas de campo dos ventos serão utilizadas como suporte para a identificação das massas de ar. Com respeito às imagens de satélite meteorológico GOES, foi escolhido utilizar o canal infravermelho, banda 4, devido ao fato de que os dados no infravermelho são obtidos através dos sensores que medem a radiação de ondas longas, emitidas por nuvens ou por superfícies continentais e oceânicas, além disto, estas imagens são geradas em tons de cinza, o que permite uma maior distinção entre nuvens de maior ou menor desenvolvimento vertical. E outra grande vantagem dos sensores infravermelhos é que eles fornecem imagens diurnas e noturnas.

A respeito das imagens de satélite, é importante mencionar que no ano 2000 houve falha no imageamento do dia 19 de novembro, assim, este dia não possui imagens disponíveis no site CPTEC/INPE que possam ser utilizadas para a verificação dos sistemas atuantes na área de estudo, deste modo, decidiu-se inferir que neste dia o VCAS atuou sobre a Zona da Mata, uma vez que este já estava atuando há dias, inclusive no dia 18 e 20 de novembro. O mesmo ocorreu no dia 6 deste mesmo mês, para este dia, decidiu-se atribuir a atuação da MEA e da MTA visto que os dados das estações meteorológicas deste dia não indicaram a atuação de sistemas produtores de chuva. Nos dias 26, 27 e 28 de outubro do ano 2000 o mesmo ocorre, neste caso, também foi atribuído ao dia apenas a atuação das massas de ar devido ao fato de que os dados indicaram ausência de algum sistema produtor de chuvas. Por último, cabe destacar que ao fim da Análise Rítmica empregada nesta pesquisa, foram analisadas ao todo, mais de 5.000 imagens de satélite, cartas de pressão e cartas de ventos em altitude.

3.3.3 Fase III - Tratamento e análise dos dados

3.3.3.1 Etapa I - Organização dos dados e recurso estatístico

Para a eleição dos Anos-Padrão, é necessário, ao menos, a análise da variabilidade pluviométrica interanual, no entanto, antes desta etapa, é necessário que os dados sejam verificados, portanto, após a aquisição destes, foi realizada uma meticulosa revisão para a identificação de possíveis falhas, assim, foi observado que na estação de Maceió/AL, existiam

falhas nos dados da pluviosidade em todo o mês de dezembro de 2000 e em todo o ano de 2007 e de 2008. Em 2007, não existem dados de nenhum atributo climático e em 2008, constam apenas os dados dos meses de outubro, novembro e dezembro, contudo, ainda com falhas em alguns dias, desse modo, decidiu-se preencher estas falhas com dados da estação pluviométrica estadual do Município de Marechal Deodoro/AL (município vizinho à Maceió/AL) que está sob a responsabilidade da SEMARH de Alagoas.

Outras estações que também apresentaram falhas nos dados foram às estações de Cruz das Almas/BA e de Propriá/SE. Na estação de Cruz das Almas/BA, são inexistentes os dados de temperatura referentes ao período de 2004 – 2016, deste modo, a média de temperatura mensal foi elaborada apenas com os dados existentes. Na estação de Propriá/SE, também existem falhas nos dados de temperatura, estas estão presentes nos anos de 1995, nos meses de janeiro a maio; em 1996 entre maio e dezembro; e, em 1997 entre janeiro e abril.

Após análise de consistência das séries meteorológicas, os dados foram organizados em planilhas eletrônicas *Microsoft Excel 2007*. Para o tratamento estatístico, esta pesquisa utilizou estatísticas descritivas (média, mediana, máximo, mínimo) e a Técnica dos Quantis para a classificação da pluviosidade anual e do quadrimestre chuvoso de todas as estações. A análise da pluviosidade do quadrimestre chuvoso se faz importante porque em certas estações, como as de João Pessoa e Recife, a pluviosidade do quadrimestre chuvoso chega a ser pouco mais de 50% de todo o total pluviométrico anual. Esta técnica estatística foi elaborada por Pinkayan (1966) para a classificação de anos secos, chuvosos, e, normais ou habituais, a partir de séries temporais de dados de pluviosidade.

Um grande exemplo de estudos que aplicam a técnica dos quantis para análises voltadas ao Nordeste Brasileiro foram desenvolvidos por Xavier (2001), Xavier e Xavier (2004), Xavier, Xavier e Alves (2007). Xavier (2001) menciona que a chuva é uma variável aleatória, assim “o valor de sua altura acumulada (em milímetros) não poderá ser previsto com uma exatidão determinística sendo, portanto, de natureza probabilística” (XAVIER, 2001, p.162). Deste modo, Xavier (2001, p.162) ainda menciona que, “pode-se atribuir uma probabilidade para que a altura da chuva fique compreendida entre dois limites arbitrariamente escolhidos”. Neste caso, esses limites referem-se aos quantis.

Para exemplificar uma interpretação simples para o quantil (Q_p), Xavier (2001, p.164) menciona:

Espera-se que em $p\%$ dos anos a altura da chuva X não deva ultrapassar o valor desse quantil Q_p , em milímetros, enquanto para $(100-p)\%$ dos anos tal valor será excedido; [...] portanto, para $p = 0,25$ (ou 25%), se o quantil respectivo com respeito à chuva anual numa dada localidade for $Q_{0,25} = 345$

mm, isso significa que para 25% dos anos a chuva será menor ou igual a 345 mm, enquanto para os 75% de anos restantes será superado esse limiar de 345 mm (Xavier 2001, p.164).

É importante ressaltar que a técnica dos quantis permite uma análise estatística confiável e detalhada, estes “são as medidas [ou valores] de separação para as distribuições da amostra. Um quantil de ordem p é um valor numérico que secciona a distribuição [dos dados] em partes” (MONTEIRO; ROCHA; ZANELLA, 2012, p 237). Pinkayan (1966) propõe às ordens quantílicas $p = 0,15, 0,35, 0,65$ e $0,85$, com a finalidade de permitir a delimitação das categorias (ou faixas). Estes quantis (que são valores percentuais) definem 5 divisões de classes: Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso. Este conjunto pode ser melhor visualizado no Quadro 2. O valor referente a cada quantil, para cada estação, pode ser visualizado no Quadro 3, este apresenta os valores dos quantis aplicados aos totais anuais e o Quadro 4 apresenta os valores dos quantis aplicados ao quadrimestre chuvoso de todas as estações.

O intervalo entre cada quantil equivale a uma determinada porcentagem da série, ou seja, referem-se a uma frequência esperada. Neste caso o intervalo abaixo de $Q_{0,15}$ equivale a 15% da série, entre $Q_{0,15} - Q_{0,35} = 20\%$; entre $Q_{0,35} - Q_{0,65} = 30\%$; entre $Q_{0,65}$ e $Q_{0,85} = 20\%$ e acima de $Q_{0,85} = 15\%$. É importante destacar que Xavier (2001, p.162) menciona a existência de “uma probabilidade de erro da ordem de $q = 1 - p = 5\%$ (ou $5/100$)”. Segundo a autora, é usual estabelecer este tipo de erro para cálculos estatísticos. Deste modo, a técnica dos quantis fragmentou, a série de 22 anos analisada nesta pesquisa, da seguinte forma: 3 anos são categorizados como muito seco; 4 anos são secos; 7 anos são considerados normais; 5 anos são chuvosos e 3 anos muito chuvosos. Este padrão foi o mesmo para todas as estações.

Quadro 2 - Classificação das categorias e probabilidades da precipitação relacionada às ordens quantílicas.

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)	$p \geq Q_{0,85}$

Fonte: Adaptada de Sena (2017).

Para esta pesquisa, serão adotadas todas estas classes, contudo, os Anos-Padrão serão eleitos com base nas classes Muito Seco, Normal e Muito Chuvoso, isto se justifica pelo fato

de que as categorias muito seco e muito chuvoso representarem os extremos positivos e negativos da pluviosidade, enquanto a normal representa os anos mais próximos a normalidade pluviométrica medida em sua respectiva estação.

Para se calcular os quantis de qualquer série de dados de chuva é necessário seguir determinados procedimentos, desta forma, Sena (2017, p.49, 50) elaborou a seguinte sequência:

- Dispor das observações $x_1, x_2, \dots, x_n$ [X é o total pluviométrico anual] (N é o número de observações, no nosso caso, anos).
- Ordenar os dados: $y_1 < y_2 < \dots < y_j < \dots < y_N$ [y totais pluviométricos anuais em ordem crescente]
- Evidenciar qual o número de ordem j , de cada elemento y_j , da série assim ordenada [y_j total anual já ordenado na sequência crescente ao qual já possui um número de ordem].
- Para cada elemento y_j determinar a ordem quantílica, p_j , que lhe corresponde,

$$P_j = \frac{j}{(N+1)} \quad (1)$$

Finalmente, para calcular o quantil Q_p para uma ordem quantílica p qualquer, segue-se:

- Se p coincidir com algum p_j já obtido através de (1) tem-se,

$$Q_p = Q_{p_j} = y_j \quad (2)$$

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

$$Q_p = y_j + \left\{ \frac{[p - p_j]}{[p_{j+1} - p_j]} \right\} * [y_{j+1} - y_j] \quad (3)$$

Após a aplicação da técnica dos Quantis para a classificação dos totais pluviométricos anuais e do quadrimestre chuvoso de todas as estações meteorológicas do INMET, tornou-se possível eleger os Anos-Padrão.

Quadro 3 – Quantis com base nos totais anuais de precipitação

Estação	NATAL/RN		JOÃO PESSOA/PB		RECIFE/PE		PORTO DE PEDRAS/AL		MACEIÓ/AL		PROPRIÁ/SE		Nº de Anos	%
Categoria	Valor dos Quantis													
MS	< 1187,9		< 1219,7		< 1650,6		< 1176,1		< 1354,5		< 697,5		3	14
S	1187,9 ≤X < 1463,8		1219,7 ≤ X < 1569,2		1650,6 ≤X < 1935,6		1176,1 ≤X < 1354,5		1354,5 ≤ X < 1520,7		697,5 ≤ X < 881,2		4	18
N	1463,8 ≤ X < 1877,1		1569,2 ≤ X < 2108,4		1935,6 ≤X < 2379,7		1354,5 ≤X < 1777,1		1520,7 ≤ X < 1888,7		881,2 ≤ X < 1020,2		7	32
C	1877,1 ≤ X < 2272,0		2108,4 ≤ X < 2385,5		2379,7≤X < 2554,7		1777,1≤X < 2158,7		1888,7 ≤ X < 2336,6		1020,2 ≤ X < 1157,2		5	23
MC	≥2272,0		≥ 2385,5		≥2554,7		≥2158,7		≥ 2336,6		≥ 1157,2		3	14
Total:													22	100

Estação	ARACAJÚ/SE		CRUZ DAS ALMAS/BA		SALVADOR/BA		CANAVIEIRAS/BA		GUARATINGA/BA		CARAVELAS/BA		Nº de Anos	%
categoria	Valor dos Quantis													
MS	< 885		< 963,5		< 1333,0		< 1392,1		< 792		< 1026,3		3	14
S	885 ≤ X < 1079,1		963,5 ≤ X < 1074,3		1333,0 ≤ X < 1777,3		1392,1 ≤ X < 1558,4		792 ≤ X < 1076,4		1026,3 ≤ X < 1270,4		4	18
N	1079,1 ≤ X < 1304,7		1074,3 ≤ X < 1218,3		1777,3 ≤ X < 1968,1		1558,4 ≤ X < 1807,7		1076,4 ≤ X < 1281,7		1270,4 ≤ X < 1534,9		7	32
C	1304,7 ≤ X < 1500,8		1218,3 ≤ X < 1306,9		1968,1 ≤ X < 2304,9		1807,7 ≤ X < 2200,4		1281,7 ≤ X < 1386,4		1534,9 ≤ X < 1799,1		5	23
MC	≥ 1500,8		≥ 1306,9		≥ 2304,9		≥ 2200,4		≥ 1386,4		≥ 1799,1		3	14
	Muito Seco - MS		Seco - S		Normal - N		Chuvoso – C		Muito Chuvoso - MC		Total:		22	100

Organização do Autor

Quadro 4 – Quantis com base nos totais anuais de precipitação do quadrimestre chuvoso

Estação	NATAL/RN	JOÃO PESSOA/PB	RECIFE/PE	PORTO DE PEDRAS/AL	MACEIÓ/AL	PROPRIÁ/SE	Nº de Anos	%
Categoria	Valor dos Quantis							
MS	< 755	< 755,4	< 905,9	< 569,7	< 729,9	< 437,9	3	14
S	$755 \leq X < 875,9$	$755,4 \leq X < 863,1$	$905,9 \leq X < 1185,3$	$569,7 \leq X < 844$	$729,9 \leq X < 902,1$	$437,9 \leq X < 514,2$	4	18
N	$875,9 \leq X < 1260,9$	$863,1 \leq X < 1380,9$	$1185,3 \leq X < 1382,3$	$844 \leq X < 981,9$	$902,1 \leq X < 1219,6$	$514,2 \leq X < 637,2$	7	32
C	$1260,9 \leq X < 1395,4$	$1380,9 \leq X < 1500,9$	$1382,3 \leq X < 1586,9$	$981,9 \leq X < 1237,5$	$1219,6 \leq X < 1332,3$	$637,2 \leq X < 710,9$	5	23
MC	$\geq 1395,4$	$\geq 1500,9$	$\geq 1586,9$	$\geq 1237,5$	$\geq 1332,3$	$\geq 710,9$	3	14
Total:							22	100
Estação	ARACAJÚ/SE	CRUZ DAS ALMAS/BA	SALVADOR/BA	CANAVIEIRAS/BA	GUARATINGA/BA	CARAVELAS/BA	Nº de Anos	%
Categoria	Valor dos Quantis							
MS	< 520	< 406,8	< 702,1	< 402	< 316,5	< 235,5	3	14
S	$520 \leq X < 666,9$	$406,8 \leq X < 483,1$	$702,1 \leq X < 884,9$	$402 \leq X < 538,6$	$316,5 \leq X < 448$	$235,5 \leq X < 405,9$	4	18
N	$666,9 \leq X < 804,1$	$483,1 \leq X < 576,4$	$884,9 \leq X < 1163,5$	$538,6 \leq X < 697$	$448 \leq X < 559,9$	$405,9 \leq X < 595,4$	7	32
C	$804,1 \leq X < 891,8$	$576,4 \leq X < 660,2$	$1163,5 \leq X < 1350,2$	$697 \leq X < 991,2$	$559,9 \leq X < 671,8$	$595,4 \leq X < 750,5$	5	23
MC	$\geq 891,8$	$\geq 660,2$	$\geq 1350,2$	$\geq 991,2$	$\geq 671,8$	$\geq 750,5$	3	14
	Muito Seco - MS	Seco - S	Normal - N	Chuvoso - C	Muito Chuvoso - MC	Total:	22	100

Organização do Autor

3.3.3.2 Etapa II – Eleição dos Anos-Padrão e Análise Rítmica

Para a aplicação da análise rítmica torna-se necessário a escolha de períodos padrão (anos, estações, meses e episódios), que são aqueles que melhor representam um quadro dinâmico das situações concretas, por demonstrarem bem a ocorrência dos tipos de tempos habituais ao lado daqueles afetados por irregularidades. Nesta pesquisa, serão utilizados anos-padrão eleitos com base nas análises das variações pluviométricas, uma vez que este é o elemento com “melhor capacidade de traduzir as variações rítmicas presentes num dado ano, ou as que se alternam de um ano para outro” (BARROS; ZAVATTINI, 2009, p. 259), além de ser o elemento que mais repercute sobre o espaço nordestino e sobre a Zona da Mata (ANDRADE, 1986).

A eleição de Anos-Padrão pode ser feita a partir de critérios quantitativos ou qualitativos. Por meio dos valores quantitativos, a pesquisa consideraria aqueles anos com a pluviosidade mais elevada, mais reduzida e a mais próxima de uma média estabelecida para toda a Zona da Mata, contudo, isto descaracterizaria a realidade climática da região, uma vez que as variações nos totais pluviométricos anuais das 12 estações, existentes na área, seriam mascaradas, pois, haveria uma homogeneização da pluviosidade. Desta forma, diante da grande quantidade de estações, seria totalmente inviável escolher os anos-padrão apenas com base em médias, assim, buscou-se estabelecer os anos-padrão a partir de uma análise mais qualitativa.

Os Anos-Padrão, nesta pesquisa, serão aqueles com totais pluviométricos categorizados como muito seco, normal ou muito chuvoso em grande parte das estações da Zona da Mata, pois, somente assim, estes poderão ser representativos para todo este setor. Os totais pluviométricos da quadra chuvosa de cada estação também foram classificados com base nos quantis, isto permitiu uma análise mais detalhada das variações pluviométricas, sendo mais um fator a ser analisado para a escolha dos Anos-Padrão.

Em resumo, se estabeleceu os seguintes critérios, em ordem de importância, para a escolha dos Anos-Padrão:

O Ano-Padrão deve apresentar a maior parte das estações com pluviosidade anual categorizada como ano muito chuvoso, normal ou muito seco, isto dependerá de qual Ano-Padrão se está selecionando;

A classificação do quadrimestre chuvoso deve ser considerada apenas como um critério secundário, caso, a classificação da pluviosidade anual não se torne suficiente;

Deve-se evitar ou desconsiderar anos em que muitas estações apresentem totais anuais classificados na categoria oposta ao que se pretende eleger. Ex: Se o objetivo for estabelecer um Ano-Padrão muito seco, evita-se escolher anos em que muitas estações apresentem totais anuais classificados como muito chuvoso.

Após a eleição dos Anos-Padrão, será possível analisar a frequência da atuação das massas de ar e sistemas atmosféricos sobre a área de estudo. Para isto, optou-se pela utilização dos dados das estações meteorológicas convencionais do INMET, devido ao fato de que estas dispõem de dados dos outros elementos climáticos (radiação, insolação, pressão atmosférica, umidade do ar, temperatura máxima, média e mínima, nebulosidade, e direção do vento), além da precipitação. Estes dados são necessários para o entendimento da formação dos tipos de tempo exigidos na análise rítmica. A análise rítmica consiste em uma análise da variação dos elementos climáticos em conjunto com a análise sinótica, que busca identificar quais foram os sistemas atmosféricos produtores destas variações sobre os elementos, produzindo assim, determinados tipos de tempo. A partir disto, é possível elaborar índices de participação dos sistemas atmosféricos e massas de ar responsáveis por produzir ou inibir a pluviosidade na Zona da Mata. A respeito da identificação dos sistemas atmosféricos, foram adotados alguns critérios com base em Oliveira e Ferreira (2017), estes são:

- Durante a Análise Rítmica houve a distinção das frentes fria, quente, oclusa e estacionária, no entanto, para fins de representação no gráfico de ritmo, considerou-se como sistema frontal ou frente, todas as frentes que estivessem representadas nas cartas sinóticas, não havendo distinções quanto as suas características. Todas as frentes que estivessem, total ou quase totalmente sobrepostas a área de estudo, foram inseridas no gráfico de ritmo. Outro fator importante a ser considerado na análise é se a atuação de determinada FF pôde ser percebida através dos dados;
- O termo Repercussão de Frente Fria (RFF) foi adotado para referir-se a situações em que a FF já se apresenta em frontólise, mas, ainda se observa variações em determinados elementos climáticos ou sua sobreposição em relação à estação meteorológica. As FF geram mudança mais abrupta enquanto as repercussões provocam mudanças muito mais sensíveis em poucos elementos climáticos;
- Em caso de dúvida entre dois sistemas ou impossibilidade de definir seus limites, opta-se pelo sistema predominante ou considera-se que houve uma associação entre estes sistemas; Nos dias que se constatarem sistemas atuando sobre a área de estudo, “não” se insere a atuação da massa de ar, o mesmo se aplica a situação contrária;

- Os boletins de climanálise mencionam a atuação da ZCAS em dias que ela não é representada cartograficamente, neste caso, caberá ao autor, a partir da análise sinótica, determinar se houve atuação na área de estudo ou não.

O conjunto de informações resultante dos procedimentos e critérios citados até o momento será representado por meio do gráfico da análise rítmica que será confeccionado a partir do "*software Microsoft Excel 2007*. Este gráfico é de suma importância, pois, reúne e materializa os resultados da análise rítmica, evidenciando a sucessão dos tipos de tempo em todas as suas variações, que são expressas, a partir dos elementos climáticos. Estas variações, por sua vez, são resultantes da interação entre os mais variados sistemas atmosféricos, massas de ar com os fatores geográficos. Deste modo, o gráfico da análise rítmica torna-se essencial por materializar em ordem cronológica (diária) todas estas informações.

O total de dias em que cada sistema atmosférico e massa de ar atuou, ou seja, sua frequência ao longo de cada Ano-Padrão, será representada a partir de mapas que espacializarão estes dados. Para isto, foi utilizado o método computacional do inverso da distância ponderada (IDW), este método é uma ferramenta matemática que estima um valor para um local não amostrado como uma média dos valores dos dados inseridos (RODRIGUES et al., 2011, p. 3). Esta é uma ferramenta determinística e “se baseia em uma combinação linear ponderada de um conjunto dos pontos de amostragem. A média é ponderada entre o ponto escolhido para interpolação e o seu vizinho (RODRIGUES et al., 2011, p. 3). Este método se mostrou apropriado para os objetivos propostos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO



Artesanato comum em lojas presentes nas praias da Zona da Mata. Para sua confecção é usado areia colorida colhida nas praias locais ou pintada artificialmente.

Fonte: <http://www.abihrn.com.br>
Fotografo: Ronaldo Giusti

4.1 Descrição climática da região da Zona da Mata

O Quadro 5 apresenta os climogramas elaborados a partir dos dados das estações climáticas do INMET consideradas nesta pesquisa, e a título de comparação, além destes, que correspondem a uma média da série temporal de 22 anos (1995 a 2016), foram incluídos os climogramas referentes aos dados das normais climatológicas de 1961 a 1990 do INMET. Os climogramas foram organizados de acordo com a latitude das estações eleitas, permitindo assim, uma melhor representação do eixo latitudinal (da Zona da Mata) que será analisado nesta pesquisa. As estações chuvosas de cada climograma estão em destaque.

No Quadro 5 (A a J) é possível perceber que o quadrimestre chuvoso presente nos climogramas das estações entre Natal/RN a Canavieiras/BA corresponde aos meses de abril a julho, isto está de acordo com o que é relatado por Molion e Bernardo (2002) e por Alves (1997), ambos realizaram uma análise da pluviosidade do Nordeste, o que inclui, o setor que corresponde a Zona da Mata.

Dentre os climogramas que apresentam a quadra chuvosa entre abril e julho, as estações de Natal/RN, João Pessoa/PB, Recife/PE e Salvador/BA apresentam grande concentração pluviométrica nestes meses. Assim, tanto as médias referentes aos 22 anos utilizados nesta análise, quanto os valores normais, apresentam o mesmo padrão. Sobre estes últimos climogramas, ainda é evidente que, com exceção de Natal/RN, a pluviosidade do primeiro e último mês da quadra chuvosa chega a ser quase 100 a 200 mm de diferença dos meses que antecedem ou precedem tal quadra, fato registrado ou pelas médias mensais dos 22 anos analisados, ou pelos dados da normal considerada. As estações de Cruz das Almas/BA e Canavieiras/BA (Quadro 5H e J) são as únicas que, apesar de apresentarem quadrimestre chuvoso entre abril e julho, a pluviosidade anual não é tão concentrada nestes meses quanto se observa nas demais estações de mesmo quadrimestre chuvoso.

Deve-se destacar que, apesar de ter uma quadra chuvosa bastante expressiva, Salvador/BA possui pluviosidade expressiva em praticamente todo o ano. Ainda pode-se destacar que as normais de João Pessoa/PB e Recife/PE, são as únicas em que a pluviosidade mensal de todos os meses da quadra chuvosa atinge valores superiores aos 300 mm, situação que torna estes quatro meses responsáveis por pouco mais de 50% de todo o total pluviométrico anual.

Também cabe ressaltar que, a estação climática de Canavieiras/BA, representa a transição entre o setor da Zona da Mata com período chuvoso entre abril-julho e maior concentração pluviométrica entre estes meses (setor entre as estações de Natal/RN e

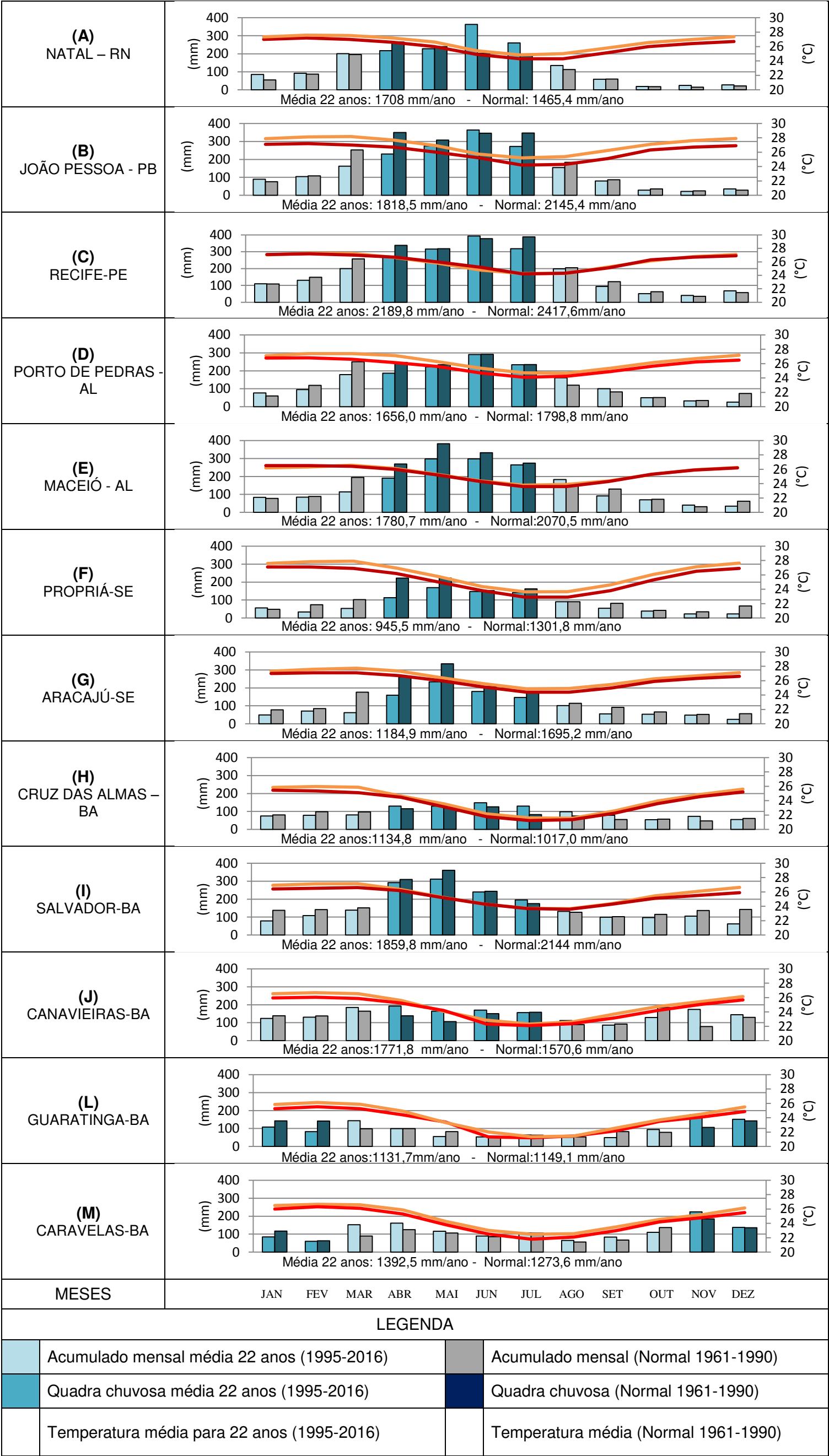
Canavieiras/BA), e, o setor com período chuvoso entre novembro-fevereiro, setor este, que apresenta pluviosidade melhor distribuída entre os meses do ano (este corresponde à área entre Guaratinga/BA e Caravelas/BA).

Sobre a pluviosidade em Sergipe, Diniz et al. (2016, p.32) fazem uma importante observação, os autores apontam que a concavidade da linha de costa de Sergipe exerce “uma diminuição dos índices pluviométricos nos municípios litorâneos desse Estado – onde a maior parte apresenta precipitação inferior aos 1.500 mm/ano se comparado ao restante da costa oriental nordestina”. Além dessa circunstância, os resultados desta pesquisa também evidenciam motivos concretos que justificam os baixos índices de pluviosidade no litoral sergipano em relação às demais estações litorâneas deste setor. No Quadro 5 pode se observar as médias anuais registradas nas estações de Propriá e Aracajú em Sergipe. Nota-se que, tanto a média referente aos 22 anos utilizados nesta pesquisa como a normal, apresentam valores inferiores as médias presentes nas outras estações litorâneas a norte (Maceió/AL) e a sul (Salvador/BA).

É interessante frisar que, conforme a latitude diminui nesta faixa litorânea, ou seja, à medida que se avança ao norte deste setor, o período seco passa a ampliar-se, e a pluviosidade passa a concentrar-se cada vez mais no quadrimestre chuvoso, é provável que isto esteja relacionado à atuação dos sistemas frontais, que são muito mais presentes sobre o litoral baiano, apresentando maiores dificuldades de se propagar até o norte, além disto, ao longo do ano, inúmeras FF tornam-se estacionárias sobre o litoral da Bahia, favorecendo a precipitação nos demais meses do ano, evitando assim, sua concentração no quadrimestre chuvoso. Entre os meses de dezembro e fevereiro ainda existe a atuação de episódios de ZCAS, que, dependendo de sua intensidade, contribuem com maiores totais pluviométricos para os municípios do extremo sul do litoral baiano.

Portanto, é provável que as FF e a ZCAS que se limitam mais ao sul da Zona da Mata, sejam os responsáveis pela inexistência do período seco no sul do litoral baiano, permitindo que nesta área a pluviosidade seja melhor distribuída ao longo do ano (conforme é relatado por Diniz et al., 2016). Estas informações são confirmadas nos resultados desta pesquisa.

Quadro 5 – Climogramas das Estações Climáticas do INMET presentes na Zona da Mata



Organização do Autor. Fonte: Dados fornecidos pelo INMET.

Ao se analisar os climogramas das estações de Caravelas/BA e Guaratinga/BA (Quadro 5L e M), ambas no extremo sul da Zona da Mata é possível perceber que o quadrimestre chuvoso equivale aos meses de novembro a fevereiro (padrão presente nos dois períodos analisados nos climogramas), conforme é relatado na literatura especializada (MOLION e BERNARDO, 2002; ALVES, 1997). É interessante frisar que, dentre todas as estações climáticas do INMET na Zona da Mata, as estações de Caravelas/BA e Guaratinga/BA são as únicas dentro dos domínios do tipo climático “tropical do Brasil Central”, enquanto que o resto da Zona da Mata possui o clima “tropical litorâneo do Nordeste oriental”, ambos os tipos são estabelecidos no mapa de Macrotipos climáticos do Brasil elaborado por Mendonça e Danni-Oliveira (2007) e que toma como base o mapa de Climas do Brasil elaborado pelo IBGE (2002).

Diante das características até então descritas a respeito da pluviosidade da Zona da Mata, é possível estabelecer aqui, uma subdivisão desta área. Ao se analisar os climogramas das estações presentes na Zona da Mata baiana, observa-se que a pluviosidade anual se mostra melhor distribuída se comparada com as outras estações, assim, este setor pode ser dividido em dois subsetores:

- “Setor Sul da Zona da Mata”: Corresponde a toda a Zona da Mata baiana, pois, esta possui pluviosidade bem distribuída ao longo do ano se comparado com a pluviosidade do resto desta região;
- “Extremo sul da Zona da Mata”: Este termo será usado apenas para designar a área onde se encontra os municípios de Caravelas/BA e Guaratinga/BA, visto que, apesar de estarem no litoral baiano, se diferenciam do resto de toda a Zona da Mata nordestina e baiana devido a sua quadra chuvosa, que corresponde aos meses de novembro a fevereiro (estas estações também registram pluviosidade bem distribuída ao longo do ano).

Além destes subsetores que correspondem a Zona da Mata baiana, estabeleceu-se um terceiro subsetor, este é:

- “Centro-norte da Zona da Mata”: Este termo se refere ao setor da Zona da Mata onde estão as estações restantes, ou seja, aquelas entre Natal/RN e Aracajú/BA.

As estações de Cruz das Almas/BA e Guaratinga/BA²⁸ (Quadro 5H e L) possuem uma média anual, tanto para os 22 anos analisados, quanto para a normal, relativamente abaixo das médias daquelas estações presentes nos municípios mais próximos ao Oceano, como Salvador/BA, Canavieiras/BA e Caravelas/BA, isto pode ser explicado devido à maior influência da continentalidade sobre aqueles dois municípios, uma vez que estão mais adentro da Zona da Mata, próximos a divisa com o Agreste, assim, a influência das brisas e de outros sistemas advindos do Oceano Atlântico são menores.

É interessante notar que, as estações presentes na linha de costa do recôncavo baiano, como Salvador/BA e Canavieiras/BA, apresentam a média para os 22 anos e a normal muito mais elevada que as outras estações da Zona da Mata baiana, o que revela a existência de uma relação entre a forma desta linha de costa e os totais pluviométricos neste local, fato que já foi observado por Diniz et al. (2016). É importante mencionar que, algumas das muitas Frentes Frias que se tornam estacionárias em sua incursão sobre o litoral brasileiro, fazem isto sobre esta área, principalmente durante o verão (NIMER, 1979; CAVALCANTI e KOUSKY, 2009). É provável que estes fatores sejam os responsáveis pela inibição de um período seco nestes municípios.

Com respeito às médias de temperatura demonstradas nos climogramas do quadro 5, percebe-se que, este elemento climático não apresenta grandes variações em nenhuma das estações analisadas. A estação que demonstra maior amplitude térmica ao longo do ano é Propriá em Sergipe (Quadro 5F), com apenas 4 graus de diferença. A temperatura mais alta ocorre no período seco, enquanto a mais baixa ocorre na quadra chuvosa. Todas as estações demonstram este mesmo padrão para as duas séries temporais consideradas nesta descrição.

4.2 Análise da variabilidade pluviométrica interanual na Zona da Mata

Esta análise se procederá com base nos totais anuais da precipitação e do quadrimestre chuvoso devido ao fato de que este, ao menos em grande parte da Zona da Mata, corresponde à boa parte da pluviosidade anual. A série de dados corresponde ao período de 1995 – 2016. A variação pluviométrica destes anos foi classificada a partir da aplicação da técnica dos quantis, que classificam os anos em muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso. Os resultados desta classificação podem ser observados na Figura 18.

²⁸Assim como Caravelas, os meses secos desta estação correspondem a agosto e setembro.

Verifica-se na Figura 18 que as estações que apresentam as maiores médias para os 22 anos e, portanto, os maiores totais anuais, são as estações de Recife/PE, Salvador/BA e João Pessoa/PB, com respectivamente 2189,8 mm; 1859,8 mm e 1818,5 mm. As estações que possuem as menores médias anuais são: Propriá/SE, Guaratinga/BA e Cruz das Almas/BA, com os seguintes valores: 945,5 mm; 1124,8 mm e 1134,8 mm respectivamente. Em toda a série, o maior total pluviométrico anual foi registrado pela estação de Recife/PE no ano de 2000, neste ano foram registrados 3359 mm. O menor total pluviométrico anual da série foi registrado em Guaratinga/BA no ano de 2015, neste, a estação deste município registrou apenas 660,2 mm/ano.

Quanto à variabilidade interanual observa-se:

Categoria “muito seco”: Verifica-se na Figura 18 que os únicos anos que realmente podem ser considerados “muito seco” em toda a Zona da Mata são 2012 e 2016, nestes, 7 das 12 estações apresentaram totais anuais baixos o suficiente para serem incluí-los nesta categoria. Em ambos os anos, as estações restantes registraram volumes anuais de pluviosidade considerados normal ou seco. Nestes dois anos, também se pode dizer que a quadra chuvosa em toda a Zona da Mata foi considerada muito seca, pois, em praticamente todas as estações do eixo de análise, o quadrimestre chuvoso mostrou-se muito seco, e aquelas que não apresentaram esta categoria, foram normais ou secos, sendo assim, os anos mais representativos para esta categoria.

Categoria “seco”: Os anos que se apresentaram secos em um maior número de estações foram 1995 (6 registros), 2003 (5 registros) e 2015 (7 registros). O ano de 1995 mostrou-se ser seco em praticamente toda a Zona da Mata, com exceção das estações à extremo sul, ou seja, Guaratinga/BA e Caravelas/BA, que passam a apresentar um padrão oposto, com um total anual categorizado como chuvoso ou muito chuvoso. Neste ano o quadrimestre chuvoso de todas as estações foi categorizado de forma contrária aos totais anuais.

O ano de 2003 mostrou-se seco apenas nas estações presentes em Alagoas e em sua divisa com Sergipe (estação de Propriá/SE), bem como nas estações do extremo sul da Zona da Mata. Já a quadra chuvosa das 12 estações, mostraram-se muito mais representativas à categoria seco, apenas 3 estações não registraram totais pluviométricos a ponto de serem categorizados dessa forma, contudo, mostraram-se normais. Portanto, pode-se afirmar que, o ano de 2003 é o único em que quadra chuvosa foi seca, ou se apresentou tendente à seca em toda a Zona da Mata (Figura 18).

O ano de 2015 foi aquele em que mais estações registraram um volume anual classificado como seco. É interessante notar que, de todas as estações, apenas duas apresentaram um volume anual normal (Salvador/BA e Canavieiras/BA) enquanto Guaratinga/BA e Caravelas/BA registraram volumes considerados muito secos, assim, o ano 2015 pode ser considerado como o “único ano seco” em toda a Zona da Mata.

Categoria “Normal”: Por ser a categoria central e, portanto, dentro da normalidade, não representando os anos excepcionais, ou seja, aqueles com extremos pluviométricos anuais negativos ou positivos, esta, passa a ser a categoria que mais aparece na série. Os anos que mais registraram pluviosidade dentro da categoria normal ao longo das estações da Zona da Mata, foram 2002 (7 estações) e 2010 (8 estações). No ano de 2002 não só os totais anuais foram dentro da normalidade ao longo da Zona da Mata como os quadrimestres chuvosos também se mostraram normais, destes, apenas 4 não foram considerados normais, o que inclui os quadrimestres das duas estações presentes no extremo sul da Zona da Mata. Já no ano de 2010, os quadrimestres não se mostraram representativos, uma vez que, apenas 3 estações apresentaram um total para os 4 meses chuvosos dentro da normalidade.

Os anos de 1997, 2005, 2007 e 2014 se apresentaram normais em metade das estações. Em 1997 e 2014, apenas os totais anuais e/ou os totais do quadrimestre chuvoso das estações da região central da Zona da Mata mostraram-se dentro da normalidade. Em 2005, nota-se que apenas as estações do centro-norte da Zona da Mata (com exceção de Natal/RN) registraram pluviosidade anual considerada normal, o que não foi acompanhado por sua quadra chuvosa. Em 2007 apenas as estações entre Natal/RN e Recife/PE registraram totais anuais normais, o que inclui o quadrimestre chuvoso. Deste modo, o ano 2002 pode ser considerado o ano mais representativo na categoria normal.

Figura 18- Síntese das condições oceânicas e da variação anual e do quadrimestre chuvoso da pluviosidade registrada por estação climática do INMET na Zona da Mata nordestina (1995-2016)

[illegible]

Fonte dos dados: INMET. Organização do autor

Categoria “Chuvoso”: Os anos que mais registraram a categoria chuvoso foram 2004, 2011 e 2013. Em 2004, 6 estações apresentaram totais pluviométricos que o categorizam como chuvoso, contudo, tratando-se do quadrimestre chuvoso, este só foi chuvoso, onde se encontram as estações entre Natal/RN e Maceió/AL, ou seja, na porção mais a norte da Zona da Mata.

O ano de 2011 pode ser considerado um ano chuvoso em toda a Zona da Mata, pois, além de ser categorizado assim em 7 estações, as demais registraram volumes categorizados como muito chuvoso, e, apenas uma estação registrou volumes normais. Além disto, até mesmo o quadrimestre chuvoso deste ano, foi considerado muito chuvoso em todas as estações entre Natal/RN e Propriá/SE, sendo o ano mais representativo desta categoria para os quadrimestres. Em 2013, 7 estações também registraram volumes anuais categorizados como chuvoso. Dentre as 12 estações, apenas aquelas entre Alagoas e Sergipe não registram totais acima da normalidade. Neste ano, o quadrimestre chuvoso não acompanhou a mesma tendência, sendo em sua maioria categorizado como normal. De forma geral, os anos de 2013 e 2011 podem ser considerados os mais representativos para a categoria chuvoso (2011 principalmente).

Categoria “Muito Chuvoso”: Os anos em que a categoria muito chuvoso foi mais registrada foram: 2000, 2009. Em 2000, sete das doze estações registraram volumes pluviométricos anuais categorizados como muito chuvoso, duas apresentaram totais dentro de normalidade e três apresentaram totais categorizados como chuvoso. A quadra chuvosa de 2000 também se mostrou muito chuvosa, uma vez que 6 das 12 estações registraram volumes dentro da categoria muito chuvoso e mais uma vez, nenhuma estação apresentou um total anual abaixo da normalidade. Dessa forma, este ano pode ser considerado muito chuvoso em toda a Zona da Mata, uma vez que nenhuma estação registrou totais pluviométricos abaixo da normalidade e aquelas que não consideraram este ano muito chuvoso, tiveram totais que estão entre a categoria normal a chuvoso.

O ano de 2009 por sua vez, pode ser considerado muito chuvoso no centro-norte da Zona da Mata, onde praticamente todas as estações apresentaram um volume anual dentro desta categoria, contudo, no setor sul, o mesmo não ocorre. Apesar dos volumes anuais não serem categorizados como muito chuvosos em praticamente toda a Zona da Mata, o quadrimestre chuvoso de 2009 mostrou-se ser chuvoso ou muito chuvoso em toda esta região, onde, apenas uma estação não apresentou totais pluviométricos incluídos nestas categorias, sendo, contudo, considerado normal (Guaratinga/BA).

Em 2005 a porção mais a sul da Zona da Mata também se mostrou muito chuvosa, esta categoria foi registrada nas estações entre Cruz das Almas/BA e Caravelas/BA. Com respeito ao quadrimestre chuvoso deste ano, praticamente todas as estações registraram volumes pluviométricos que os categorizaram como chuvosos ou muito chuvosos, desta forma, o ano de 2005 pode ser considerado como um ano tendente a chuvoso ou a muito chuvoso na Zona da Mata.

4.3 Análise da relação entre os fenômenos sobre os Oceanos Pacífico e Atlântico com a pluviosidade na Zona da Mata entre os anos de 1995 - 2016

Com base na classificação da pluviosidade interanual da Zona da Mata, torna-se possível verificar a existência de relações entre os fenômenos oceânicos do Atlântico e Pacífico com a pluviosidade presente nesta região nordestina. Na Figura 18 observa-se que:

El Niño: Ao longo da série analisada, ocorreram 8 eventos de El Niño, destes, em apenas três não se observa uma resposta direta na redução da pluviosidade em toda a Zona da Mata, estes anos foram: 2005 (El Niño leve), 2007 (El Niño moderado) e 2010 (El Niño forte). Nestes, a influência do El Niño sobre a pluviosidade da Zona da Mata foi mais incipiente do que nos outros anos. Em 2005 a pluviosidade em toda esta região foi normal a muito chuvosa, sendo contrária aos totais pluviométricos que normalmente são associados a este fenômeno. Em 2007, somente três estações registraram totais que o consideraram como seco ou muito seco e em 2010, apenas duas estações apenas duas estações o categorizaram dessa forma. Nestes dois últimos anos, muitas estações apresentaram totais pluviométricos categorizados como normais. Dessa forma, a influência do El Niño sobre estes anos proporcionou que eles fossem considerados muito mais normais, do que secos ou muito secos.

Nos anos de 1995 e 2003, observa-se que em praticamente toda a Zona da Mata estes anos foram considerados normais ou secos (e muito seco na estação de Canavieiras/BA, em 2003), contudo, ainda se observam algumas estações que apresentaram volumes pluviométricos classificados como chuvoso e muito chuvoso. Os anos de 1998, 2015 e 2016 foram predominantemente considerados secos ou muito secos, com ocorrência de algumas estações com volumes pluviométricos normais. Em 2015 também houve a ocorrência de Dipolo negativo, o que é favorável às chuvas no Nordeste (principalmente no norte), contudo, isto não foi suficiente para impedir que este ano fosse seco na Zona da Mata.

Estes resultados indicam a existência de uma forte relação entre a ocorrência de El Niño e a redução da pluviosidade em toda a Zona da Mata nordestina, além disto, também se observou certa relação entre este fenômeno com anos considerados pluviometricamente normais em todo este setor.

Ao considerarmos apenas o sul da Zona da Mata para análise (trecho entre as estações de Cruz das Almas/BA e Caravelas/BA), considerando suas diferenças climáticas em relação ao resto da Zona da Mata (como pluviosidade menos concentrada na quadra chuvosa, redução do período seco e diferença de quadra chuvosa no extremo sul), pode-se verificar que não houve grandes diferenças na resposta pluviométrica deste setor em relação ao resto da Zona da Mata.

Observa-se na Figura 18 que nos anos 1998, 2003, 2015 e 2016 a pluviosidade no sul da Zona da Mata pode ser considerada de “normal a tendente a seca ou muito seca”, uma vez que todas as 4 estações deste setor, nestes anos, registraram pluviosidade classificada dentro destas categorias, inclusive, o mesmo ocorre com o quadrimestre chuvoso. No ano 2010, houve predomínio da categoria normal enquanto nos anos 2007 e 1995 a pluviosidade foi classificada em 4 categorias diferentes, contudo, nota-se uma leve tendência a ser considerada “tendente a normal ou seca” nestes dois anos. O ano de 2005 foi o único muito chuvoso em todas as 4 estações do sul da Zona da Mata, sendo considerado normal em praticamente todo o resto. Deste modo, verifica-se que, assim como na análise geral da relação entre o El Niño e a pluviosidade na Zona da Mata, no sul deste setor, durante os anos com a ocorrência do El Niño, a pluviosidade apresentou-se “predominantemente categorizada como normal a seca ou muito seca”.

La Niña: Como pode ser verificado Figura 18, ao longo da série analisada, ocorreram 9 eventos de La Niña, em todos estes, com exceção de 2012, verificou-se totais pluviométricos elevados em toda a Zona da Mata, ou, ao menos, em parte dela. Esta situação corresponde que o que é relatado na literatura especializada, que indica que este fenômeno é responsável pela ocorrência de maiores índices pluviométricos no Nordeste. Deste modo, não só esta afirmação torna-se válida, como também é confirmado ou reafirmado, a partir destes dados, a existência de uma forte relação entre o fenômeno de La Niña e a pluviosidade em toda a região da Zona da Mata nordestina.

Em 2012 o evento de La Niña foi moderado, porém, coincidiu com a ocorrência de Dipolo positivo, que interfere negativamente na abundância das chuvas no norte do Nordeste, desse modo, observa-se que este ano foi caracterizado como muito seco não só na porção

norte mais em toda a Zona da Mata, incluindo sua quadra chuvosa. Isto indica que a influência do Dipolo se sobrepôs as repercussões da La Niña.

Os anos de 2008 e 2009, que se apresentaram chuvosos, ou muito chuvosos no setor centro-norte da Zona da Mata, foram afetados por eventos de La Niña e pelo Dipolo negativo, que é conhecido por contribuir positivamente com a pluviosidade no norte do NEB, assim, não se pode atribuir os maiores totais pluviométricos destes anos, apenas à La Niña. Cabe ressaltar que 2008 e 2009 não foram chuvosos ou muito chuvosos em todo o eixo de análise, mesmo sobre a influência destes fenômenos. No sul da Zona da Mata, verifica-se que em geral, estes anos não apresentaram totais elevados de pluviosidade, sendo considerados até mesmo de forma oposta em termos pluviométricos (secos), ao centro norte da Zona da Mata.

Diferentemente destes, os anos de 2000 e 2011 merecerem destaque por serem os anos mais representativos na categoria muito chuvoso e chuvoso (respectivamente). Em ambos, ocorreram fenômenos de La Niña moderada.

Além dos cinco anos destacados acima, em 1996, 1999, 2001 e 2006, também houve a ocorrência de La Niña, e, mais uma vez, estes, também foram considerados chuvosos na maior parte do eixo de análise, confirmando o que é relatado na literatura especializada.

É interessante destacar que nos anos 1996 e 1999, mais uma vez a pluviosidade no sul da Zona da Mata apresenta uma tendência diferente e até oposta a do centro norte desta região, uma vez que, em 1996, a pluviosidade se apresenta normal a chuvosa ou muito chuvosa no centro norte, enquanto no sul, este ano se torna seco a muito seco, do mesmo modo, em 1999 o centro norte apresenta-se, em geral, seco a muito seco, enquanto praticamente todo o sul da Zona da Mata se apresentam muito chuvosos.

Esta tendência do setor sul e extremo sul da Zona da Mata de apresentar a pluviosidade categorizada de forma contrária ao que se apresenta no centro norte ocorreu em 4 (1996, 1999, 2008 e 2009) dos 9 anos em que ocorreu a influência do fenômeno La Niña, ocorrendo também durante os anos em que se registrou o fenômeno El Niño (2 de 9), estes anos foram 1995 (só no extremo sul) e 2005. Deste modo, é possível que essa situação indique uma condição comum da pluviosidade para o setor sul da Zona da Mata durante a ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña, contudo, torna-se necessário a análise de uma série de dados mais longa ou mais densa para a confirmação deste fato, além da identificação de uma possível frequência.

Dipolo Positivo: Este fenômeno está relacionado com a ocorrência de baixa pluviosidade principalmente no norte do Nordeste, afetando, portanto, o norte da Zona da

Mata. A partir da classificação da pluviosidade anual é possível analisar a influência deste fenômeno sobre a redução da pluviosidade no norte da Zona da Mata.

Os anos em que ocorreu Dipolo positivo foram: 1997, 2002, 2004, 2005 (associado a El Niño leve), 2010 (associado a El Niño forte), 2012 (associado a La Niña moderada) e 2013. Destes, os anos 2004, 2005 e 2013 foram considerados chuvosos ou muito chuvosos em grande parte da Zona da Mata (o que inclui o norte deste setor), o mesmo ocorreu com o quadrimestre chuvoso de 2004 e 2005. Estes totais indicam que, nestes anos, o Dipolo positivo não interferiu negativamente sobre a pluviosidade de toda a Zona da Mata.

Os anos de 2002 e 2010 também apresentaram Dipolo positivo, contudo, mais uma vez não registraram pluviosidade abaixo da normalidade em quase nenhuma das estações consideradas, porém, no norte deste setor, o ano de 2002 foi considerado chuvoso nas estações de Natal/RN, Recife/PE e Maceió/AL, enquanto 2010, foi considerado seco em Natal/RN e muito seco em João Pessoa/PB. No mais, estes foram os anos que mais estações registraram volumes pluviométricos dentro da normalidade. Inclusive, em 2002, praticamente todas as estações apresentaram o quadrimestre chuvoso considerado normal.

Por último, pode-se destacar que nos anos 1997 e 2012, que também apresentaram Dipolo positivo, houve registros de totais pluviométricos categorizados como seco ou muito seco nas estações do Norte da Zona da Mata. O ano 1997 foi considerado seco nas estações de Natal/RN e Recife/PE enquanto 2012 foi considerado normal apenas em João Pessoa/PB e em outras duas estações no sul da Zona da Mata, no restante das estações, foi considerado predominantemente muito seco.

Após esta análise, pode-se afirmar que, dos anos em que houve ocorrência de Dipolo positivo, 3 apresentaram baixa pluviosidade no norte da Zona da Mata e 4 apresentaram totais elevados, assim, verifica-se que, nem todos os anos em que este fenômeno ocorreu, a pluviosidade foi baixa no Norte da Zona da Mata, assim, se este é um padrão ou não, não se pode afirmar, pois, necessita-se de análises mais profundas e que possuam uma maior série temporal de dados, contudo, esta análise já torna-se um importante subsídio.

Dipolo Negativo: Foram poucos os anos em que este fenômeno ocorreu, estes foram: 2008, 2009, 2014 e 2015. Destes, os anos 2008 e 2009 também foram influenciados pela ocorrência da La Niña, dessa forma, foram chuvosos ou muito chuvosos em todo o centro-norte da Zona da Mata. O ano 2015 foi afetado pela influência de um El Niño, que, apesar de leve, permitiu que em praticamente toda a Zona da Mata a pluviosidade fosse abaixo do normal, sendo considerado um ano seco a muito seco. Isto afetou inclusive, o norte desta região. Diante de tudo isto, apenas no ano de 2014 houve Dipolo negativo sem interferência

dos fenômenos do pacífico. Neste ano, a pluviosidade registrada na estação de Natal/RN foi considerada normal, em João Pessoa/PB, este ano foi considerado seco, e, apenas em Recife/PE, foi considerado chuvoso. Devido a tais fatores, não é possível estabelecer qualquer suposição a respeito da relação do Dipolo negativo com a pluviosidade no Norte da Zona da Mata.

4.4 Seleção dos Anos-padrão

Com base na avaliação estatística, bem como com a avaliação da condição Oceano-atmosfera foram eleitos os seguintes anos-padrão:

Ano-Padrão Muito Seco: Os anos que apresentaram todas as características necessárias para serem considerados como Ano-Padrão muito seco são 2012 e 2016. Estes foram muito semelhantes em termos quantitativos, pois, em ambos, 7 estações apresentaram totais pluviométricos baixos o suficiente para serem classificaram como muito seco, em duas estações estes anos se apresentaram secos e em três, apresentaram pluviosidade dentro da normalidade. Diante disto, foi à pluviosidade do quadrimestre chuvoso que norteou quais destes dois seria o Ano Padrão. Até o quadrimestre chuvoso destes anos apresentou pluviosidade semelhante. Em 2012, a pluviosidade em cinco das 12 estações foi categorizada como muito seca, contudo, este total não ultrapassou a baixa pluviosidade no quadrimestre chuvoso de 2016, que foi considerado muito seco em 7 estações, além de se apresentar seco em outras 3, tendo totais pluviométricos dentro da normalidade em apenas uma estação. Diante disto, o ano de 2016 foi eleito como Ano-Padrão muito seco.

Ano-Padrão Normal: Os anos que apresentaram maior número de estações com pluviosidade próximo a média foram 2002 e 2010. Neste último, oito estações registraram volumes normais, uma a mais que no ano 2002, contudo, o quadrimestre chuvoso em 2010 não foi nada representativo, uma vez que apenas três estações registraram totais pluviométricos normais, em contraste com isto, no ano 2002, oito estações registraram seus quadrimestres chuvosos dentro da normalidade, dessa forma, devido a condições intra-anuais. Dessa forma, 2002 tornou-se o ano mais representativo para a categoria normal, pois, o quadrimestre chuvoso é bastante influente na pluviosidade anual da maioria das estações da Zona da Mata. Assim, mais uma vez a pluviosidade do quadrimestre chuvoso definiu qual ano seria o Ano-Padrão normal.

Ano-Padrão Muito chuvoso: Os anos que melhor poderiam representar esta categoria seriam os anos de 2000 e 2011. Este último só foi considerado muito chuvoso em apenas 4

estações, porém, foi chuvoso em praticamente todas as outras, além de possuir uma quadra chuvosa bem representativa para a categoria muito chuvoso. O ano 2009 apresentou-se muito chuvoso nas 6 estações entre Natal/RN e Propriá/RN, contudo, foi muito seco em Cruz das Almas/BA e seco em Caravelas/BA, o que o descaracterizou como possível Ano-Padrão muito chuvoso, mesmo apresentando uma das quadras chuvosas mais representativas da série.

O ano 2000 mostrou-se mais adequado para ser considerado Ano-Padrão por se apresentar muito chuvoso em 7 estações, total superior a qualquer outro ano, além de ser considerado chuvoso em 3 estações e normal nas duas restantes. O quadrimestre chuvoso também se apresentou muito chuvoso na maioria das estações, e aquelas onde a pluviosidade não foi tão elevada, foram categorizadas como normal ou chuvoso, sendo um dos quadrimestres mais representativos da série.

4.5 Análise Rítmica aplicada a Zona da Mata

Visto que neste tópico será exposto e analisado uma grande quantidade de dados, optou-se por analisar a participação dos sistemas e massas na variação pluviométrica ao longo da Zona da Mata a partir de períodos, contudo, visto que a Zona da Mata não apresenta homogeneidade no que se refere à pré-estação chuvosa, quadrimestre chuvoso e período seco, uma vez que as estações de Salvador e Canavieiras não apresentam período seco, e, as estações de Guaratinga e Caravelas também não possuem quadrimestre chuvoso igual às demais estações, optou-se por manter o termo “pré-estação chuvosa” para referir-se aos meses (janeiro, fevereiro e março) que antecedem a quadra chuvosa das estações entre Natal a Canavieiras. O termo “quadra chuvosa” também será mantido e se aplicará tanto ao quadrimestre chuvoso das estações entre Natal e Canavieiras (abril a julho), quanto ao quadrimestre das estações de Guaratinga e Caravelas (novembro a fevereiro).

No entanto, no que se refere ao período posterior à quadra chuvosa entre Natal e Canavieiras, este não será chamado de período seco, diante do fato de não existir período seco em Salvador e Canavieiras, assim, optou-se por utilizar uma nomenclatura que facilite a análise, desse modo, será utilizado o termo “pós-quadra chuvosa” para referir-se aos meses (agosto a dezembro) posteriores a quadra chuvosa das estações entre Natal a Canavieiras, assim, os dados referentes à Salvador e Canavieiras serão analisados em conjunto com os demais, permitindo uma melhor análise e comparação entre as particularidades de todas as estações com quadrimestre chuvoso entre abril e julho.

Para as estações de Guaratinga e Caravelas (extremo sul) que possuem quadrimestre chuvoso diferente das demais estações da Zona da Mata, o termo “pós-quadra chuvosa” se aplicará aos meses de março a outubro. Cabe resaltar ainda que, para a análise da atuação dos sistemas atmosféricos e massas de ar em cada Ano-Padrão, os dados serão apresentados em duas etapas, primeiro serão analisadas as informações a respeito do setor onde a quadra chuvosa corresponde aos meses de abril a julho (Natal/RN a Canavieiras/BA)²⁹, em seguida, serão analisados os dados referentes ao setor com quadra chuvosa entre novembro e fevereiro (Guaratinga/BA e Caravelas/BA)³⁰, isto permitirá uma melhor visualização das variações rítmicas presentes e o comportamento dos sistemas responsáveis por estes dois quadrimestres chuvosos distintos. Eests resultados também poderiam ser apresentados a partir das subdivisões criadas para a Zona da Mata (centro norte, sul e extremo sul) a partir da análise dos climogramas, contudo, isto fragmentaria muito a análise.

4.5.1 Ano-Padrão Muito Chuvoso - 2000

Com base nas Figuras 19, 20 e 21 pode-se observar que todas as estações apresentaram volumes pluviométricos acima da média (para os 22 anos) ou próximos a esta, em praticamente todos os meses, contudo, cabe ressaltar que as estações mais a norte da Zona da Mata, entre Natal/RN e Maceió/AL, apresentaram volumes pluviométricos bem mais expressivos em relação à média, os volumes pluviométricos registrados em Recife/PE, Porto de Pedras/AL e Maceió/AL merecem destaque pelo seu elevado volume, a estação de Recife registrou neste ano, 3359 mm, totalizando 1169,2 mm acima da média, foi o maior volume anual de chuva registrado dentre as 12 estações ao longo dos 22 anos da série analisada. Porto de Pedras e Maceió também se destacam por apresentarem um volume pluviométrico anual que superara os 800 mm acima da média.

4.5.1.1 Análise da pré-estação chuvosa entre Natal e Canavieiras, Ano-Padrão Muito Chuvoso, 2000

Nas Figuras 19, 20 e 21 verifica-se que ao longo do eixo latitudinal analisado, atuaram os seguintes sistemas: MEA, MTA, ZCIT, ZCAS, FF, VCAS, LI e CCM. O único sistema que

²⁹ Setor que corresponde ao centro norte da Zona da Mata (Natal/RN – Aracajú/SE) e parte do sul da Zona da Mata (Cruz das Almas, Salvador e Canavieiras).

³⁰ Setor que corresponde ao extremo sul da Zona da Mata (Guaratinga e Caravelas).

não é comum ao período são as OL, que, portanto, não atuaram. O VCAS foi o sistema mais frequente e com maior potencial para produção de chuvas em toda a área de estudo durante os meses (janeiro a março) da pré-estação chuvosa (este também foi o sistema predominante durante tais meses no extremo sul). Este sistema interagiu com a ZCIT mais a norte e com a ZCAS no centro e sul da Zona da Mata.

A seguir, é apresentado como os sistemas atuaram durante este período:

MEA e MTA: A participação da MEA sofreu grande influência da latitude ao longo do eixo, isso é notório ao se comparar a quantidade de dias em que esta atuou em Natal/RN (22 dias), em Canavieiras/BA (6 dias) e em Caravelas/BA (4). Assim como a MEA, a MTA não é uma massa responsável por grandes volumes de chuva, sendo mais associada com tempo estável. Diferentemente da MEA, a MTA atuou por poucos dias na Zona da Mata, apesar disso, esteve presente sobre todo eixo latitudinal de análise.

ZCIT: Assim como os VCAS, este também é um sistema de grande importância para a produção das chuvas na pré-estação chuvosa das estações mais ao norte da Zona da Mata, como Natal/RN, João Pessoa/PB e Recife/PE, pois, apresenta grande potencial para provocar chuvas, apesar de atuar durante este período por poucos dias (pouca frequência). Sua maior frequência ocorre em março. Este sistema é mais comum nas estações presentes no norte da Zona da Mata, porém, neste ano, chegou a provocar chuvas em estações onde não é comum sua atuação, como Propriá/SE.

ZCAS: Este é um sistema mais reservado ao sul e extremo sul da Zona da Mata, este não exerceu grande influência sobre a área em que atua (atuação máxima de 9 dias), atuando de forma comparável a ZCIT, que atua ao norte. Durante os períodos em que se configuram eventos de ZCAS, esta atua principalmente sobre o Sudeste do Brasil, e, quando atua um pouco mais a norte, atinge o sul da Zona da Mata, por isso, este sistema não é tão frequente na área de estudo e quando atua, nem sempre é capaz de gerar consideráveis volumes de chuva. Neste ano 2000, dois eventos de ZCAS foram capazes de gerar chuva na Zona da Mata, o primeiro ocorreu em janeiro, atuando na área de estudo entre os dias 20 e 23, enquanto o segundo evento ocorreu em março, entre os dias 10 e 14 (Apêndices A1, 2, 3 e 4), este último não provocou pluviosidade significativa.

Figura: 19 – Síntese da frequência mensal dos sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes entre as estações de Natal a Maceió no Ano-Padrão Muito Chuvoso 2000

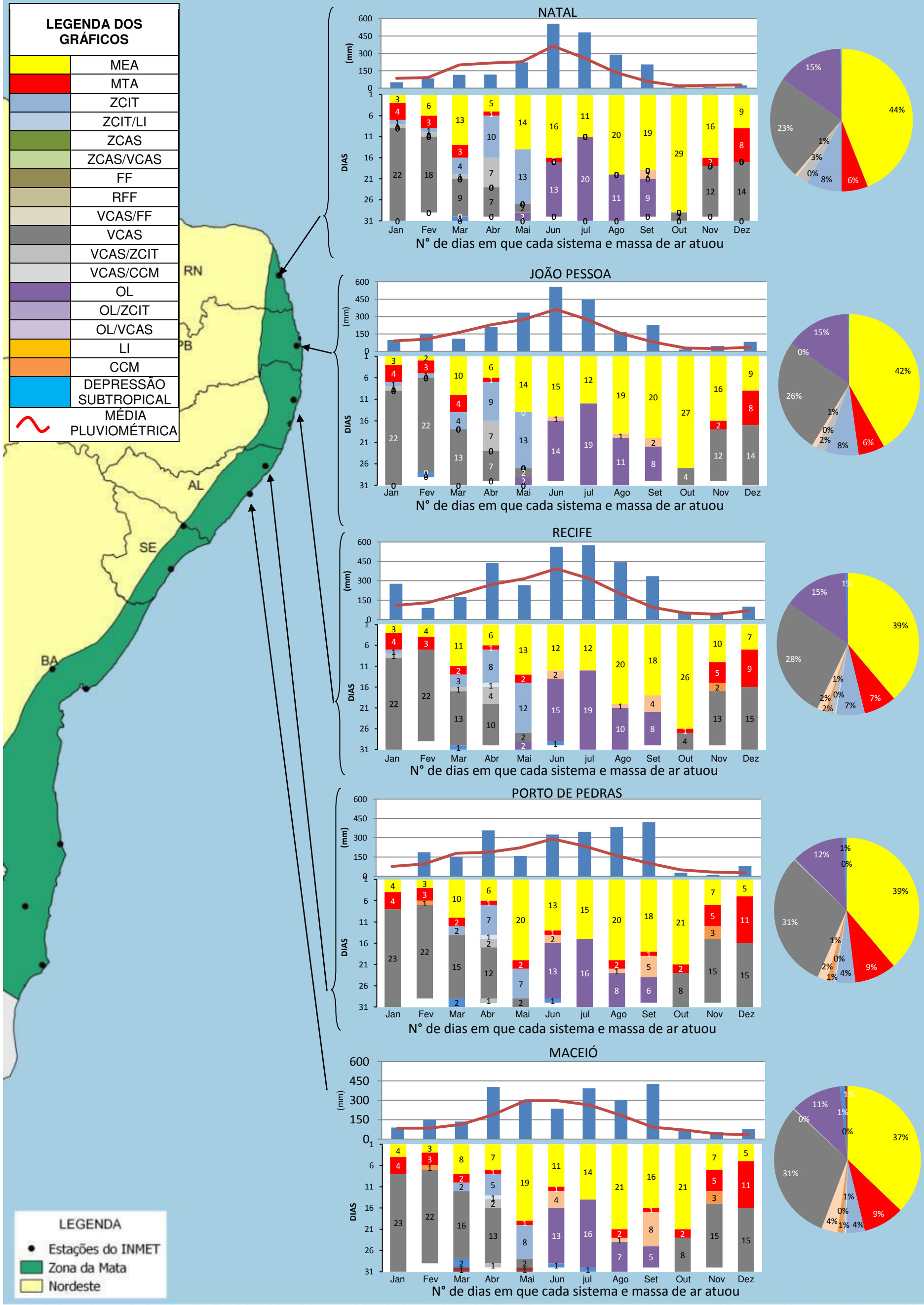


Figura 20 – Síntese da frequência mensal dos sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes entre as estações de Propriá a Canaveiras no Ano-Padrão Muito Chuvoso 2000

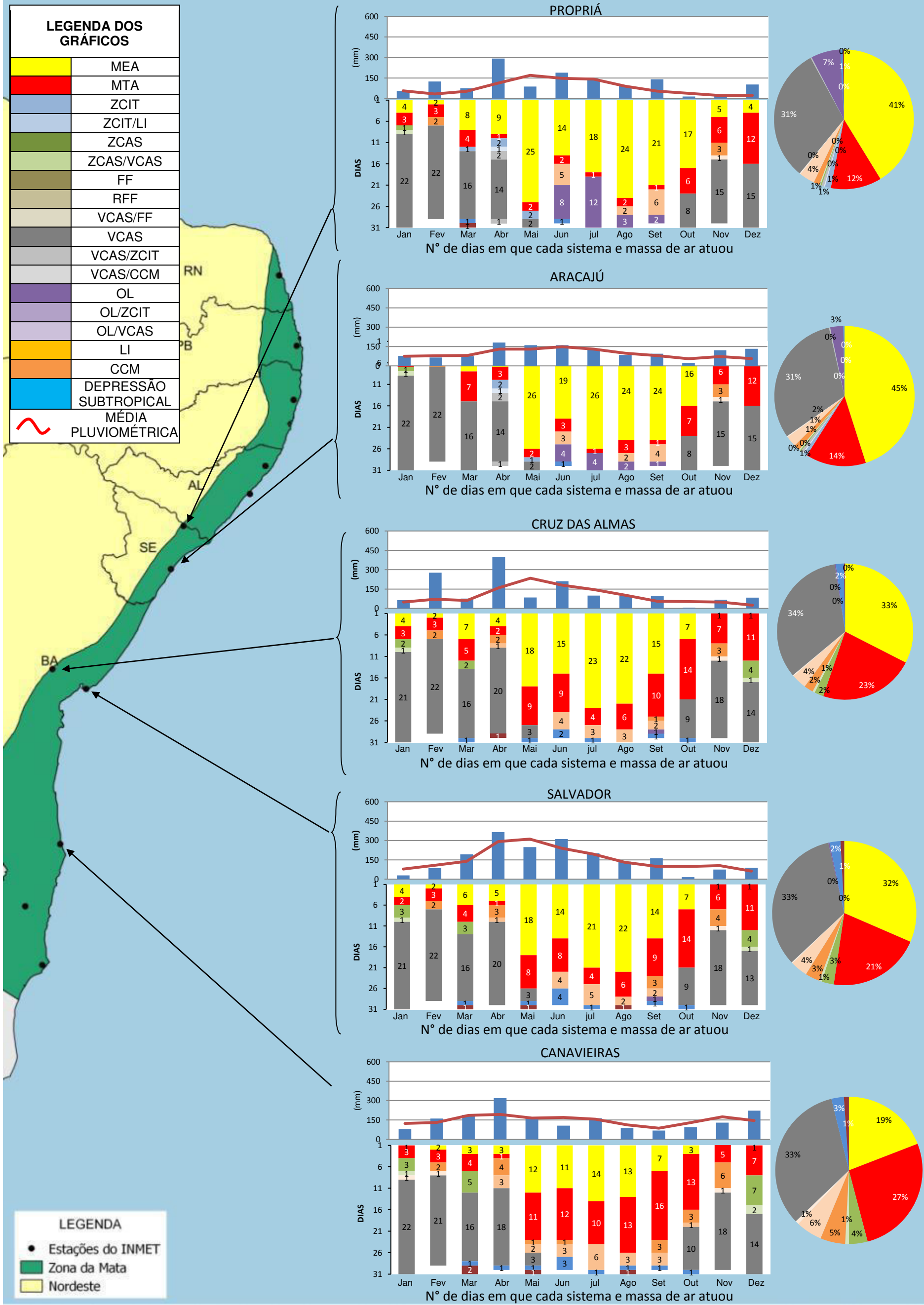
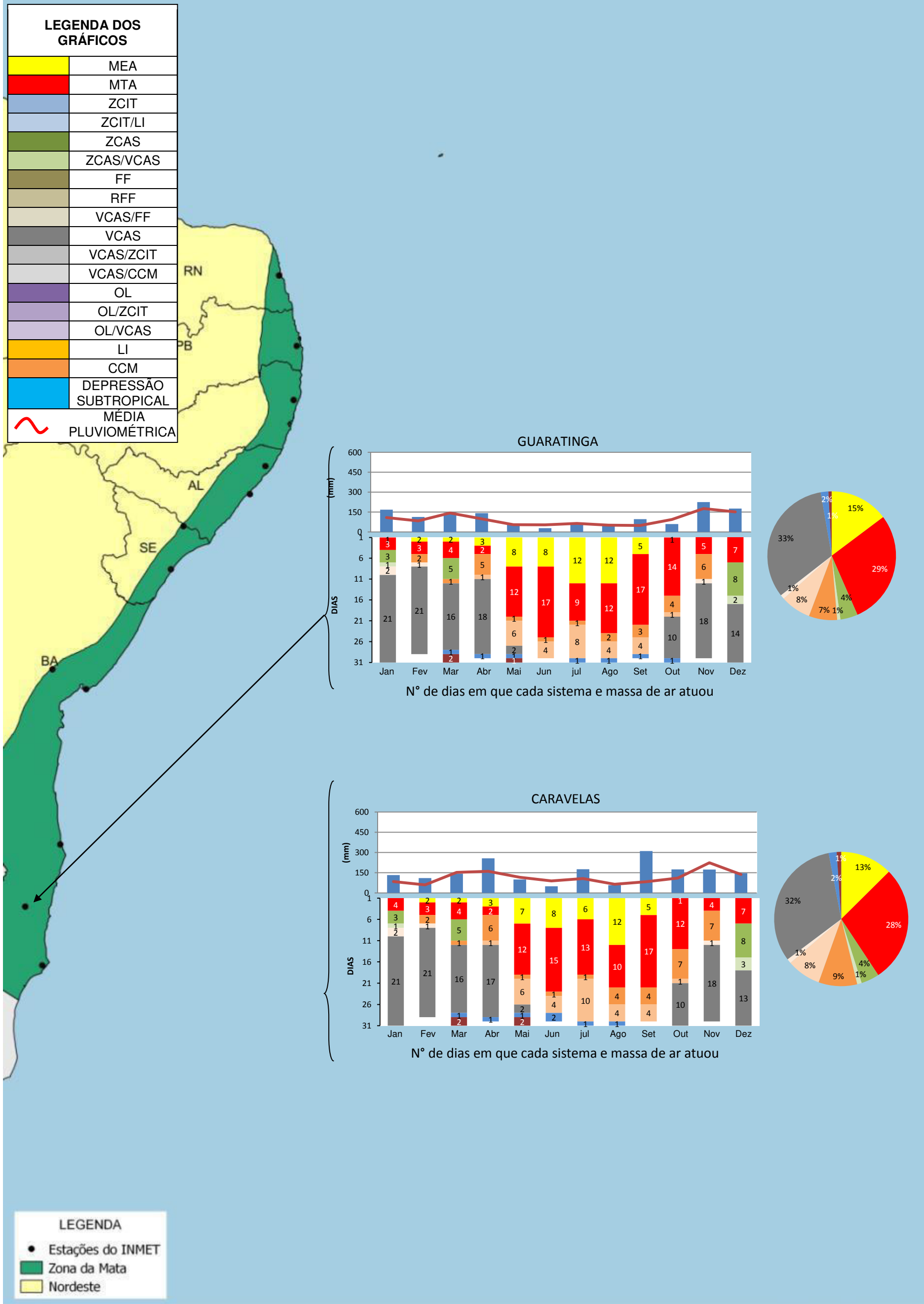


Figura 21 – Síntese da frequência mensal dos sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes entre as estações de Guaratinga e Caravelas no Ano-Padrão Muito Chuvoso 2000

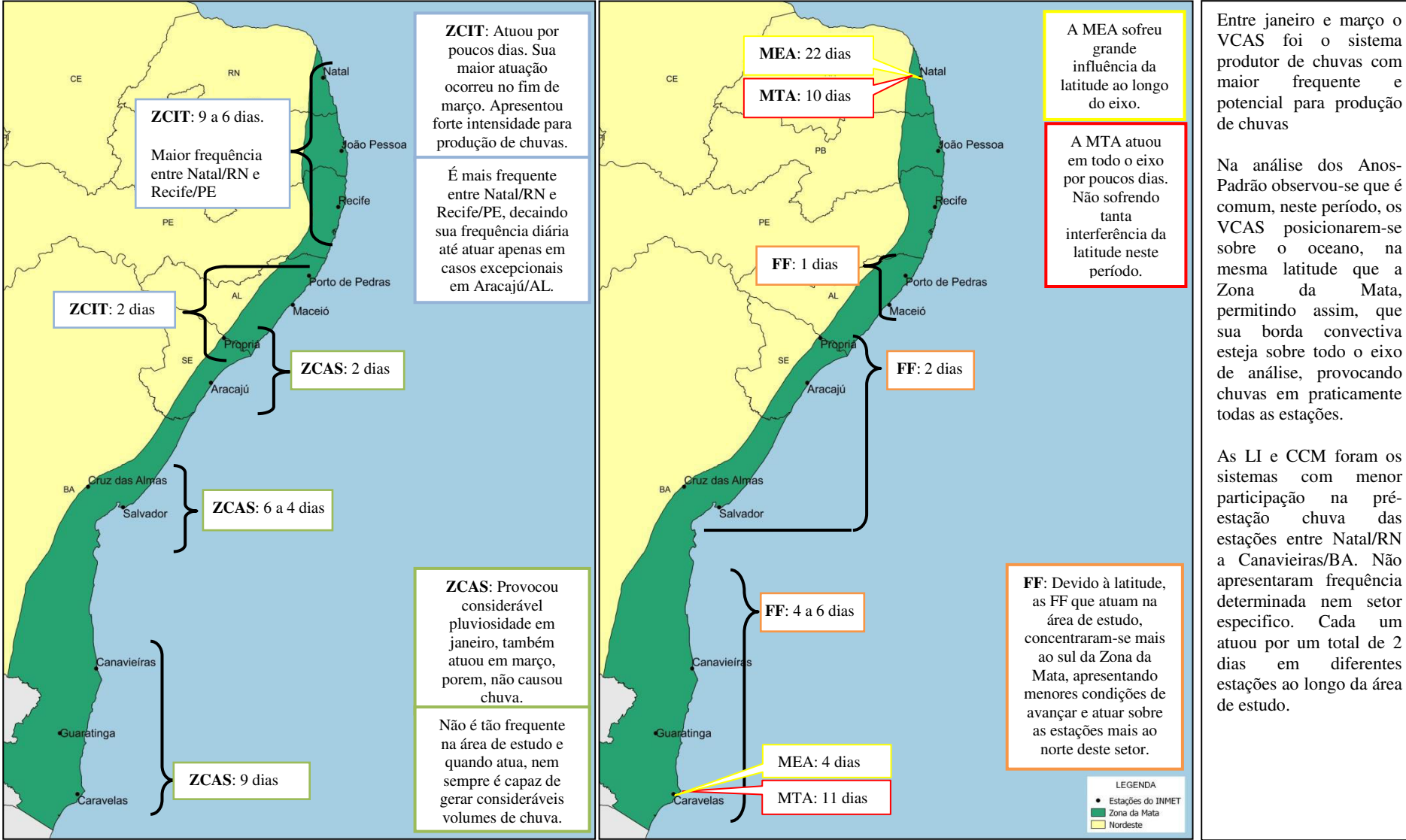


VCAS: Durante os meses de janeiro a março deste ano, vários VCAS atuaram quase que consecutivamente (Apêndices A1, 2, 3 e 4), alguns destes se posicionaram de tal modo que seu centro esteve entre a Bahia e Minas Gerais, permitindo assim que a parte superior de sua zona convectiva se posicionasse sobre o centro-norte da Zona da Mata, provocando assim, chuvas para as estações entre Natal/RN e Aracajú/SE. Em outros casos, o centro do VCAS posicionou-se sobre o oceano, na mesma latitude que a Zona da Mata, permitindo assim, que sua borda convectiva estivesse sobre todo o eixo de análise, provocando chuvas em praticamente todas as estações. Esta ultima situação favoreceu os maiores índices pluviométricos no mês de fevereiro para as estações entre Porto de Pedras/AL e Aracajú/SE, permitindo que a pluviosidade deste mês fosse acima da média para os 22 anos analisados, chegando até mesmo, a causar eventos pluviométricos com elevados níveis de pluviosidade, como o ocorrido no dia 14 que provocou 137 mm/dia em Aracajú/SE (Apêndices A1 e 2).

LI e CCM: Estes foram os sistemas com menor participação na pré-estação chuva das estações entre Natal/RN e Canavieiras/BA, neste período foram registrados 3 CCM e 3 LI que atuaram em diferentes estações ao longo da Zona da Mata, ambos atuaram por um período máximo mensal de 2 dias. Mesmo que sejam responsáveis por volumes consideráveis de chuva (neste caso, volumes em torno de 30 mm) na maioria das vezes em que atuam (Apêndices A1, 2 3 e 4), não apresentam uma participação significativa em termos de dias.

FF: Passando a análise das frentes, segundo os boletins de monitoramento e análise climática do site climanálise (CPTEC/INPE, 2000), 5 Frentes atuaram no país em janeiro do ano 2000, destas, apenas uma apresentou condições de atingir o sul do litoral da Bahia. Em fevereiro 5 frentes atuaram no país, contudo, apenas duas frentes atingiram a Zona da Mata neste mês. Devido à atuação dos VCAS, algumas FF não encontram condições de avançar até latitudes menores, assim, acabam associando-se a estes sistemas ou desviando-se para o oceano. Em março, 9 FF atuaram no país, porém, apenas uma FF atingiu o extremo sul da Zona da Mata, ou seja, limitando-se as estações de Guaratinga/BA e Caravelas/BA. Observou-se que, devido à latitude, as FF que atuam na área de estudo, concentraram-se mais ao sul da Zona da Mata (principalmente entre Canavieiras/BA, Guaratinga/BA e Caravelas/BA), apresentando menores condições de avançar e atuar sobre as estações mais ao norte deste setor. A seguir, é possível conferir a figura 22 que resume as características climatológicas analisadas neste período.

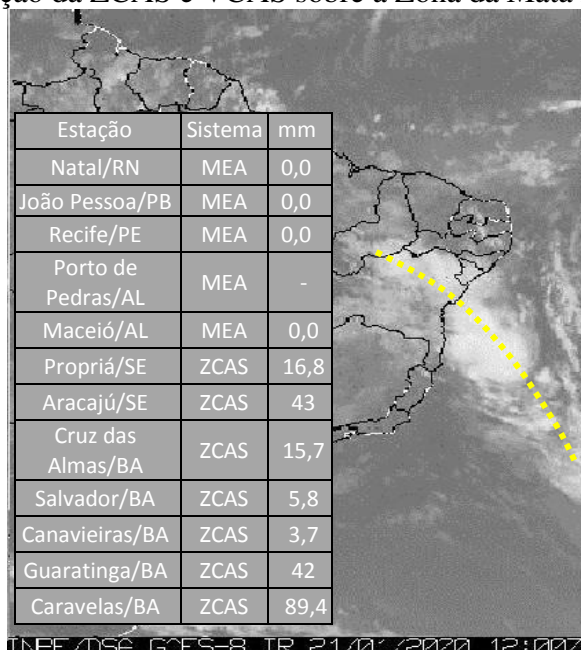
Figura 22 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante a pré-estação chuvosa entre Natal/RN a Canavieiras/BA, Ano-Padrão 2000



Análise de Episódio, 21 e 22 de janeiro de 2000

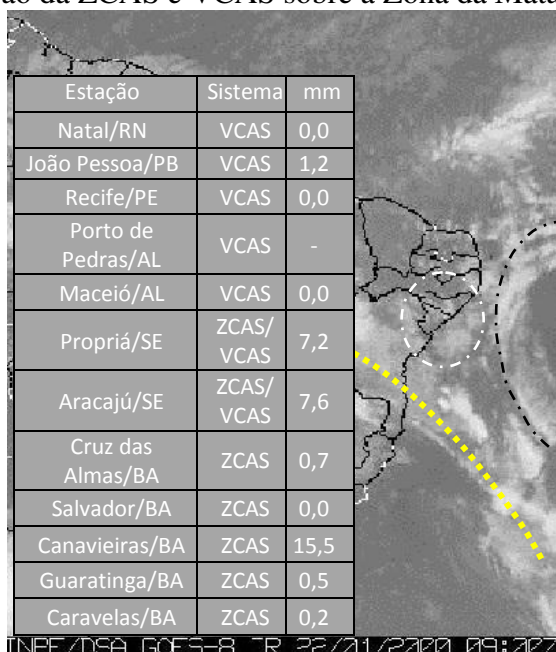
Este tópico é destinado à análise de alguns episódios que são considerados excepcionais por serem incomuns e/ou por serem exemplos da grande dinâmica existente na atuação dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata. O caso a ser destacado aqui, é a atuação da ZCAS e dos VCAS sobre a área de estudo no dia 21 e 22 de janeiro de 2000. Neste mês, a ZCAS permaneceu ativa entre os dias 20 e 23, conforme informações do boletim climanálise (CPTEC/INPE, 2000). É interessante observar que apesar deste boletim informar a existência da ZCAS atuando sobre o NEB, a carta sinótica das 12 GTM para o dia 22 de janeiro utiliza o símbolo de FF para representar este sistema conforme se pode verificar na Figura 25A e B. No dia 21 a ZCAS esteve posicionada sobre a Bahia conforme se pode verificar na Figura 23 e 24. Este caso é considerado excepcional pelo fato de que a ZCAS chegou a provocar pluviosidade sobre Aracajú/SE, causando 43 mm/dia. É pouco comum a atuação da ZCAS sobre esta estação. No dia 22 um VCAS posiciona-se sobre o oceano atlântico, nas proximidades da Zona da Mata, mantendo sua borda convectiva leste sobre o centro norte da área de estudo, enquanto a ZCAS atua sobre o litoral baiano. Devido à proximidade entre estes sistemas sobre Sergipe, impossibilitando distinguir a origem da nebulosidade sobre este Estado, considerou-se que houve neste caso, uma interação entre a ZCAS e o VCAS (Figuras 23 e 24).

Figura 23 – Atuação da ZCAS e VCAS sobre a Zona da Mata no dia 21/01/2000



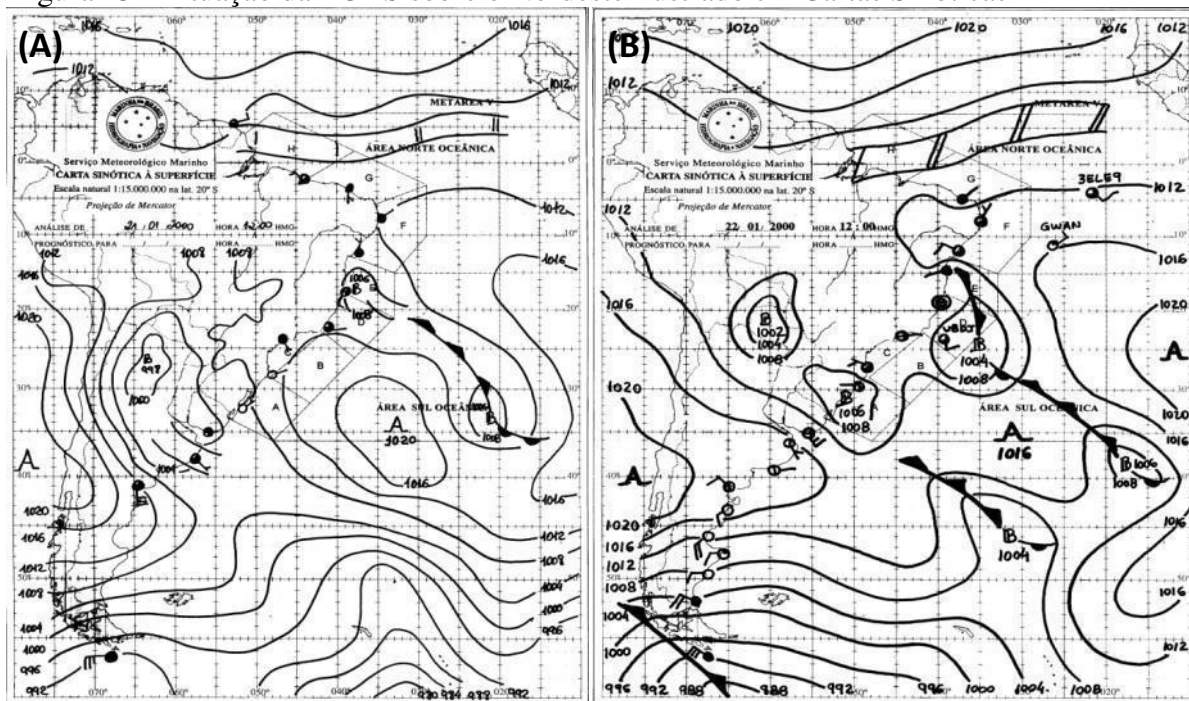
Fonte da imagem: CPTEC/INPE. Imagem corresponde ao dia 21/01/2000 O traço (-) indica falha nos dados. A linha amarela indica a ZCAS.

Figura 24 – Atuação da ZCAS e VCAS sobre a Zona da Mata no dia 22/01/2000



Fonte das imagens: CPTEC/INPE. Imagem do dia 22/01/2000. O traço (-) indica falha nos dados. A linha amarela indica a ZCAS, o círculo em branco a nebulosidade sobre Sergipe e a linha em preto, o VCAS.

Figura 25 – Atuação da ZCAS sobre o Nordeste ilustrado em Cartas Sinóticas



As figuras A e B correspondem a cartas sinóticas cedidas pela Marinha do Brasil referentes a 12 GTM para os dias 21 e 22 de janeiro de 2000 respectivamente.

Apesar de serem conhecidos por provocar pluviosidade, os VCAS e as ZCAS não provocaram grandes volumes de chuva. A maior influência desses sistemas, neste dia, foi

sobre a nebulosidade que esteve intensa em várias estações, principalmente aquelas localizadas no litoral baiano. Também se verificou queda na insolação.

4.5.1.2 Análise da quadra chuvosa entre Natal e Canavieiras, Ano-Padrão Muito Chuvoso, 2000

Os meses de abril a julho correspondem à quadra chuvosa entre Natal/RN a Canavieiras/BA. Durante este quadrimestre chuvoso a MEA apresentou praticamente o mesmo período de atuação em todas as estações entre Natal/RN e Canavieiras/BA, sofrendo uma redução nos dias em que atua apenas nas estações do extremo sul, ou seja, Guaratinga/BA e Caravelas/BA, onde dá lugar a atuação da MTA.

Com respeito à atuação da MTA, esta se apresentou fortemente influenciada pela latitude durante este período. Observa-se nas Figuras 19, 20 e 21 que nas estações mais ao norte, como Natal/RN, João Pessoa/PB e Recife/PE a MTA atuou durante pouquíssimos dias, e, em alguns desses meses, esteve ausente, contudo, no litoral baiano, esta massa atua por um tempo consideravelmente maior. Como exemplo, pode-se verificar que, durante estes quatro meses, foram registrados apenas 2 dias em que a MTA atuou em Natal/RN, porém, em Aracajú/SE, este sistema atuou por 9 dias e em Caravelas/BA sua atuação soma um total de 40 dias. Este é um expressivo aumento, o que indica que durante o período considerado, a MTA possui uma atuação muito mais limitada ao sul e extremo sul da Zona da Mata. Enquanto isso, a MEA possui maior influência sobre as estações ao norte desta Zona. Em seguida, as características da atuação dos sistemas atmosféricos e massas de ar será detalhada por estações:

Entre “Natal/RN a Recife/PE”: Os sistemas responsáveis pelos maiores volumes de chuva neste quadrimestre chuvoso foi a ZCIT, as OL e os VCAS. A ZCIT foi o sistema produtor de chuva predominante durante os dois primeiros meses do quadrimestre chuvoso, ou seja, abril e maio, sendo responsável por elevados volumes de pluviosidade, enquanto as OL foram as principais responsáveis pelas chuvas durante os meses de junho e julho. Os VCAS também atuaram significativamente no mês de abril, e, em conjunto com a ZCIT, foram responsáveis por elevar a pluviosidade deste mês a totais acima da média em todas as estações entre Natal/RN e Maceió/AL (Figuras 19, 20 e Apêndices A1, 2 e 3). A partir de maio os VCAS praticamente não atuam na Zona da Mata, permanecendo ausente até o mês de outubro.

Com respeito a ZCIT, climatologicamente, este é um sistema que não atua em toda a área de estudo, sua atuação limita-se mais ao norte desta região. Diante destes motivos, a ZCIT apresenta certa diminuição em sua frequência diária sobre as estações de Porto de Pedras/AL e Maceió/AL, e, atua apenas em casos excepcionais em Propriá/SE e Aracajú/SE. As OL, também possuem uma atuação limitada ao centro norte da Zona da Mata, porém, atuam de forma mais homogênea sobre esta área. Pode-se observar nas Figuras 19 e 20 que o limite máximo da atuação da ZCIT e das OL, neste período chuvoso, foi Aracajú/SE, onde provocaram chuvas significativas durante os poucos dias em que atuaram nesta estação meteorológica.

Entre “Porto de Pedras/AL a Aracajú/SE”: Os VCAS foram os principais responsáveis pelas chuvas do mês de “abril”, enquanto que as OL são as principais responsáveis pelas chuvas dos meses de “junho e julho”, mesmo atuando por poucos dias em Propriá/SE e Aracajú/SE. Durante o mês de maio a ZCIT permaneceu atuando por um total de 7 a 8 dias nas estações de Porto de Pedras/AL e Maceió/AL, o que favoreceu os índices de pluviosidade, porém, nas estações de Propriá/SE e Aracajú/SE, houve a ausência de significativa atuação de sistemas produtores de chuva, pois, a ZCIT e os VCAS praticamente não atuaram, enquanto as OL, foram ausentes. Isto contribui para os baixos índices pluviométricos destas duas estações neste mês.

Entre “Cruz das Almas/BA e Canavieiras/BA”: As estações não contam com a influência da ZCIT e das OL devido à latitude em que se encontram, assim, os VCAS foram os principais produtores de chuva em abril. Em maio, junho e julho houve a participação de poucos sistemas na produção da pluviosidade. Os únicos sistemas produtores de elevados índices de chuvas que atuaram nestas estações durante estes três meses foram as LI e as FF, estas ultimas, ocorreram em sua maioria em forma de repercussão e atuaram mais dias que as LI. Também houve a participação de um CCM que atuou em Salvador/BA e outro em Cruz das Almas/BA. Apesar destes sistemas terem atuado por poucos dias, conforme se pode observar nas Figuras 19, 20 e 21, quando atuaram, produziram volumes consideráveis de chuva, que, ao se somaram, correspondem a totais próximos a 100 ou 150 mm mensais (Apêndices A1, 2, 3 e 4), este total corresponde metade da pluviosidade mensal dos meses de maio a julho para as estações de Cruz das Almas/BA Salvador/BA e Canavieiras/BA.

Esta afirmação pode ser ilustrada ao se analisar a pluviosidade no mês de maio para a estação de Salvador, onde as FF estiveram ausentes e as LI junto com os CCM atuaram por apenas um dia cada, enquanto os VCAS atuaram por apenas 3 dias. Apesar de terem atuado

por relativamente poucos dias, ao se somar a pluviosidade total, estes sistemas provocaram em conjunto, volumes superiores a 100 mm.

Isto explica parte da pluviosidade mensal destas estações durante este quadrimestre chuvoso, porém, o resto da pluviosidade pode ser explicado a partir da atuação das massas de ar, que, apesar de serem associadas a dias estáveis, ou seja, dias com bom tempo, também provocam chuva. Observou-se em que todas as estações analisadas, tanto a MTA como a MEA são responsáveis, em geral, por baixos índices de pluviosidade diária, com totais que variam habitualmente em torno de 0,1 mm a 10 mm/dia. Em situações menos comuns chegam a provocar volumes de chuva em torno de 20 mm/dia, e, em alguns casos mais excepcionais, podem causar totais de chuva que variam em torno de 30 mm/dia (Apêndices A1, 2, 3 e 4).

Os registros da estação de Salvador/BA, durante o mês de maio, é mais uma vez um bom exemplo para ilustrar a situação descrita acima. A partir da análise sinótica e das cartas de pressão, além da consulta aos boletins do climanálise (CPTEC/INPE, 2000), observou-se que na grande maioria dos dias do mês de maio, houve apenas a atuação das MEA e MTA, e, que em alguns dos dias em que atuaram, ocorreu baixa pluviosidade, que, ao fim do mês, somou 139,5 mm/mês. Somados com os 109 mm provocados pelos demais sistemas, chega-se a um total de 248,5 mm/mensal. Esta mesma situação se repete durante os demais meses do quadrimestre chuvoso, não só para Salvador/BA, como também, para as estações de Cruz das Almas/BA e Canavieiras/BA. Verifica-se que esta pluviosidade, causada pelas massas de ar, foi menos expressiva em Guaratinga/BA e Caravelas/BA. Também se observou que a atuação das massas é predominante durante os meses de agosto a dezembro, porém, não apresentam o mesmo potencial para produção de pluviosidade, assim, antes de qualquer conclusão é importante considerar algumas observações.

Primeiro, verificou-se que durante muitos dos dias que se atribuiu a atuação das MEA e MTA, ocorreu certa nebulosidade sobre o litoral baiano (entre Cruz das Almas/BA e Caravelas/BA), principalmente sobre Salvador/BA, esta era proveniente do oceano adjacente, conduzida pelos alísios, além disso, esta nebulosidade se intensificava ou ocorria, em geral, após a passagem, ao sul, de FF que se desviavam para o oceano, ou, após e até durante a passagem de OL a norte, portanto, é provável que a passagem destes sistemas mais ou sul e a norte do litoral baiano, elevem a umidade sobre o oceano neste setor, que, por sua vez, é conduzida ao litoral.

Segundo, é provável que a geometria côncava do litoral, entre Sergipe e o extremo sul da Bahia, contribua para que os alísios concentrem esta umidade oceânica sobre este setor, principalmente sobre o recôncavo baiano, elevando a pluviosidade em Salvador/BA durante o

período chuvoso, tornando os meses de maio, junho e julho, nesta estação, mais chuvosos do que em Cruz das Almas/BA ou em Canavieiras/BA (que também são afetados por este fenômeno) onde estão as estações meteorológicas mais próximas de Salvador/BA (consideradas nesta pesquisa). Esta diferença de pluviosidade pode ser verificada nos climogramas presentes nas Figuras 19, 20 e 21.

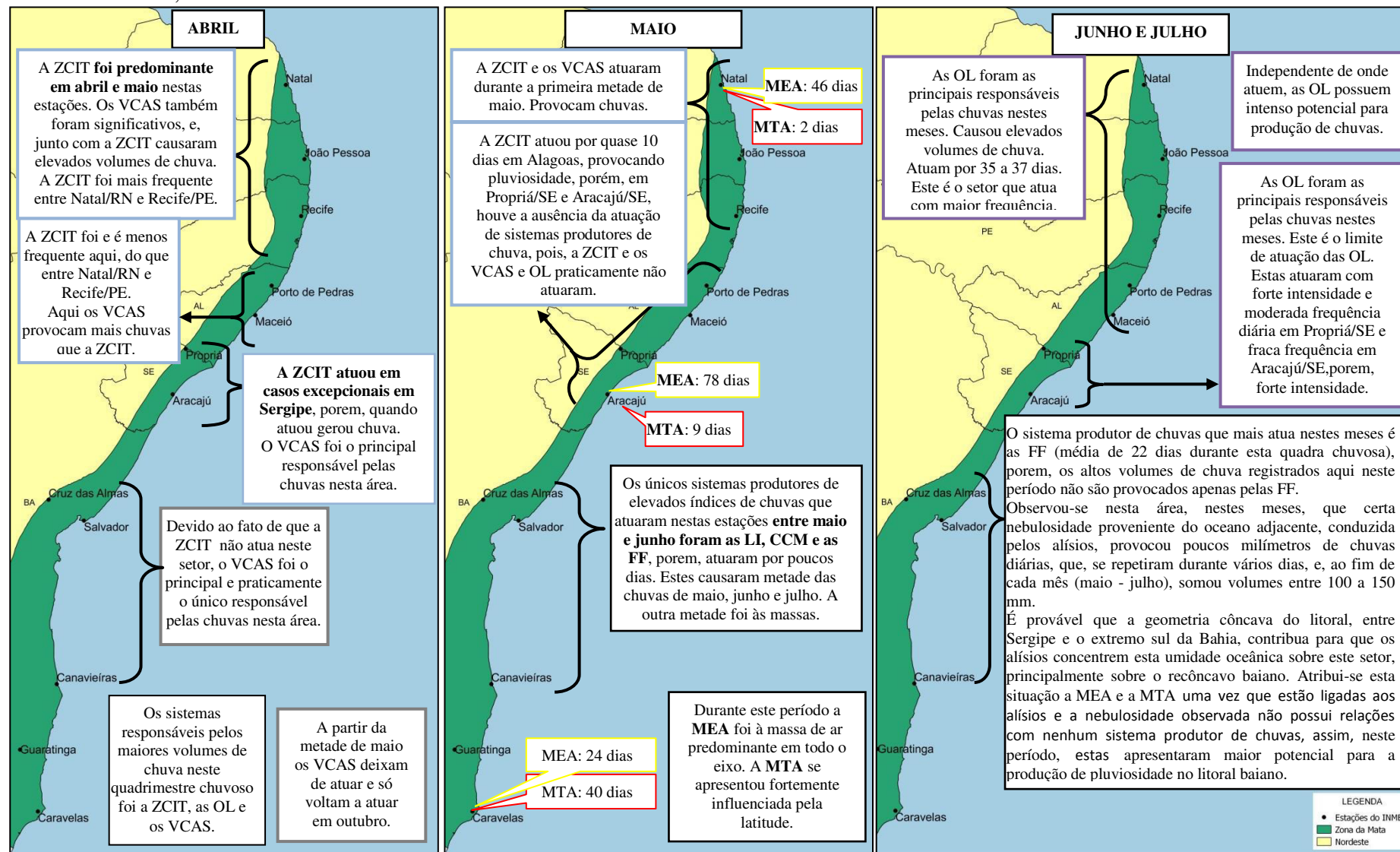
Deste modo, conclui-se que a MEA e a MTA, durante o período chuvoso do ano 2000, apresentaram maior potencial para a produção de pluviosidade no litoral baiano devido a maior instabilidade atmosférica presente no oceano adjacente³¹. É importante ressaltar que também foi observado certa instabilidade atmosférica - advinda do oceano - ligada as MEA e MTA sobre a porção central e norte da Zona da Mata, contudo, sua influência sobre a pluviosidade foi bem menor.

Com respeito as FF, durante os meses da quadra chuvosa em consideração (abril a julho), as FF atuaram por 20 dias sobre a estação de Canavieiras/BA, reduzindo sua participação neste período chuvoso para 10 dias em Cruz das Almas/BA e apenas 3 dias em Aracajú/SE, enquanto que, em João Pessoa/PB, apenas 1 RFF atuou, já em Natal/RN, não houve registros de RFF. Isto ilustra o quanto as FF são influenciadas pela latitude, uma vez que poucas FF apresentam condições de avançar até as latitudes mais baixas da Zona da Mata. Na verdade, o que se observa, é que pouquíssimas frentes apresentaram condições de avançar além do litoral baiano, como exemplificado acima. Deste modo, durante o período chuvoso abril – julho, a porção da Zona da Mata que mais se beneficia com a atuação das FF é o litoral baiano. Neste quadrimestre chuvoso, segundo o boletim climáanalise (CPTEC/INPE, 2000), avançaram sobre o Brasil 4 FF em abril (3 atuaram na Zona da Mata); em maio foram 6, porém, 4 atuaram na área de estudo; em junho foram 6, e, apenas 3 atuaram no setor; por ultimo, em julho, 7 FF avançaram sobre o país, e apenas 1 atou sobre a Zona da Mata.

Os meses em que as FF apresentam um maior número de dias atuando sobre a Zona da Mata são os meses de abril a outubro (fim do outono, inverno e início da primavera austral), contudo, a atuação destas apresenta-se bem mais limitada ao extremo sul desta Zona. O resumo da análise deste período pode ser observado na figura 26.

³¹ Serão ilustradas algumas destas situações mencionadas acima no tópico, análise de episódios.

Figura 26 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante a quadra chuvosa entre Natal/RN e Canaveiras/BA, Ano-Padrão 2000

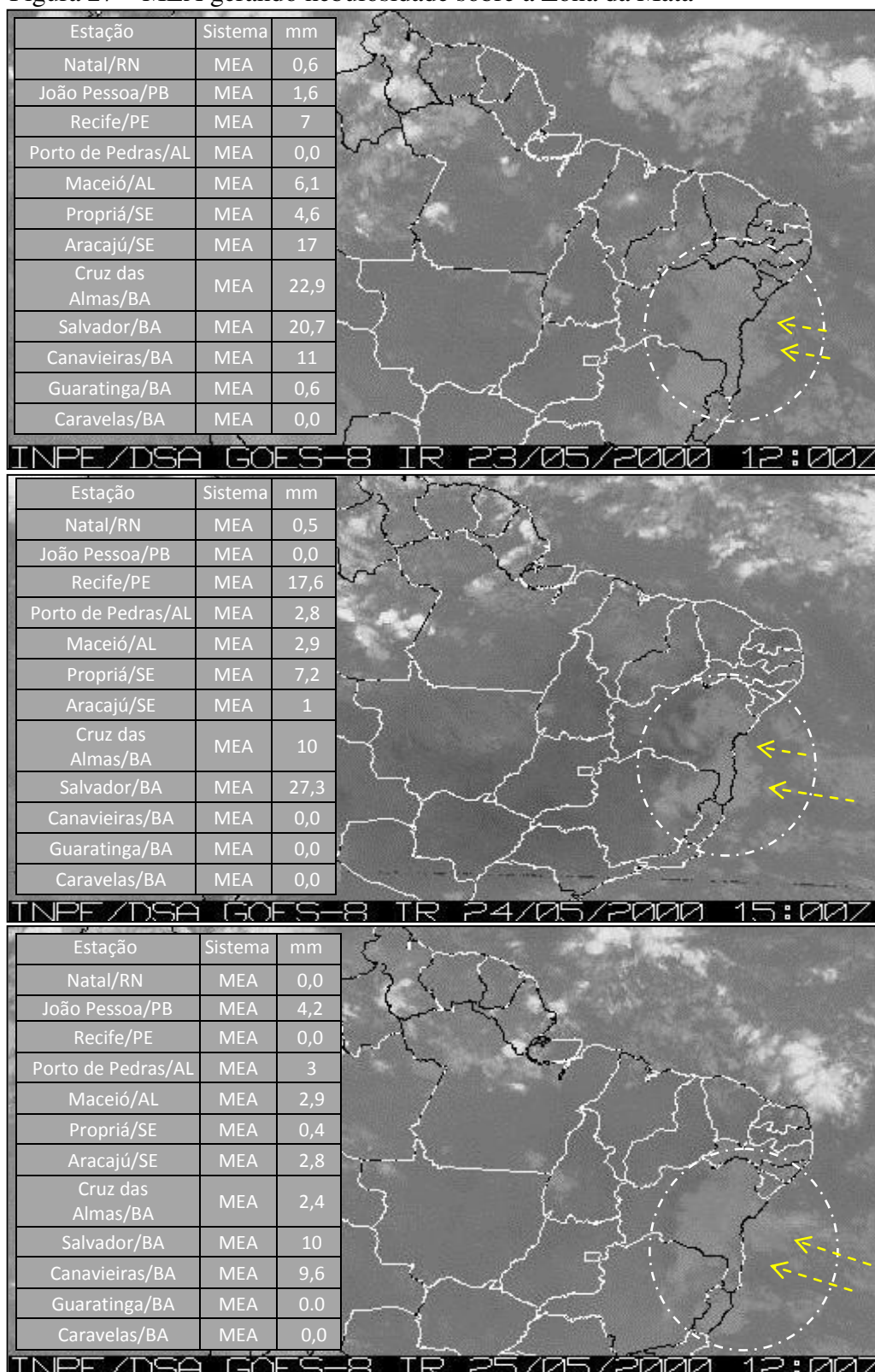


Análise de Episódio, dias 20 e 21 de maio de 2000

Dentre várias situações que poderiam ser destacadas deste período chuvoso entre as estações de Natal/RN a Canavieiras/BA e parte do pós-quadra chuvosa entre Guaratinga/BA e Caravelas/BA, optou-se pela descrição da influência das massas sobre o litoral baiano. Nos dias 20 e 21 de maio de 2000, houve a passagem de uma RFF sobre o extremo sul da Zona da Mata, após sua passagem, entre os dias 23, 24 e 25 de maio, observa-se certa nebulosidade sobre o litoral baiano, esta nebulosidade chega a provocar pluviosidade sobre as estações presentes ali. Não é possível identificar relações entre esta nebulosidade com os sistemas atmosféricos que habitualmente atuam sobre esta área (Figura 27), deste modo, conclui-se que esta situação refere-se às influências de massas de ar. Neste dia, as cartas de pressão de superfície e de altitude indicam que os alísios sopravam de leste e sudeste com direção para o oeste e noroeste, o que indica a atuação da MEA.

Apesar da nebulosidade não parecer intensa a partir da observação das imagens de satélite, as estações meteorológicas registraram intensa nebulosidade, baixa insolação e umidade atmosférica em torno de 90%. A partir do dia 25, observa-se uma OL aproximar-se do norte da Zona da Mata. Na Figura 27 Verifica-se que as estações de Cruz das Almas/BA, Salvador/BA e Canavieiras/BA são bem mais influenciadas pela pluviosidade provocada pela atuação da massa do que em Guaratinga/BA e Caravelas/BA. Também pode-se observar que outras estações presentes na Zona da Mata também apresentam certa pluviosidade. Os demais dados diários podem ser verificados no Apêndices A1,2, 3 e 4.

Figura 27 – MEA gerando nebulosidade sobre a Zona da Mata



Fonte: CPTEC/INPE. O círculo em linha branca tracejada indica a nebulosidade provocada pela massa de ar e as setas tracejadas em amarelo indicam a direção da propagação desta nebulosidade.

4.5.1.3 Análise do pós-quadra chuvosa entre Natal e Canavieiras, Ano-Padrão Muito Chuvoso, 2000

O pós-quadra chuvosa para as estações de Natal/RN até Canavieiras/BA corresponde aos meses entre “agosto a dezembro”. A seguir, será detalhada a atuação das massas de ar e sistemas:

MEA e MTA: Observou-se que durante os meses entre junho a agosto, a MTA esteve ausente sobre as estações de Natal/RN, João Pessoa/PB e Recife/PE, voltando a atuar a partir de outubro. Durante os meses de novembro e dezembro a MEA tem sua atuação reduzida em todo o eixo, dando lugar a MTA e aos VCAS. Essa redução no número de dias em que atua é ainda mais expressiva nas estações do litoral baiano, onde a MTA atua mais expressivamente. Observa-se que a MEA passa a atuar em Cruz das Almas/BA e Salvador/BA por apenas um dia ao mês, tanto em novembro como em dezembro. Tanto a MEA como a MTA não apresentaram o mesmo potencial para produção de pluviosidade que apresentaram durante o período chuvoso entre abril e julho (Apêndices A1, 2, 3 e 4).

ZCAS: Durante este período, 3 eventos de ZCAS provocaram repercussões na Zona da Mata, um em novembro e dois em dezembro. Entre Guaratinga/BA e Caravelas/BA atuaram por mais de 10 dias (situação relatada no tópico sobre o quadrimestre chuvoso para estas estações), enquanto que, em Canavieiras/BA atuaram por 9 dias, e, em Cruz das Almas/BA e Salvador/BA atuaram por 5 dias. Este sistema permaneceu atuante apenas sobre o litoral baiano e praticamente não provocou pluviosidade em Cruz das Almas/BA, Salvador/BA e Canavieiras/BA.

FF: Com respeito as FF, atuaram no Brasil 6 FF em agosto, 7 em setembro, 6 em outubro, 6 em novembro e 9 em dezembro, somando assim, 34 FF segundo o boletim climáanalise (CPTEC/INPE, 2000). Destas, atuaram sobre a Zona da Mata nestes meses, 4 frentes em agosto, 4 em setembro, 3 em outubro, em 3 novembro e nenhuma em dezembro, somando 14 FF. Das frentes que atuaram sobre a Zona da Mata, mais uma vez, poucas conseguiram avançar até o norte desta zona. Durante o período considerado, as FF atuaram sobre Caravelas/BA durante 31 dias, enquanto que, em Aracajú/SE, que é o primeiro município fora do litoral baiano, esse número cai para 10, já em Natal/RN, onde fica a estação mais ao norte da Zona da Mata, as FF atuaram por apenas 2 dias. As FF que atingiram Natal/RN atuaram durante os meses em que os VCAS estiveram ausentes da Zona da Mata, indicando que este sistema dificulta sua incursão sobre as FF sobre este setor.

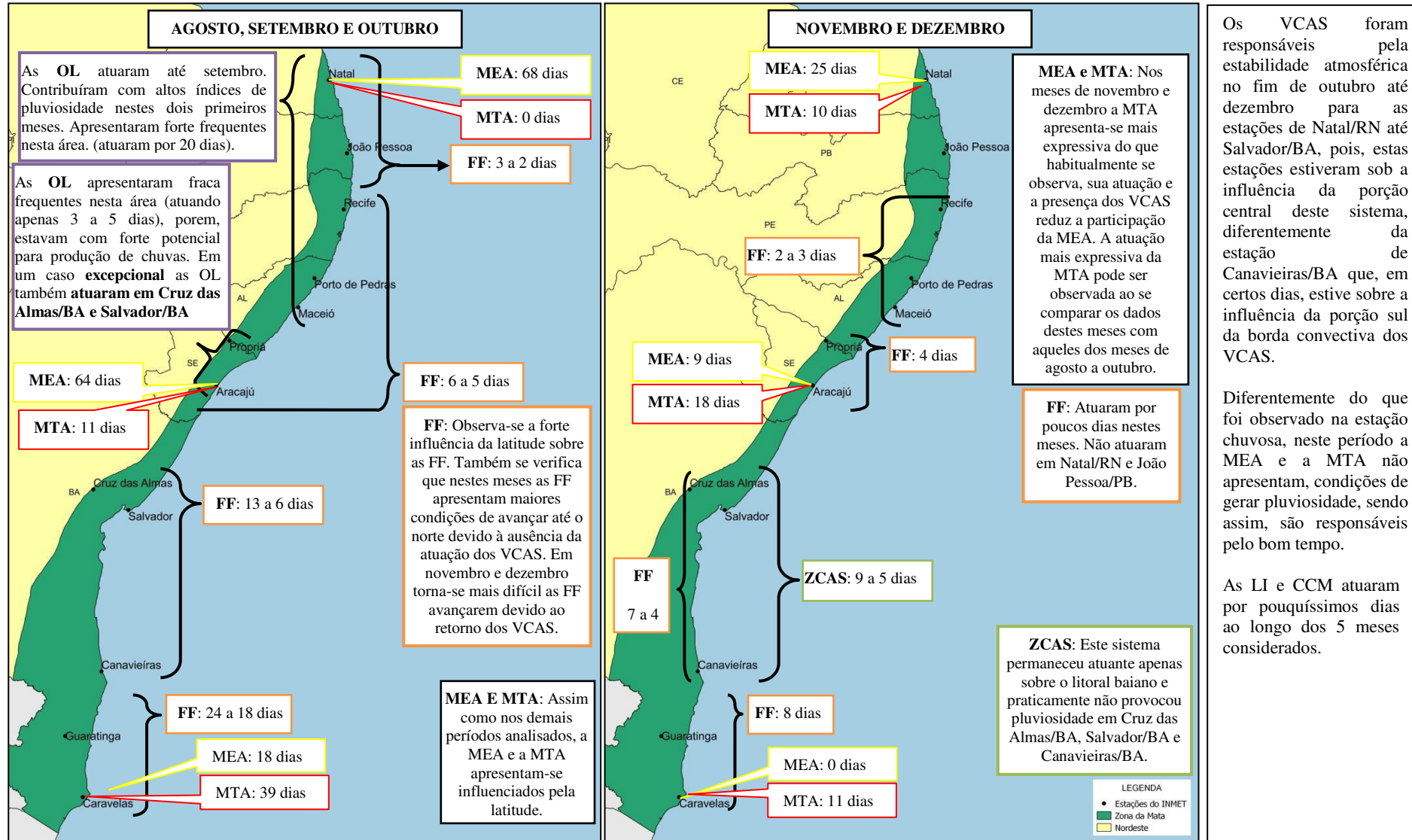
VCAS: Estes foram os principais responsáveis pela estabilidade atmosférica nos meses de outubro a dezembro para as estações de Natal/RN até Salvador/BA, pois, estas estiveram sob a influência da porção central deste sistema, diferentemente das estações de Canavieiras/BA até Caravelas/BA, que, em certos dias, estiveram sobre a influência da porção sul da borda convectiva dos VCAS, o que contribui com certa pluviosidade em novembro e dezembro.

OL: Estas atuaram até setembro, o que contribuiu expressivamente para os altos índices pluviométricos mensais dos dois primeiros meses do período pós-quadra chuvosa, ou seja, agosto e setembro nas estações entre Natal/RN até Maceió/AL. As Ondulações de Leste provocaram nestes meses vários eventos de elevada pluviosidade. Podem-se mencionar como exemplo os casos do dia 1 e 2 de agosto, em que se registrou 185,9 mm/dia em Recife/PE no dia 1, e 188 mm/dia em Porto de Pedras/AL no dia 2. Outro caso parecido ocorreu em João Pessoa/PB, durante os dias 17, 18 e 19. No dia 17 registrou-se 108,9 mm/dia, enquanto nos dias 18 e 19 se registrou 76,4 mm e 76 mm consecutivamente. Um caso excepcional ocorreu no dia 16 de setembro, em que uma OL bastante intensa chegou a atuar sobre as estações de Cruz das Almas/BA e Salvador/BA, este caso será melhor descrito a frente.

LI e CCM: Estes atuaram por pouquíssimos dias ao longo dos 5 meses considerados. Foram observadas duas LI que atuaram por 3 dias (uma dessas LI atuou entre o dia 30 de setembro e 1 de outubro) entre Cruz das Almas/BA e Caravelas/BA. Também foram registrados dois pequenos CCM, um atuou em Salvador/BA provocando apenas 15 mm/dia e outro atuou em Canavieiras/BA gerando 50 mm/dia (Apêndices A3 e 4).

Os sistemas com atuação predominante durante os meses entre agosto a dezembro foram: A MEA durante os meses de “agosto a outubro” nas estações entre Natal/RN a Aracajú/SE, e a MTA entre Cruz das Almas/BA até Caravelas/BA durante os mesmos meses. Nos meses restantes, ou seja, novembro e dezembro, os VCAS foram predominantes, inclusive nas estações de Guaratinga/BA e Caravelas/BA, onde já é período chuvoso nestas estações. Segue abaixo a Figura 28 que sintetiza a análise feita neste tópico

Figura 28 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante o pós-quadra chuvosa entre Natal/RN e Canavieiras/BA, Ano-Padrão 2000



Os VCAS foram responsáveis pela estabilidade atmosférica no fim de outubro até dezembro para as estações de Natal/RN até Salvador/BA, pois, estas estações estiveram sob a influência da porção central deste sistema, diferentemente da estação de Canavieiras/BA que, em certos dias, esteve sobre a influência da porção sul da borda convectiva dos VCAS.

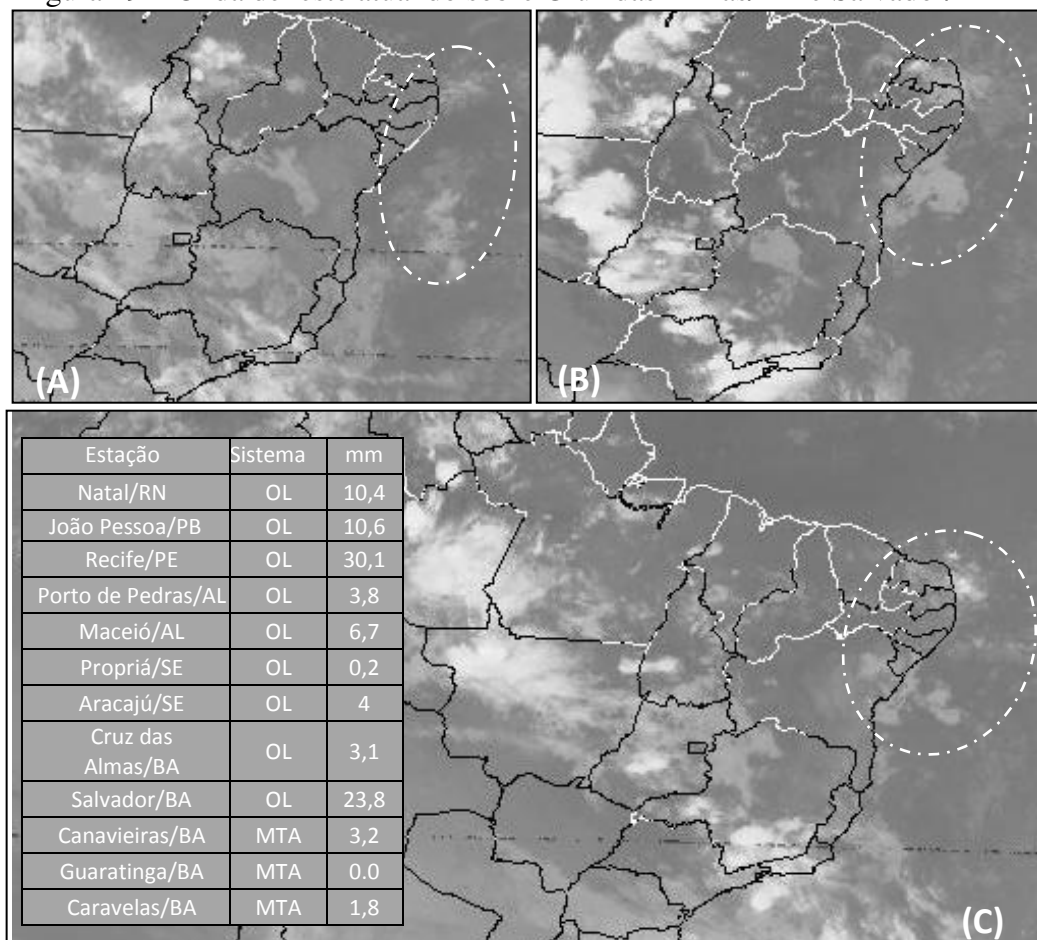
Diferentemente do que foi observado na estação chuvosa, neste período a MEA e a MTA não apresentam, condições de gerar pluviosidade, sendo assim, são responsáveis pelo bom tempo.

As LI e CCM atuaram por pouquíssimos dias ao longo dos 5 meses considerados.

Análise de Episódio, 15 e 16 de setembro de 2000

Neste pós-quadra chuvosa, o evento que será destacado é a atuação excepcional de uma OL sobre as estações de Cruz das Almas/BA e Salvador/BA entre os dias 15 e 16 de setembro de 2000. Na Figura 29A referente às 09 horas GTM do dia 15 de setembro, observa-se a OL aproximando-se da Zona da Mata. Na Figura 29B referente às 15 horas GTM do dia 15, verifica-se que a OL já está atuando sobre as estações presentes no norte da Zona da Mata e alcança o litoral baiano e sergipano, desse modo, este sistema passa a atuar sobre as estações de Cruz das Almas/BA e Salvador/BA durante noite do dia 15 e madrugada do dia 16. A Figura 29C é referente às 03 horas GTM do dia 16 e demonstra a OL sobre o Estado da Bahia. Na Figura 29C observa-se a pluviosidade provocada por este sistema. No dia 16 a OL se intensifica sobre as estações do centro norte da Zona da Mata.

Figura 29 – Onda de leste atuando sobre Cruz das Almas/BA e Salvador/BA



Fonte: Figura A, B e C são disponibilizadas gratuitamente pelo CPTEC/INPE e são do GOES - 8, IR. A figura A é referente às 09 horas e a B é referente às 15 horas GTM do dia 15 de setembro de 2000. A figura C é referente às 3 horas do dia 16 de setembro. O círculo branco indica a OL.

4.5.1.4 Quadra chuvosa entre Guaratinga e Caravelas, Ano-Padrão 2000

O quadrimestre chuvoso destas estações corresponde aos meses de novembro a fevereiro. A seguir, é apresentado como os sistemas atuaram neste setor durante novembro a fevereiro:

MEA e MTA: Um primeiro destaque que deve ser feito é ao fato de que a MTA apresenta maior predomínio sobre o sul e principalmente o extremo sul da Zona da Mata. Isto é ainda mais comum durante os primeiros e os últimos meses do ano, ou seja, novembro a fevereiro. Um exemplo disso é o fato de que na estação de Caravelas/BA, ao longo destes quatro meses chuvosos, a MEA atuou por apenas dois dias (Apêndice A4), já no norte da Zona da Mata, principalmente nas estações de Natal/RN, João Pessoa/PB e Recife/PE, a atuação da MEA é muito maior que a atuação da MTA. Deste modo, a “massa de ar” predominante entre Guaratinga/BA e Caravelas/BA durante o período chuvoso do Ano-Padrão 2000 é a MTA.

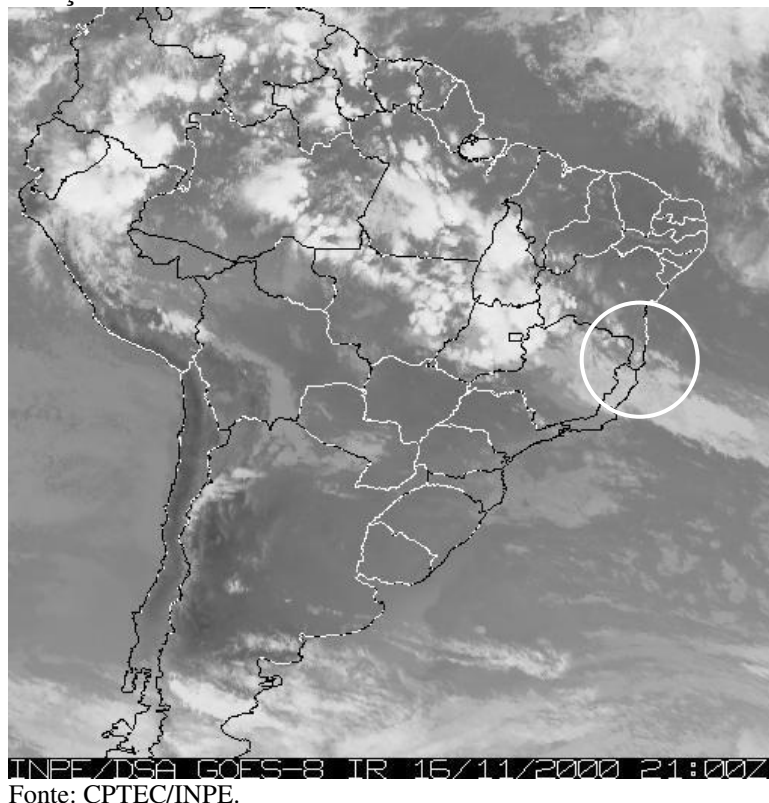
VCAS: Durante a quadra chuvosa nestas duas estações meteorológicas, o sistema predominante foi o VCAS, este atuou durante um máximo de 74 dias, o que corresponde a 61 % do período. Este, portanto, é o principal sistema produtor de chuvas para o quadrimestre chuvoso destas estações. Cabe ressaltar que a pluviosidade mensal destes quatro meses, não é tão elevada (próximo aos 150 mm/mês) quanto à pluviosidade presente no quadrimestre chuvoso das estações do centro norte da Zona da Mata, que, chegam a atingir quase 600 mm/mês (Recife/PE). Além disso, as estações de Guaratinga/BA e Caravelas/BA também não apresentam médias anuais de pluviosidade muito elevadas como as estações mais ao norte da Zona da Mata, diferenciando-se das demais por apresentarem uma pluviosidade melhor distribuída ao longo do ano.

Apesar dos VCAS atuarem por um grande número de dias, estes não provocam chuvas todos os dias em que atuam, uma vez que, em boa parte destes dias, o centro do VCAS está sobre Nordeste e a Zona da Mata. Nestes mesmos casos, dependendo de sua dimensão, a porção convectiva sul do VCAS pode posicionar-se sobre o extremo sul da Zona da Mata (Figura 30), causando assim, chuvas sobre esta área. Isto ocorreu no dia 16 de novembro, provocando 22.2 mm/dia em Caravelas/BA e 50,2 mm/dia em Guaratinga/BA. Outra situação que também contribui para as chuvas neste setor (em certos casos, durante o período chuvoso) é quando o centro do VCAS se posiciona sobre o Sudeste do Brasil, isto faz com que a parte norte de sua zona convectiva atue sobre o extremo sul da Zona da Mata. Devido a estas características de sua atuação, os VCAS tornam-se os principais responsáveis pelas chuvas

precipitadas nestes meses, neste setor. Isto explica o motivo pelo qual novembro e dezembro fazem parte do período chuvoso destas estações, enquanto que em todo o resto da Zona da Mata praticamente não chove.

ZCAS: As estações de Guaratinga e Caravelas são as mais beneficiadas pela atuação das ZCAS. Quando estão configuradas, nem sempre atuam sobre a área de estudo, e quando atuam, nem sempre provocam pluviosidade. A ZCAS atuou durante 15 dias ao longo deste período chuvoso. Em janeiro, atuou entre os dias 20 e 23, e, em março, esteve sobre a área de estudo entre os dias 10 e 14. Este último evento de ZCAS não provocou pluviosidade significativa. Entre novembro e dezembro a ZCAS atingiu o NEB durante 3 eventos, porém, praticamente não geraram pluviosidade.

Figura 30 - Porção convectiva sul do VCAS sobre o extremo sul da Zona da Mata



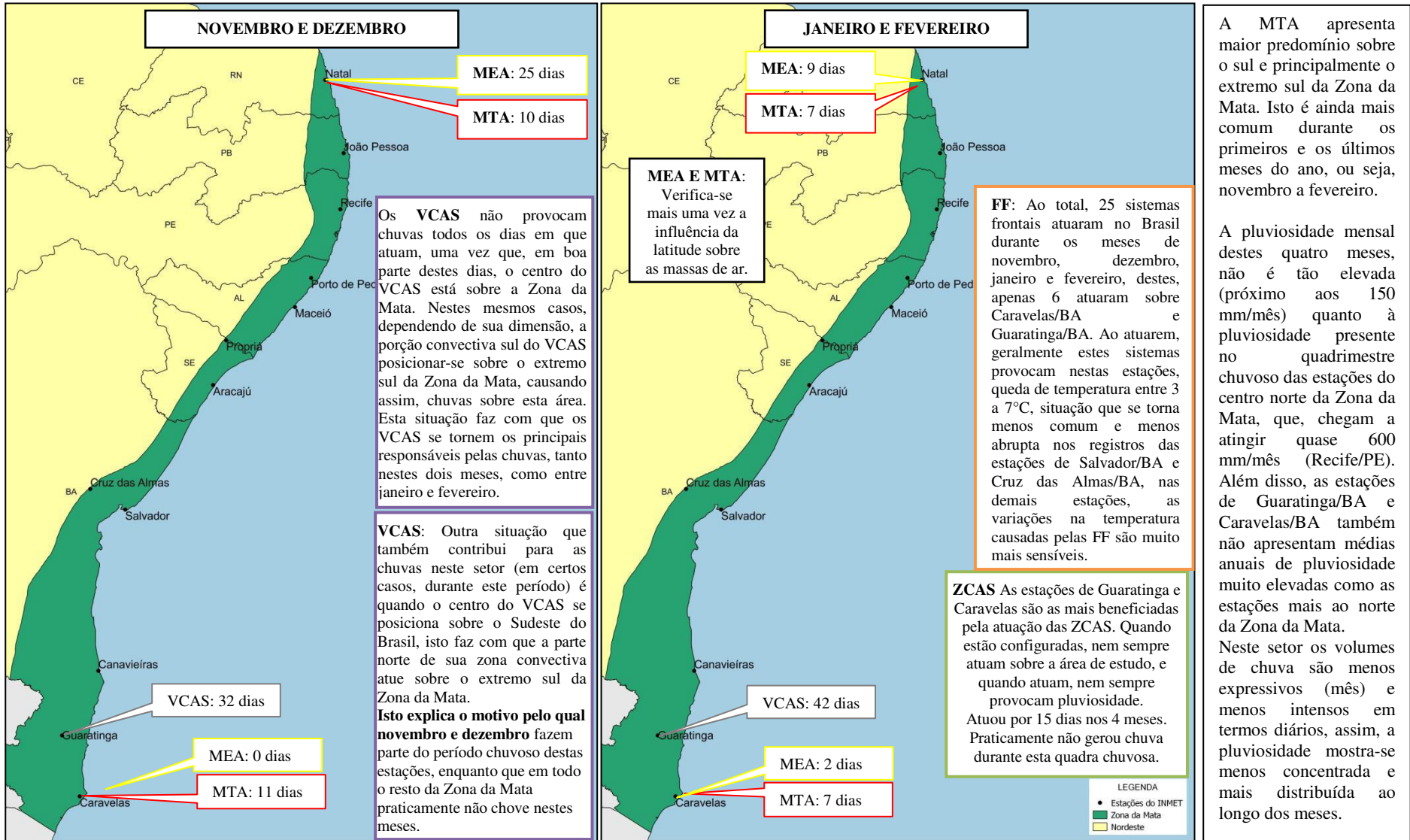
FF: Ao longo desta estação chuvosa, as FF atuaram por 13 dias. As FF que atuaram entre janeiro e fevereiro já foram relatadas no tópico destinado a pré-estação chuvosa entre Natal/RN e Canavieiras/BA, portanto, será dado um maior foco a atuação destas entre novembro e dezembro. Segundo os boletins de monitoramento e análise climática do site climanálise (CPTEC/INPE, 2000), durante o mês de novembro 6 sistemas frontais atuaram no país, enquanto que, em dezembro, foram contabilizados 9. Destas 15 frentes, apenas 3 FF

atuaram no NEB, todas durante o mês de novembro. Durante os 7 dias em que atuaram em Caravelas/BA, provocaram 74,1 mm, enquanto que em Guaratinga/BA, provocaram 107,7 mm durante 6 dias. É importante destacar que, depois dos VCAS, as FF foram os sistemas mais importantes para a pluviosidade do quadrimestre chuvoso do extremo sul da Zona da Mata neste ano.

Ao total, 25 sistemas frontais atuaram no Brasil durante os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, destes, apenas 6 atuaram sobre Caravelas/BA e Guaratinga/BA. Ao atuarem, geralmente estes sistemas provocam nestas estações (Apêndice A4), queda de temperatura entre 3 a 7°C, situação que se torna menos comum e menos abrupta nos registros das estações de Salvador/BA e Cruz das Almas/BA, nas demais estações, as variações na temperatura causadas pelas FF são muito mais sensíveis ou imperceptíveis em certos casos.

Os meses de novembro e dezembro são considerados secos em boa parte da Zona da Mata, devido ao fato de que menos sistemas produtores de chuva atuam neste período, contudo, aqueles que atuam, são capazes de gerar volumes razoáveis de pluviosidade, que, ao se somarem durante vários dias do mês, geram bons volumes mensais de chuva, deste modo, durante este período chuvoso para as estações de Guaratinga/BA e Caravelas/BA, estas registraram menos dias com grande concentração diária de chuva e mais dias com poucos volumes, porém, constantes (Apêndice A4). Segue abaixo a figura 31 que sintetiza a análise feita neste tópico.

Figura 31 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante a quadra chuvosa entre Guaratinga/BA e Caravelas/BA, Ano-Padrão 2000



A MTA apresenta maior predomínio sobre o sul e principalmente o extremo sul da Zona da Mata. Isto é ainda mais comum durante os primeiros e os últimos meses do ano, ou seja, novembro a fevereiro.

A pluviosidade mensal destes quatro meses, não é tão elevada (próximo aos 150 mm/mês) quanto à pluviosidade presente no quadrimestre chuvoso das estações do centro norte da Zona da Mata, que, chegam a atingir quase 600 mm/mês (Recife/PE). Além disso, as estações de Guaratinga/BA e Caravelas/BA também não apresentam médias anuais de pluviosidade muito elevadas como as estações mais ao norte da Zona da Mata. Neste setor os volumes de chuva são menos expressivos (mês) e menos intensos em termos diários, assim, a pluviosidade mostra-se menos concentrada e mais distribuída ao longo dos meses.

4.5.1.5 Pós-Quadra chuvosa entre Guaratinga e Caravelas, Ano-Padrão 2000

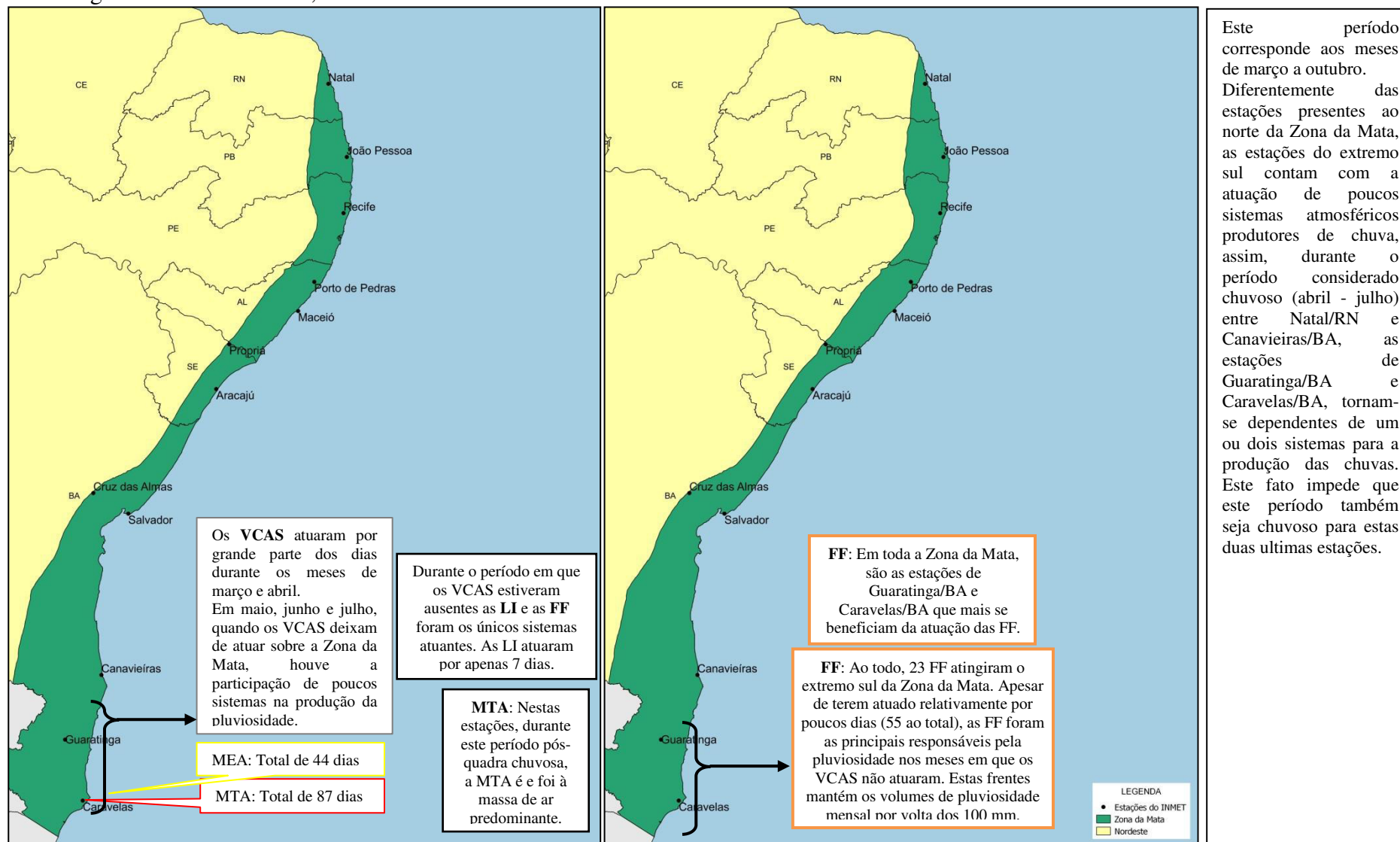
Diferentemente das estações presentes ao norte da Zona da Mata, as estações do extremo sul contam com a atuação de poucos sistemas atmosféricos produtores de chuva, assim, durante o período considerado chuvoso (abril - julho) entre Natal/RN e Canavieiras/BA, as estações de Guaratinga/BA e Caravelas/BA, tornam-se dependentes de um ou dois sistemas para a produção das chuvas. Este fato impede que este período também seja chuvoso para estas duas últimas estações.

Nestas estações, durante este período pós-quadra chuvosa, a MTA é e foi à massa de ar predominante atuando ao todo por 87 dias em Guaratinga/BA e por 85 em Caravelas/BA, enquanto a MEA atuou por 51 dias em Guaratinga/BA e 44 em Caravelas/BA poucos dias. Por atuarem por grande parte dos dias de março e abril, os VCAS tornaram-se os principais produtores de chuva nesses meses. Em maio, junho e julho, quando os VCAS deixam de atuar sobre a Zona da Mata, há a participação de poucos sistemas na produção da pluviosidade, os únicos sistemas produtores de elevados índices de chuvas que atuaram nestas estações durante o período em que os VCAS estiveram ausentes foram as LI e as FF, estas últimas atuaram mais dias (55 dias) que as LI (7 dias). Apesar de terem atuado por poucos dias, as FF foram as principais responsáveis pela pluviosidade nos meses em que os VCAS não atuaram.

É importante destacar que a porção da Zona da Mata que mais se beneficia com a atuação das FF é o litoral baiano, sendo o extremo sul deste litoral ainda mais favorecido, ou seja, as estações de Guaratinga/BA e Caravelas/BA. Em março, apenas uma FF atingiu o extremo sul da Zona da Mata, em abril foram 3 FF, em maio 4, em junho 3, em julho 1, 4 em agosto, 4 em setembro e 3 em outubro, somando 22 FF ao longo destes 8 meses. Como mencionado, estas 8 FF atuaram por um máximo de 55 dias nestas estações. Em Caravelas/BA uma FF provocou 195,2 mm/dia no dia 3 de outubro e 55 mm/dia no dia 4, esse total pluviométrico foi o maior volume de chuva diário registrado para os 3 Anos-Padrão analisados dentre todas as 12 estações.

As FF também exercem importante influência sobre as variações térmicas destas duas estações. Observou-se que, quando algumas FF avançaram sobre Caravelas e Guaratinga, estas provocam queda de até 10°C de temperatura (temperatura máxima), em 24 horas. Como exemplo pode-se citar o caso do dia 30 de outubro, quando uma FF chegou a causar queda de 7°C em relação ao dia anterior, quando este sistema ainda não estava atuando (dia 29 a temperatura máxima foi de 32,4°C e no dia 30 registrou-se 25,5°C). Segue abaixo a figura 32 com a síntese da análise deste período.

Figura 32 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante o pós-quadra chuvosa entre Guaratinga/BA e Caravelas/BA, Ano-Padrão 2000



Este período corresponde aos meses de março a outubro. Diferentemente das estações presentes ao norte da Zona da Mata, as estações do extremo sul contam com a atuação de poucos sistemas atmosféricos produtores de chuva, assim, durante o período considerado chuvoso (abril - julho) entre Natal/RN e Canavieiras/BA, as estações de Guaratinga/BA e Caravelas/BA, tornam-se dependentes de um ou dois sistemas para a produção das chuvas. Este fato impede que este período também seja chuvoso para estas duas últimas estações.

4.5.2 Ano-Padrão Normal - 2002

É importante salientar que, apesar de 2002 ter sido considerado um ano normal na maioria das estações (inclusive durante o quadrimestre chuvoso), em algumas estações este ano foi considerado chuvoso. Estas foram às estações de Natal/RN, Recife/PE e Maceió/AL. O ano 2002 também foi considerado muito chuvoso para a estação de Guaratinga/BA, porém, deve-se ressaltar que, em uma simples análise das Figuras 33, 34 e 35, verifica-se que isto se justifica devido fato de que um ou dois meses do ano apresentaram totais pluviométricos muitos superiores a média, deste modo, elevou-se o total anual. Diferentemente destas estações, Aracajú/SE foi considerado seco, neste caso, vários meses apresentaram volumes pluviométricos abaixo da média. Ao longo desta análise, os aspectos que levaram a estes volumes de pluviosidade serão considerados.

4.5.2.1 Análise da pré-estação chuvosa entre Natal e Canavieiras, Ano-Padrão Normal, 2002

A forma como cada sistema e massa de ar atuou neste período será descrita a seguir:

MEA e MTA: Verifica-se nas Figuras 33, 34 e 35, que a MEA e a MTA se mostraram fortemente influenciadas pela latitude durante estes três primeiros meses do ano (janeiro a março), até mais do que no ano 2000. A MEA apresenta máxima atuação na estação de Natal/RN, atuando por 19 dias durante janeiro a março. Enquanto isso, durante estes mesmos meses, esteve totalmente ausente na estação de Caravelas/BA. O contrário também ocorre no caso da MTA, esta atuou durante 22 dias em Caravelas/BA, porém, praticamente esteve ausente em Natal/RN, atuando por apenas 1 dia em fevereiro. Isto mostra que durante este período, estas massas atuam de forma inversamente proporcional na Zona da Mata, pois, enquanto uma, é bastante presente em um extremo deste setor, a outra é praticamente ausente e vice versa.

Figura 33 – Síntese da frequência mensal dos sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes entre as estações de Natal a Maceió no Ano-Padrão Normal 2002

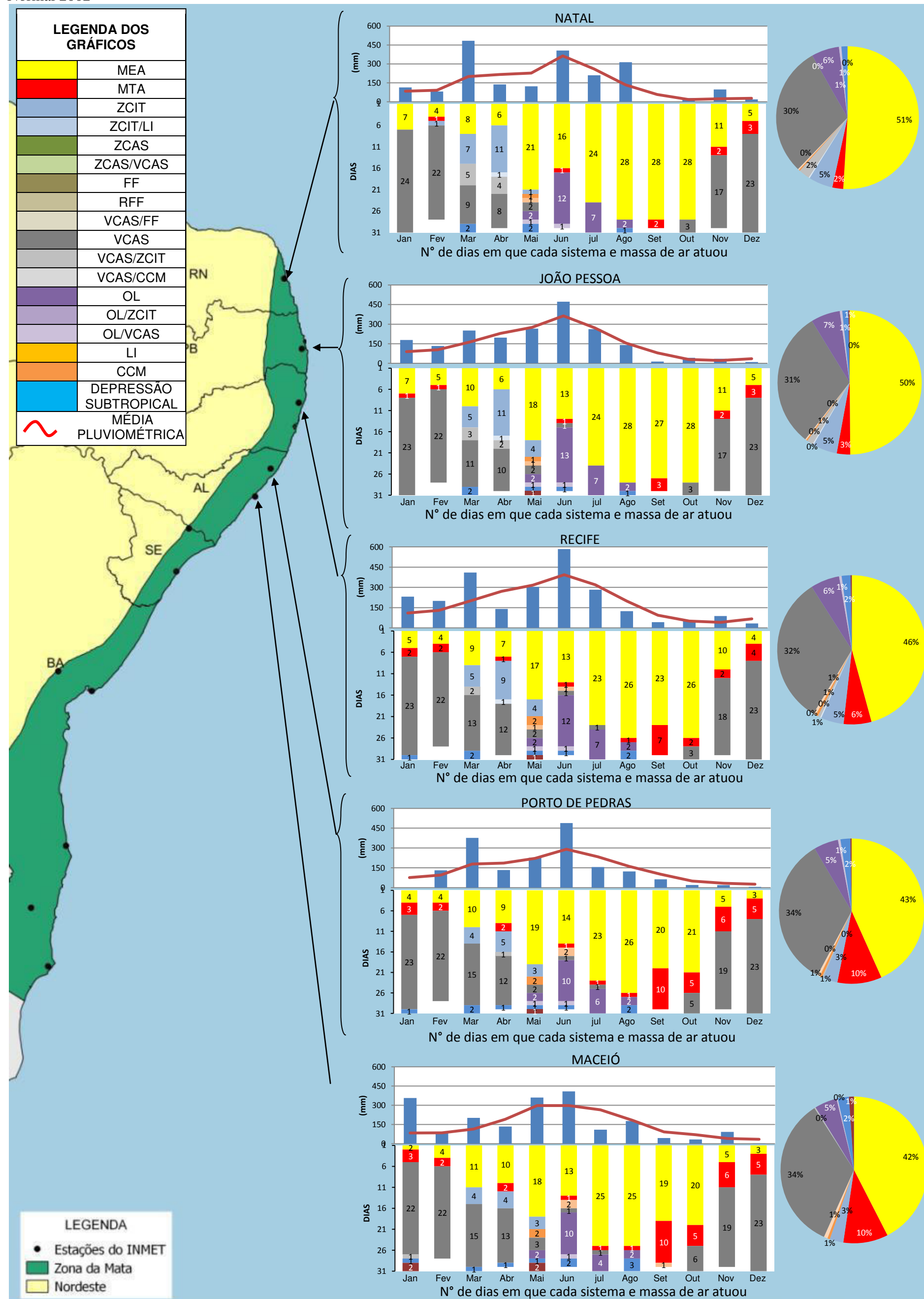


Figura 34 – Síntese da frequência mensal dos sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes entre as estações de Propriá a Canavieiras no Ano-
Padrão Normal 2002

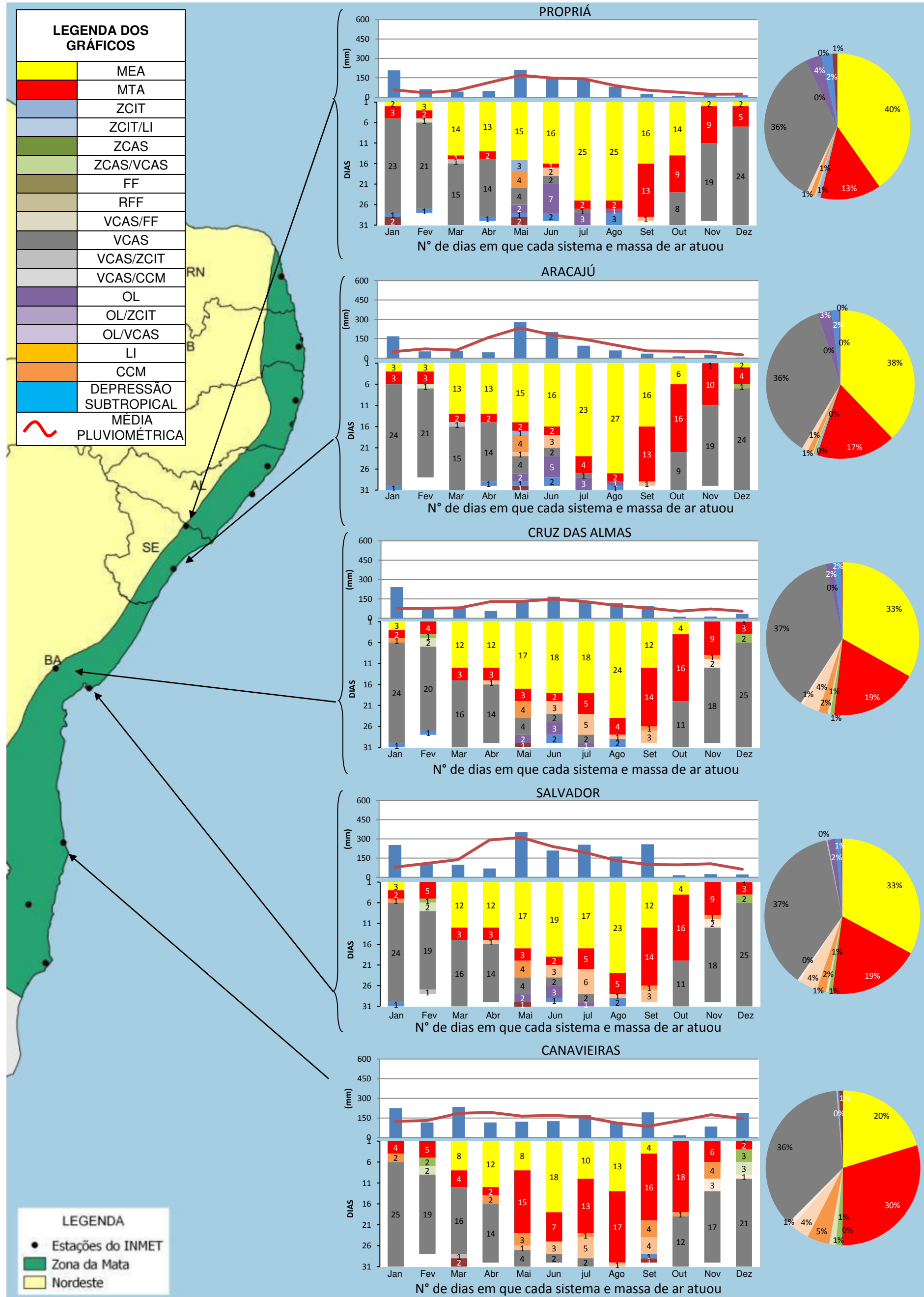
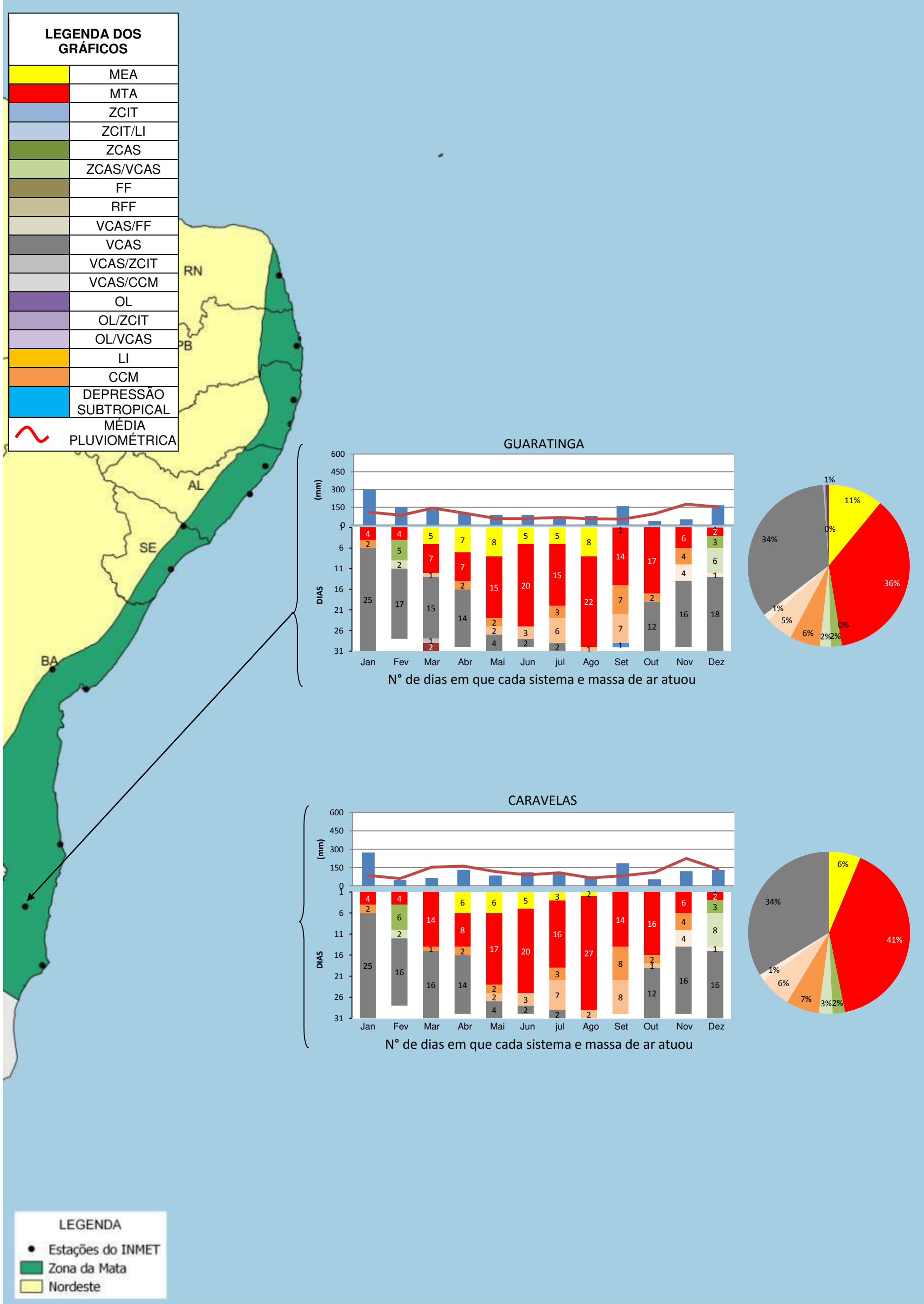


Figura 35 – Síntese da frequência mensal dos sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes entre as estações de Guaratinga e Caravelas no Ano-Padrão Normal 2002



Apesar destas características, a massa de ar que atuou por um número maior de dias na maioria das estações foi a MEA, sendo assim, esta é a massa que predomina na Zona da Mata durante a pré-estação chuvosa entre Natal/RN e Caravelas/BA e durante os dois últimos meses da estação chuvosa para Guaratinga/BA e Caravelas/BA. O sistema atmosférico produtor de chuvas que predominou na Zona da Mata nestes meses, foi mais uma vez o VCAS.

ZCIT: Nesta pré-estação chuvosa a ZCIT atuou de forma significativa apenas no mês de março. Em fevereiro este sistema também atuou sobre Natal, porém, por apenas um dia. Neste ano a estação mais ao sul que registrou influências da ZCIT foi Maceió/AL, onde, este sistema atuou por apenas 4 dias durante o mês de março. A estação que sofreu maior influência desse sistema durante esta pré-estação chuvosa foi Natal/RN que registrou a influência da ZCIT por 12 dias, sendo 7 dias de forma isolada e 5 em associação com VCAS. Esta associação resulta em geral, em intensa pluviosidade, uma vez que ambos os sistemas apresentam condições favoráveis à produção de chuvas, ampliando assim, o potencial para a produção destas.

A partir de uma breve análise dos climogramas presentes nas Figuras 33, 34 e 35, verifica-se que em todas as estações entre Natal/RN a Maceió/AL, o mês de março apresentou pluviosidade mensal muito superior a média, isto foi resultado da atuação da ZCIT e dos VCAS, contribuindo assim, para que este ano fosse considerado chuvoso em Natal/RN, onde, o mês de março foi o principal responsável por isto. Somando a pluviosidade diária provocada pela ZCIT quando atuou só ou em conjunto com os VCAS durante o mês de março, chega-se a um acumulado mensal de 339,3 mm/mês. Este total equivale a 139,1mm a mais que a média para o mês na estação de Natal/RN.

ZCAS: Com respeito a este sistema, as ZCAS atuaram na área de estudo somente no mês de fevereiro, neste mês, houve dois episódios deste sistema segundo o boletim climanálise³² (CPTEC/INPE, 2002), em ambos, este sistema atuou sobre o NEB. No geral, este sistema atuou durante um período máximo de 8 dias (em Caravelas/BA), sendo dois dias associado com um VCAS. Este sistema atuou por um período bem maior sobre Guaratinga/BA e Caravelas/BA, reduzindo sua atuação em Cruz das Almas/BA para apenas 3 dias. Isto demonstra o quanto este sistema tem sua participação na produção das chuvas limitada ao extremo sul da Zona da Mata. Excepcionalmente este sistema atuou além do

³² Em alguns casos em que a ZCAS esteve configurada, não houve o relato nos boletins, o contrário também ocorreu, o que dificultou relatar com precisão a quantidade de vezes em que este sistema se configurou sobre o Brasil em alguns meses.

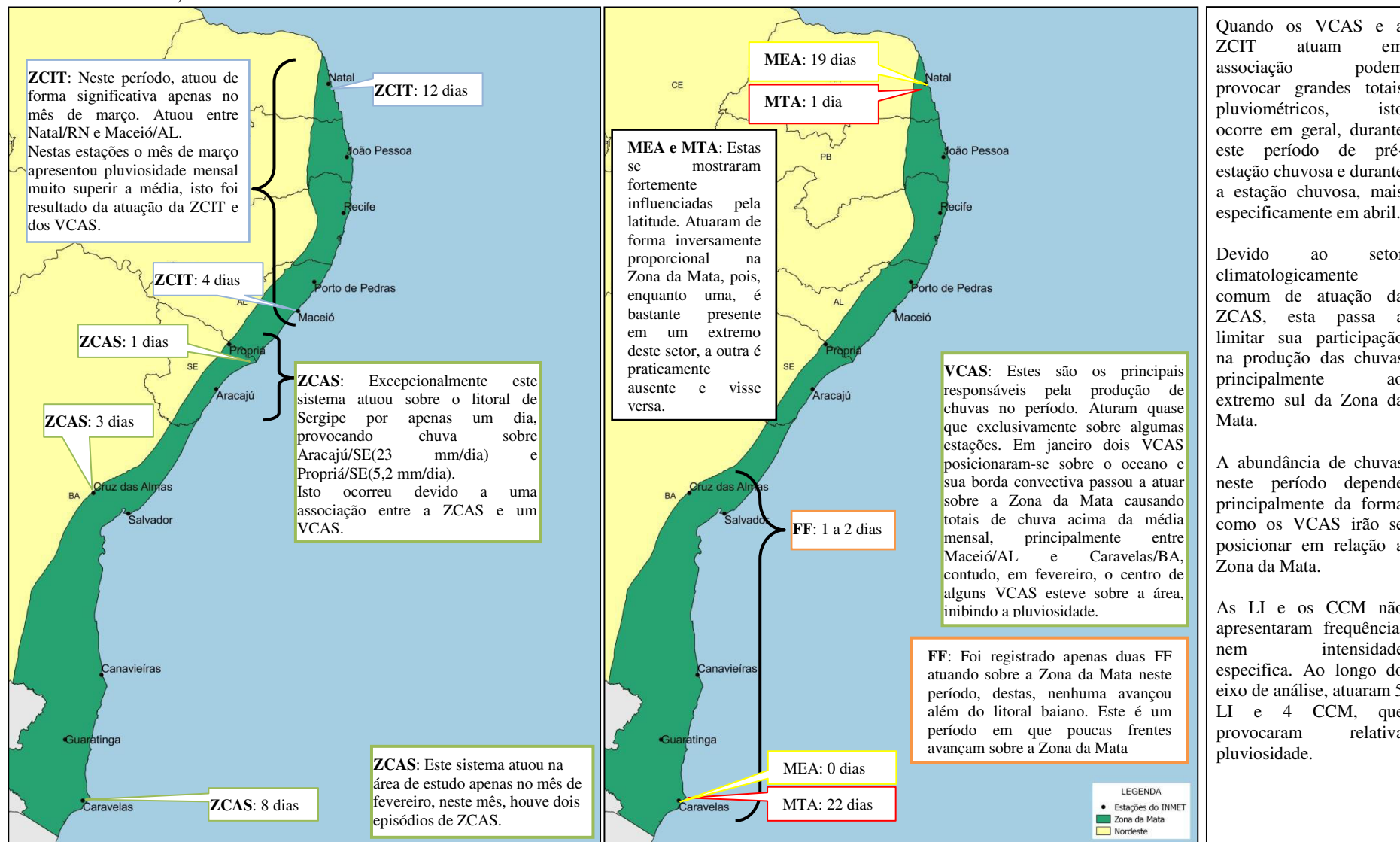
litoral baiano, provocando chuva sobre Aracajú/SE (23 mm/dia) e Propriá/SE (5,2 mm/dia) durante um único dia, quando sua nebulosidade esteve associada a um VCAS.

FF: Estas apresentaram pouca participação durante o período. Registraram-se apenas duas FF (uma em janeiro e outra em março) atuando sobre a Zona da Mata, destas, nenhuma avançou além do litoral baiano. Em janeiro atuaram sobre o Brasil 6 FF, em fevereiro foram 4 FF e em março 7 FF segundo o boletim climáanalise (CPTEC/INPE, 2002).

VCAS: Mais uma vez estes se mostraram bastante participativos. Estes foram responsáveis por elevados totais pluviométricos diários e mensais. Durante os meses de janeiro, fevereiro e março estes sistemas atuaram quase que exclusivamente sobre algumas das estações consideradas na análise, sendo responsáveis por quase toda a pluviosidade mensal precipitada em algumas destas. Observa-se que entre Maceió/AL a Caravelas/BA (Figuras 33, 34 e 35), o mês de janeiro foi bastante chuvoso, apresentando totais pluviométricos mensais bem superiores à média, isto ocorreu devido ao fato de que, dois VCAS, ao atuarem, mantiveram seu centro sobre o oceano Atlântico e sua borda convectiva oeste sobre a Zona da Mata, causando assim, bastante pluviosidade onde se encontram as referidas estações. No mês de fevereiro, esta situação não se repetiu, assim, apesar de terem atuando por muitos dias, os VCAS posicionaram-se de forma a manter a porção central sobre a Zona da Mata, reduzindo assim, a pluviosidade mensal. Diante disto, conclui-se que a abundância de chuvas neste período depende principalmente da forma como os VCAS irão se posicionar em relação a Zona da Mata.

LI e CCM: Estes atuaram por poucos dias e em poucas estações durante o período analisado. Ao longo do eixo de análise, atuaram 5 LI, que provocaram relativa pluviosidade. Um destaque pode ser dado ao dia 11/01 quando uma LI provocou pluviosidade considerável em várias estações do setor, causando 70 mm/dia em Maceió/AL. Quanto aos CCM, estes sistemas também atuaram sobre a Zona da Mata durante o período analisado, porém, não apresentaram grandes dimensões. Dois destes correram no mês de janeiro, provocando leves chuvas em Maceió/AL e Propriá/SE, e, dois no mês de março, também provocando pouca chuva, porém, em Guaratinga/BA e Caravelas/BA. Segue abaixo a figura 36 que apresenta uma breve síntese da análise feita neste tópico

Figura 36 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante a pré-estação chuvosa entre Natal/RN e Canavieiras/BA, Ano-Padrão 2002



Quando os VCAS e a ZCIT atuam em associação podem provocar grandes totais pluviométricos, isto ocorre em geral, durante este período de pré-estação chuvosa e durante a estação chuvosa, mais especificamente em abril.

Devido ao setor climatologicamente comum de atuação da ZCAS, esta passa a limitar sua participação na produção das chuvas principalmente ao extremo sul da Zona da Mata.

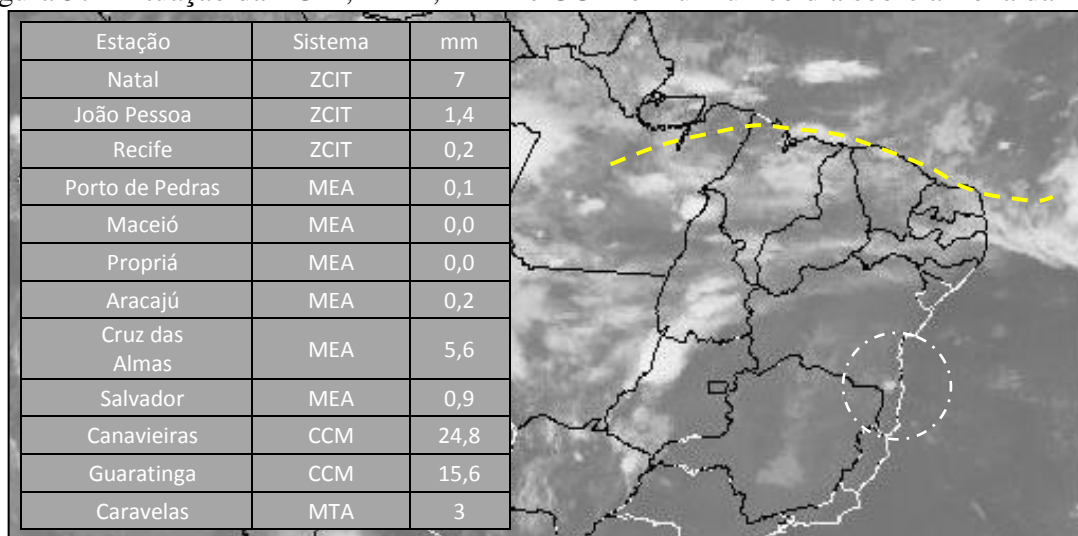
A abundância de chuvas neste período depende principalmente da forma como os VCAS irão se posicionar em relação a Zona da Mata.

As LI e os CCM não apresentaram frequência, nem intensidade específica. Ao longo do eixo de análise, atuaram 5 LI e 4 CCM, que provocaram relativa pluviosidade.

Análise de Episódio, 10 de março de 2002

No dia 10 de março de 2002 observou-se a atuação da ZCIT, de um CCM, da MEA e da MTA sobre a Zona da Mata (Figura 37, 38), assim, este dia foi escolhido para análise mais detalhada devido à excepcionalidade no número de sistemas atuantes sobre a área de estudo.

Figura 37 - Atuação da ZCIT, MEA, MTA e CCM em um único dia sobre a Zona da Mata



Fonte: CPTEC/INPE. Imagem do GOES - 8 IR, referente às 08 horas GTM do dia 10/03/2002. A linha tracejada em amarelo indica a ZCIT e o círculo em branco indica o CCM.

Figura 38 – Direção dos ventos sobre a Zona da Mata no dia 10 de março de 2002

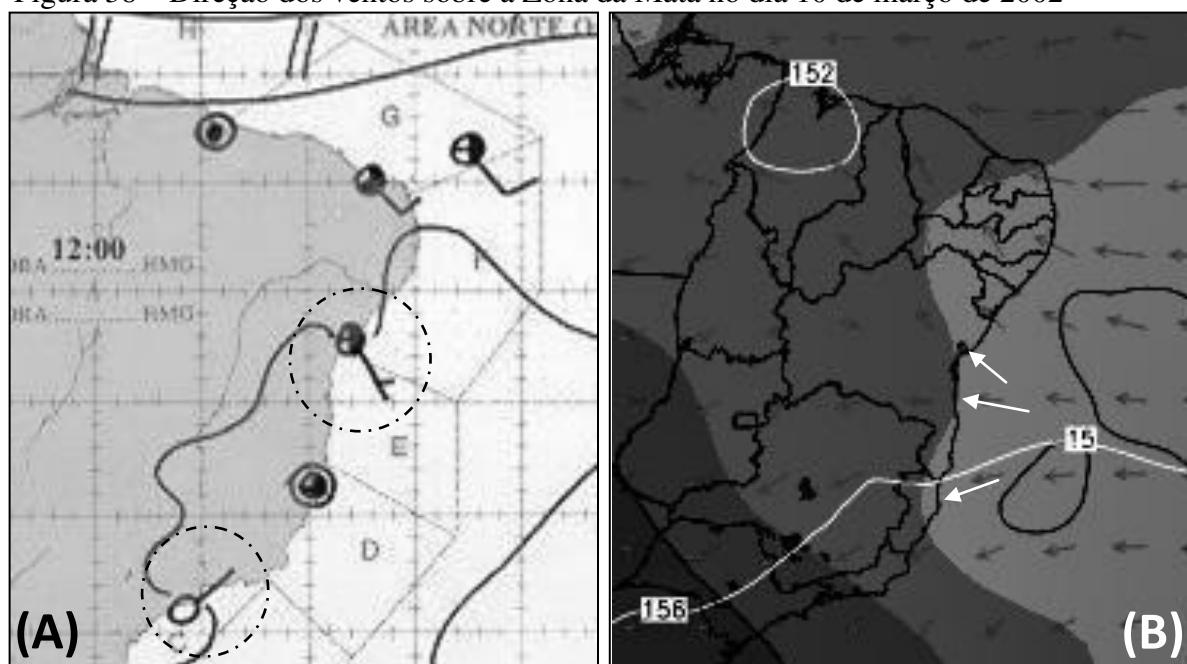


Figura A: Carta sinótica de superfície da Marinha do Brasil (12 horas GTM do dia 10 de março de 2002). Figura B: Carta de reanálise ilustrando os ventos a 850 hPa às 12 horas GTM do mesmo dia. Disponibilizada pelo site MeteoPT. O círculo tracejado em preto na figura A e as setas em branco na figura B indicam a direção dos ventos.

A ZCIT atuou entre as estações de Natal/RN a Recife/PE, no norte desta região, enquanto o CCM atuou sobre as estações de Canavieiras/BA e Guaratinga/BA, no sul desta área. Nas estações onde a ZCIT e o CCM não atuaram, a MEA e a MTA foram responsáveis pela relativa estabilidade atmosférica.

Na Figura 37, a linha tracejada em amarelo indica a ZCIT. Observa-se que este sistema esteve provocando bastante nebulosidade sobre o norte da Zona da Mata e sua posição está relativamente mais a sul do que é evidenciado na carta sinótica (Figura 38 A). Este sistema provocou relativa nebulosidade, baixos níveis de insolação e pouca pluviosidade sobre as estações de Natal/RN, João Pessoa/PB e Recife/PE.

Tratando do CCM, este teve sua gênese sobre o litoral de Canavieiras/BA durante a madrugada, às 4 horas GTM. Este sistema apresentou rápido deslocamento longitudinal e pequena dimensão, provocando 24,8 mm/dia em Canavieiras e 15,6 mm/dia em Guaratinga/BA. Após as 8 horas GTM este CCM passou a se dissipar-se, porém, afetou as condições do tempo local ao longo do dia, como a nebulosidade, insolação e umidade relativa. Nas demais estações, observou-se o predomínio da massa equatorial e tropical atlântica. A diferenciação destas massas está ligada ao direcionamento dos ventos alísios. Observa-se no extremo sul da Zona da Mata, sobre a estação de Caravelas/BA, que os ventos apresentam um direcionamento de leste/nordeste para sudoeste, enquanto que, a partir da estação de Salvador/BA, os ventos já apresentam direcionamento no sentido contrário, ou seja, de sudeste para noroeste (Figura 38 A e B). A MEA está ligada aos ventos com direcionamento para noroeste, enquanto a MTA está relacionada aos ventos com direcionamento para sul ou sudoeste. Também se observa que neste caso, as estações de Canavieiras/BA e Guaratinga/BA estavam no limite entre o domínio da MEA e da MTA, contudo, estiveram sob influências do CCM.

4.5.2.2 Análise da quadra chuvosa entre Natal e Canavieiras, Ano-Padrão Normal, 2002

Os principais sistemas produtores de chuva deste quadrimestre chuvoso (abril-julho) foram a ZCIT, VCAS e OL. A ZCIT foi o principal sistema produtor de chuvas no mês de “abril” para as estações de Natal/RN e João Pessoa/PB, nas demais estações entre Recife/PE a Canavieiras/BA o sistema predominante foi o VCAS. Isto também inclui Guaratinga/BA e Caravelas/BA. No mês de “maio” vários sistemas contribuíram em conjunto para a produção das chuvas, assim, não houve destaques específicos. Em “junho e julho” os principais sistemas responsáveis pelas chuvas foram as OL e as FF.

A partir da observação das Figuras 33, 34 e 35, nota-se que assim como no ano 2000, a MEA foi a massa de ar predominante entre abril a julho em praticamente todo o eixo, porém, observa-se que entre Canavieiras/BA e Guaratinga/BA, durante este período, existe uma abrupta diminuição da atuação mensal desta massa de ar. Verifica-se que em Canavieiras/BA a MEA atuou por um total de 48 dias ao longo dos 4 meses em questão, enquanto que, em Guaratinga/BA, este período diminui para 25 dias, isto ocorre porque a atuação da MTA é predominante sobre as estações do extremo sul da Zona da Mata, ou seja, Guaratinga/BA e Caravelas/BA, contudo, foi praticamente ausente nas estações ao norte, como Natal/RN e João Pessoa/PB.

Estes dados indicam que a estação de Canavieiras/BA representa o limite entre a área de maior atuação da MTA no extremo sul e a área de maior atuação da MEA entre Natal/RN e Canavieiras/BA. Apesar destas duas massas terem atuado praticamente sobre toda a Zona da Mata, a MEA apresenta uma atuação mensal maior em relação à MTA que se limita muito mais ao extremo sul. A seguir, a atuação dos sistemas será detalhada de forma mensal:

“Abril”: Neste mês a ZCIT foi responsável por boa parte da pluviosidade para as estações de Natal/RN e João Pessoa/PB. Neste ano 2002, o limite sul de sua atuação foi Aracajú/SE. Em maio, a ZCIT atuou por poucos dias sobre a Zona da Mata. As estações em que este sistema predominou por um número maior de dias foi em Natal/RN e João Pessoa/PB, reduzindo sua atuação mensal à medida que se avança ao centro da Zona da Mata. Em maio, devido a dois eventos excepcionais ocorridos, este sistema atuou duas vezes sobre Propriá/SE e uma vez em Aracajú/SE.

No mês de “abril”, os VCAS foram predominantes onde a ZCIT não exerceu influência considerável, ou seja, nas 8 estações entre Porto de Pedras e Caravelas/BA, contudo, ao se analisar os climogramas presentes nas Figuras 33, 34 e 35 observa-se que a pluviosidade deste mês foi bem abaixo da média nas dez estações entre Natal/RN e Canavieiras/BA. As únicas exceções foram Guaratinga/BA e Caravelas/BA, pois, naturalmente já possuem a média deste mês baixa em relação às demais estações.

Estes baixos volumes de chuva em abril, entre Natal/RN e Canavieiras/BA se justificam devido a dois fatores relacionados aos VCAS: Primeiro, os vórtices não se apresentaram intensos, sendo até mesmo difícil, em alguns dias, a sua identificação a partir da análise sinótica; e, segundo, se posicionaram de modo em que seus centros permaneceram sobre a Zona da Mata pela maior parte do tempo.

“Maio”: Neste mês não houve apenas um sistema atmosférico conhecido por produzir chuvas que atuasse por um tempo relativamente maior de dias em relação aos outros (Figuras

33, 34 e 35). Entre as estações de Natal/RN até Salvador/BA, os VCAS, as FF e as OL atuaram por um número de dias bem semelhante (entre 2 a 4 dias). Em algumas destas estações, a ZCIT, as LI e os CCM também atuaram. A somatória dos poucos dias em que cada um destes sistemas atuou chega a ser de 16 dias (estação de Propriá/SE), ou seja, praticamente metade do mês. Isto permitiu que o total pluviométrico mensal destas estações, com exceção de Natal³³, fosse próximo ou acima da média (Figuras 33, 34 e 35). Isto pode ser exemplificado com os totais pluviométricos de Propriá/SE. Os 16 dias que atuaram a ZCIT, FF, VCAS, OL, LI e os CCM somaram 205,3 mm, praticamente o total mensal que foi de 212,2 mm (o resto da pluviosidade foi provocada pelas massas). Na estação de Canavieiras/BA que não foi mencionada, a pluviosidade foi provocada apenas pelas FF e pelos VCAS.

Assim como no ano 2000, os VCAS “praticamente deixam de atuar sobre a Zona da Mata a partir de maio” e só voltam a atuar neste setor em outubro, de forma excepcional, houve configuração de VCAS por poucos dias em maio, junho e julho.

“Junho e Julho”: Com respeito aos meses de junho e julho, as OL e as FF foram os sistemas produtores de chuva que atuaram por mais tempo na Zona da Mata. A OL foi o sistema produtor de chuvas que mais esteve presente nestes meses entre Natal/RN e Aracajú/SE, tendo atuado por alguns dias também em Cruz das Almas/BA e Salvador/BA. As OL atuaram por um máximo de 23 dias (registro da estação de João Pessoa/PB). Estas iniciaram sua atuação em maio, durante poucos dias, tendo uma maior participação na produção das chuvas em “junho”, atuando por quase metade do mês, o que explica os totais pluviométricos acima da média em muitas estações do centro norte da Zona da Mata. Uma prova disto, é o exemplo dos registros na estação de Recife/PE. Nesta, as OL atuaram em junho por 13 dias, sendo um destes dias em associação com os VCAS. Durante esses dias, as OL provocaram 504,7 mm (Apêndice B1).

Dois eventos acima de 100 mm/dia relacionados às OL foram registrados. Um em Recife/PE (141,1 mm no dia 08/06) e outro em Porto de Pedras/AL (113,9 mm no dia 20/06).

Em todo este quadrimestre chuvoso as OL atuaram sobre um número de dias bem menor que no ano 2000, o que se reflete diretamente nos totais pluviométricos, totais estes, que não foram tão elevados quando ao ano 2000.

Em julho, entre as estações de Natal/RN e Aracajú/SE, a OL foi praticamente o único sistema atuante conhecido por provocar razoáveis totais pluviométricos, uma vez que, um

³³ O baixo volume de chuva registrado neste mês em Natal se justifica devido ao fato de que a ZCIT, VCAS e FF atuaram por menos dias nesta estação.

único VCAS atuou por um dia, enquanto as FF, LI e CCM também não atuaram neste mês. Este fator e o fato de que as OL atuaram por poucos dias, explica a pluviosidade abaixo da média em algumas das estações influenciadas por este sistema. As OL também atuaram por alguns dias, sobre as estações de Cruz das Almas/BA e Salvador/BA, conforme se pode verificar na Figura 33 e Apêndice B3. Durante esses dias, as OL apresentaram maiores dimensões ou atuaram na porção central da Zona da Mata, atingindo as áreas circunvizinhas ao norte e ao sul.

As FF foram os principais sistemas produtores de chuva em “julho” entre Cruz das Almas/BA, Salvador/BA, Canavieiras/BA e Caravelas/BA onde, as OL não exercem influência significativa. É importante mencionar que mesmo nesta porção da Zona da Mata as FF não atuaram por muitos dias em junho, assim, registrou-se apenas 3 dias de atuação deste sistema. Neste ano considerado normal, as FF atuaram por poucos dias sobre a Zona da Mata durante o mês de junho, diferentemente de julho, que apresentou um número de dias bem maior sob a influência desse sistema.

As FF são praticamente os únicos sistemas com maior potencial para produção de chuvas que atuam durante maio, junho e julho (em abril atuam os VCAS) no litoral baiano, portanto, quando atuam com menor intensidade reduzem as chuvas, não só Guaratinga/BA e Caravelas/BA como também Canavieiras/BA, Salvador/BA e Cruz das Almas/BA que estão no quadrimestre chuvoso. No entanto, outros fatores, como as massas de ar, elevam a pluviosidade nessas 3 últimas estações durante maio, junho e julho tornando estes meses parte do quadrimestre chuvoso destas estações.

Segundo o boletim climáanalise (CPTEC/INPE, 2002), entre abril e julho atuaram sobre o Brasil 25 FF, sendo 7 em abril, 5 em maio, 6 em junho e 7 em julho. Destas, atuaram sobre a Zona da Mata apenas 1 em abril, 2 em maio, 1 em junho e 3 em julho. Apesar de não terem provocado chuvas em todos os dias em que atuaram, as FF foram responsáveis por ocasionais dias com elevados totais de pluviosidade diária, a exemplo da FF que atuou em forma de repercussão em Salvador/BA entre os dias 15 a 18 de julho. Nos três primeiros dias, esta RFF só havia causado pluviosidade abaixo dos 6 mm/dia, contudo, na madrugada entre o dia 17 e o dia 18, provocou 108 mm.

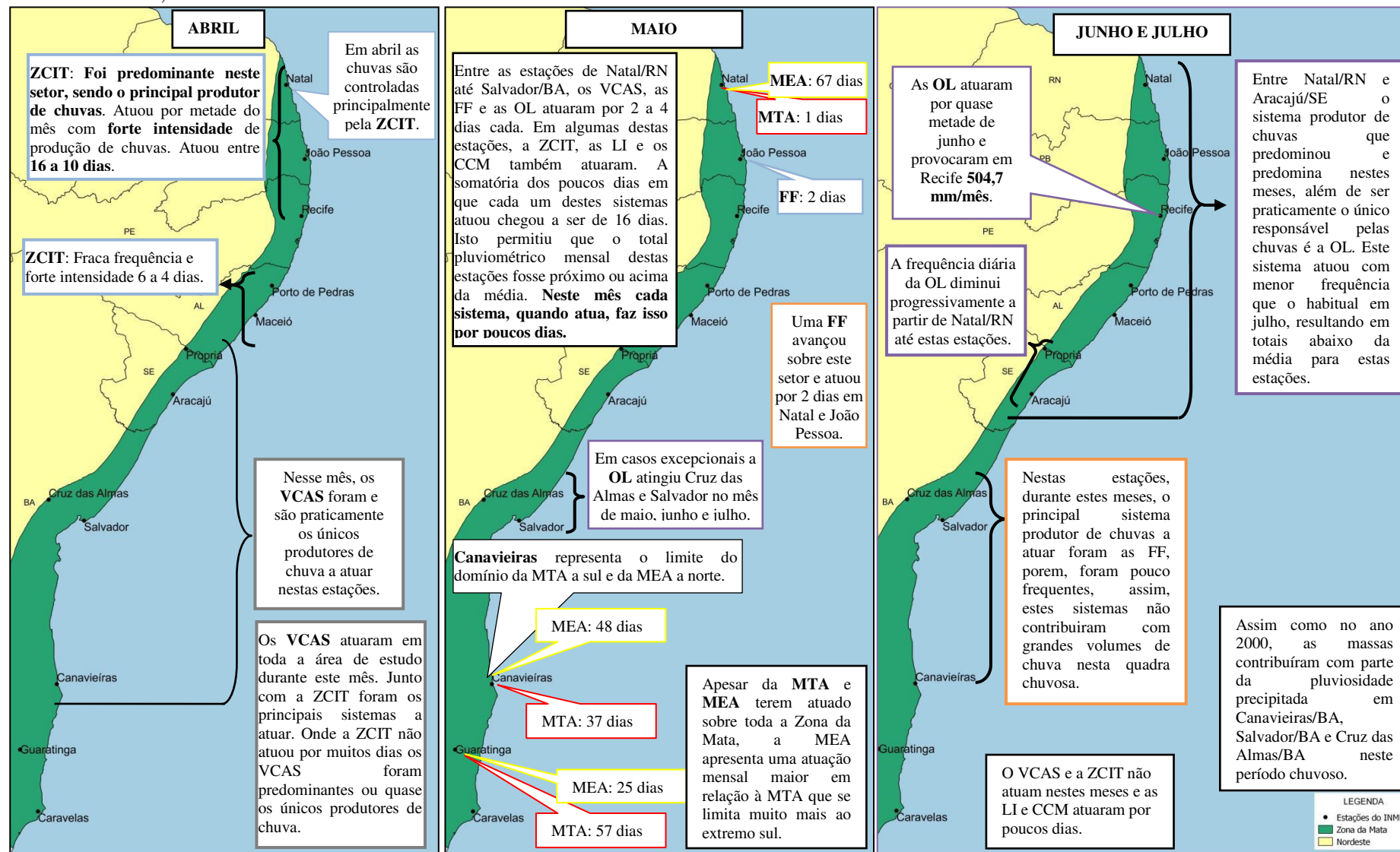
Tratando das LI e dos CCM, estes atuaram durante os meses de abril a julho por pouquíssimos dias. Sendo ausentes em Canavieiras/BA. Nestes quatro meses atuaram 5 LI sobre a Zona da Mata, permanecendo por um a dois dias de cada mês. Estas LI não provocaram grandes totais de pluviosidade diária em nenhuma das 10 estações em que atuaram. Quanto aos CCM, sua participação na produção das chuvas sobre a Zona da Mata foi

ainda menor. Apenas dois CCM atuaram durante o mês de maio entre as estações de João Pessoa/PB a Salvador/BA. Não atuando, portanto, em abril, junho e julho. Os complexos foram ausentes em Natal/RN e Canavieiras/BA. Estes complexos apresentaram pequena dimensão e não provocaram chuvas significativas.

Por ultimo, resta descrever a influência das MTA e MEA sobre a pluviosidade do litoral baiano, uma vez que estas massas contribuíram para maiores índices de pluviosidade em Salvador/BA durante seu quadrimestre chuvoso do ano 2000. Deste modo, deve-se ressaltar que a influência das MTA e MEA sobre a pluviosidade desta porção da Zona da Mata foi bem menos significativa neste ano de 2002. Isto pode ser observado ao se verificar a pluviosidade provocada por tais massas em maio (mês que também serviu de exemplo no ano 2000). Neste mês, a estação de Salvador/BA registrou 351,6 mm/mês, destes, 316,4 mm foram provocados pelos demais sistemas atmosféricos e apenas 35,2 mm foram provocados pelas massas de ar.

A mesma situação se repete para todas as outras estações presentes no litoral baiano, a exemplo de Cruz das Almas/BA e Canavieiras/BA. Cruz das Almas/BA registrou em maio 85,4 mm/mês, destes, 39 mm foram provocados pelas massas, enquanto que, em Canavieiras/BA registrou-se 122,3 mm mensais, destes, as massas foram responsáveis por apenas 32,1 mm. Isto ilustra o quanto a influência das massas de ar foi inferior ao observado no ano 2000. É provável que isto tenha ocorrido pelo fato de que esse ano 2002 foi considerado normal em praticamente toda a Zona da Mata e as condições que levaram aos maiores índices de pluviosidade em 2000 não são as mesmas, afetando também a capacidade das massas de ar de produzirem chuva, porém, mesmo diante disto, observa-se que a pluviosidade deste quadrimestre chuvoso em Salvador/BA ainda foi sensivelmente maior que nas outras estações do litoral baiano. Abaixo segue a Figura 39 que sintetiza a análise realizada neste tópico.

Figura 39 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante a quadra chuvosa entre Natal/RN e Canavieiras/BA, Ano-Padrão 2002



Análise de episódio, 31 de maio de 2002

Um caso excepcional ocorrido na Zona da Mata durante este quadrimestre chuvoso foi o fato de que uma OL adentrou um VCAS que estava atuando sobre o Nordeste no dia 31 de maio de 2002 (Figura 40). Observa-se a partir de imagens do GOES-8 IR (disponibilizadas pelo CPTEC/INPE) que este VCAS esteve atuando desde o dia 29 (Apêndices B1,2,3 e 4), porém, com fraca intensidade. Durante a madrugada do dia 31, verifica-se a atuação de uma OL sobre o litoral norte da Zona da Mata, mais especificamente sobre o Rio Grande do Norte. Ao passar das horas, este sistema intensifica-se, assim, a partir das 12 horas GTM, esta OL passa a apresentar grandes dimensões, atingindo sua maior expressão a noite, após as 21 horas GTM. Esta OL dissipou-se no dia 01 de junho.

Figura 40 – OL atuando no interior de um VCAS

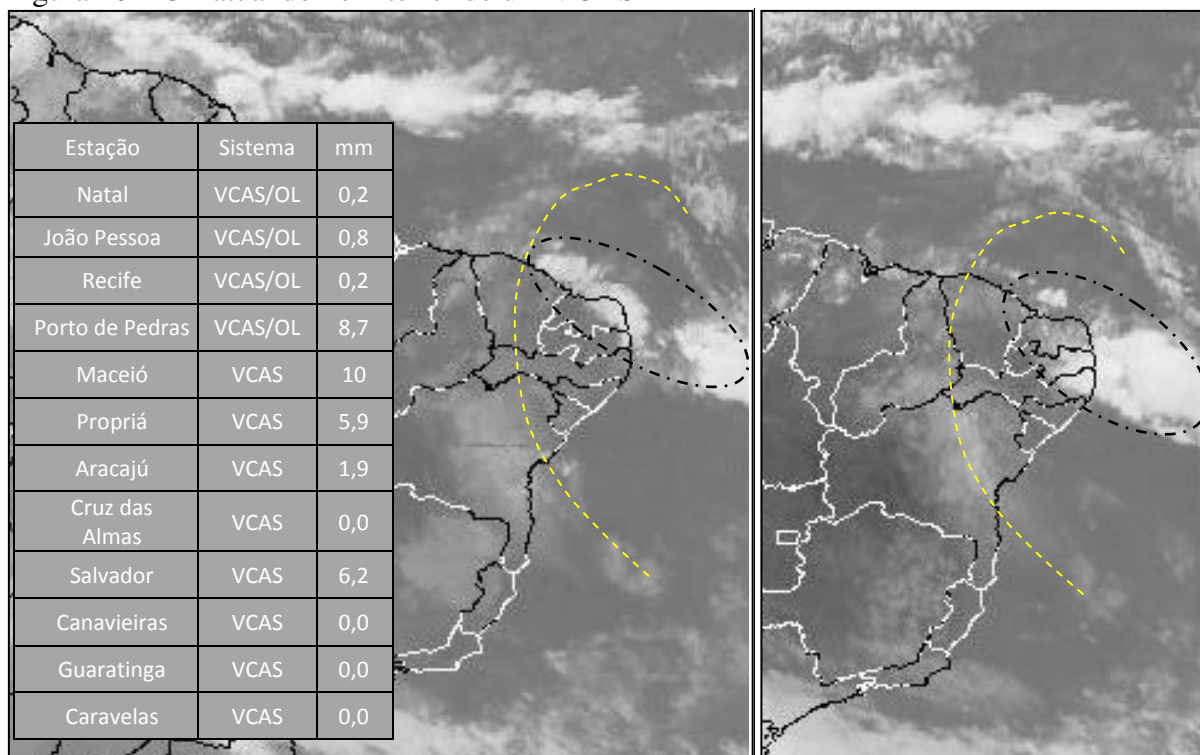


Figura A e B: Imagens do GOES – 8 IR, disponibilizadas pelo CPTEC/INPE. Figura A corresponde às 12 horas GTM e a figura B é referente às 16 horas GTM do dia 31 de maio de 2002. A linha em amarelo indica o VCAS e o círculo em preto indica a OL.

Conforme se observa na Figura 40, no dia 31 este sistema não provocou chuvas intensas sobre a Zona da Mata, porém, no dia seguinte, foi computado chuva acima de 30 mm/dia em Natal/RN, João Pessoa/PB e Recife/PE. Este evento também foi identificado pelo boletim climanálise do CPTEC/INPE (2002) referente ao mês em questão.

Esta situação demonstra a grande dinâmica atmosférica existente sobre a Zona da Mata (principalmente sobre as estações mais ao norte deste setor), uma vez que, devido ao grande número de sistemas atuantes sobre esta área, alguns sistemas chegam a atuar em conjunto ou até se sobrepor diante de outros sistemas que já estejam atuando. Tudo isto tem como resultado as altas médias pluviométricas anuais e mensais (no caso do quadrimestre chuvoso) de algumas estações presentes nesta região.

4.5.2.3 Análise do pós-quadra chuvosa entre Natal e Canavieiras, Ano-Padrão Normal, 2002

O período em análise é considerado seco em todas as estações entre Natal/RN a Cruz das Almas/BA com volumes pluviométricos próximos a zero, diferenciando-se apenas em Salvador/BA e Canavieiras/BA, que apresentaram relativa pluviosidade. Canavieiras/BA também apresentou um maior volume de pluviosidade no mês de dezembro, isto também ocorreu no ano 2000 e se explica devido à proximidade com a área onde se encontram as estações de Guaratinga/BA e Caravelas/BA, onde, este mês é considerado chuvoso. Deste modo, as mesmas condições que afetam estas duas últimas estações, tornando este mês chuvoso, acabam afetando Canavieiras/BA.

MEA e MTA: As massas de ar seguiram o mesmo padrão que foi observado no ano 2000, porém, atuaram por um número maior de dias em algumas estações. A MEA atuou por praticamente todo o mês de agosto e setembro, reduzindo este predomínio em outubro, e, sendo praticamente ausente em várias estações durante novembro e dezembro, devido a forte presença dos VCAS. Durante estes 5 meses (agosto-dezembro) analisados, a atuação da MEA também sofreu grande redução à medida que se avança a análise ao sul da Zona da Mata, perdendo espaço para a MTA.

Assim como a MEA, a MTA também atuou por poucos dias em novembro e dezembro, devido aos VCAS. Esta massa sofre grande redução em sua atuação à medida de que se avança ao norte da Zona da Mata, sendo ausente em alguns meses nas estações de Natal/RN e João Pessoa/PB. Apesar disto, é notório que esta massa torna-se mais persistente sobre as estações ao norte da área de estudo em novembro e dezembro.

Mesmo atuando por um considerável número de dias, a MEA e a MTA já não apresentam as mesmas condições para produção de chuvas que apresentaram no período chuvoso.

ZCAS: Tratando da ZCAS esta atuou apenas no mês de dezembro, onde foi registrado dois eventos deste sistema. Este sistema foi responsável por parte da pluviosidade mensal de

dezembro nestas estações. Em um destes eventos de ZCAS, esta chegou a atuar de forma excepcional em Aracajú/SE, durante um único dia, isto ocorreu no dia 28 de dezembro, neste dia, houve forte nebulosidade e baixa insolação, porém, não houve registro de pluviosidade (Apêndices B3 e 4).

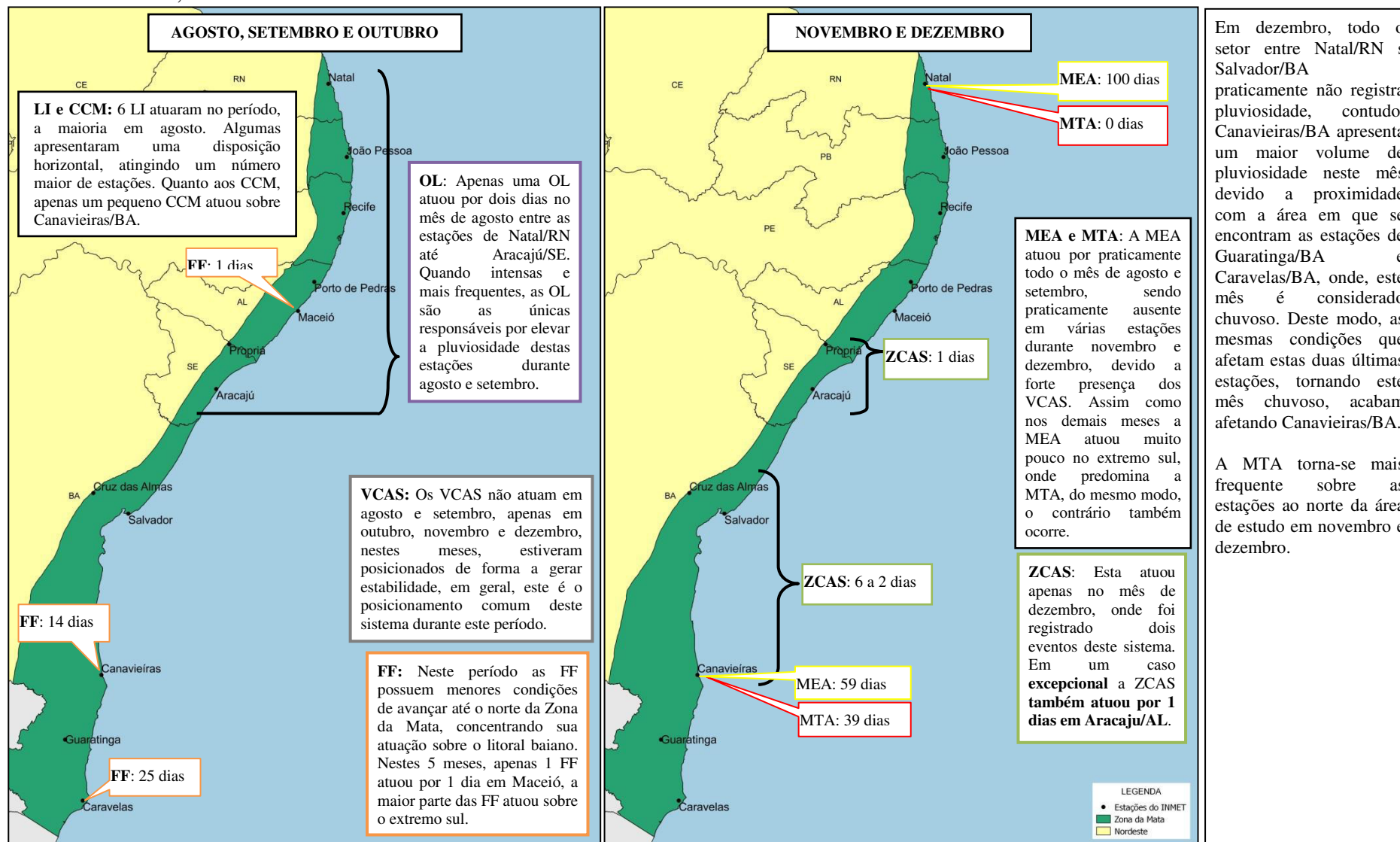
FF: Diferentemente da quadra chuvosa, onde as FF, apresentam maiores condições de avançar até as menores latitudes da Zona da Mata, chegando a atingir, durante poucos dias, a estação de Natal/RN, no pós-quadra chuvosa, as FF não conseguiram atingir as estações de Porto de Pedras/AL, Recife/PE, João Pessoa/PB e Natal/RN. Também atuaram por apenas um dia em Maceió/AL, Propriá/SE e Aracajú/SE. Deste modo, verifica-se que neste período (que corresponde em sua maior parte, a primavera austral) as FF possuem menores condições de avançar até o norte da Zona da Mata, concentrando sua atuação sobre o litoral baiano, principalmente sobre Guaratinga/BA e Caravelas/BA. Este também foi o período que mais FF atuaram sobre o extremo sul da Zona da Mata. Neste período em análise, atuaram sobre o país 6 FF em agosto, 7 em setembro, 10 em outubro, 7 em novembro e 6 em dezembro, somando assim, 36 FF. Destas, atuaram sobre a Zona da Mata, apenas 2 em agosto, 4 em setembro, 2 em outubro, 3 em novembro e 1 em dezembro, somando assim, apenas 12 FF.

VCAS: Com respeito aos VCAS, estes estiveram ausentes durante os meses de agosto e setembro, ampliando progressivamente sua atuação entre outubro, novembro e dezembro. A maior parte dos dias em que os VCAS atuaram nos meses de outubro, novembro e dezembro estiveram posicionados de forma a gerar estabilidade, uma vez que o centro destes sistemas esteve sobre o NEB, em geral, este é o posicionamento comum deste sistema durante este período.

OL: Apenas uma OL atuou por dois dias no mês de agosto entre as estações de Natal/RN até Aracajú/SE. Apesar de ter atuado por apenas 2 dias, a OL mencionada, provocou 117 mm em Natal e 41 mm em João Pessoa/PB no dia 17 de agosto. Dependendo da intensidade deste sistema, os meses de agosto e setembro podem registrar elevados totais pluviométricos.

LI e CCM: Estes mais uma vez atuaram por poucos dias. Foram registradas 6 linhas de instabilidade que atuaram em sua maioria durante o mês de agosto. Estas atuaram por poucos dias sobre as diversas estações da Zona da Mata. Algumas apresentaram uma disposição horizontal, atingindo um número menor de estações quando atuaram. Quanto aos CCM, foi registrada a atuação de apenas um pequeno complexo que atuou sobre Canavieiras/BA no dia 07 de setembro durante as primeiras horas do dia, este provocou 42,9 mm/dia. Segue abaixo a Figura 41 que sintetiza a análise feita neste tópico.

Figura 41 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante o pós-quadra chuvosa entre Natal/RN e Canavieiras/BA, Ano-Padrão 2002



Análise de episódio, 23 de agosto de 2002

Optou-se por apresentar neste tópico um caso excepcional em que se registrou pluviosidade provocada pelas massas equatorial e tropical atlântica sobre a Zona da Mata. A Figura 42 A, B e C é referente a diferentes horários do dia 23 de agosto de 2002, ilustrando assim, o comportamento da nebulosidade sobre a Zona da Mata ao longo do dia. Observa-se a presença de nuvens baixas e pouco densas advindas do oceano.

A baixa resolução das imagens do GOES- 8, somada a pouca densidade das nuvens sobre a Zona da Mata, dificulta a observação desta nebulosidade, assim, optou-se pela ampliação do contraste da Figura 35 em 40% para facilitar sua visualização.

Figura 42- Atuação das Massas Equatorial e Tropical Atlântica sobre a Zona da Mata

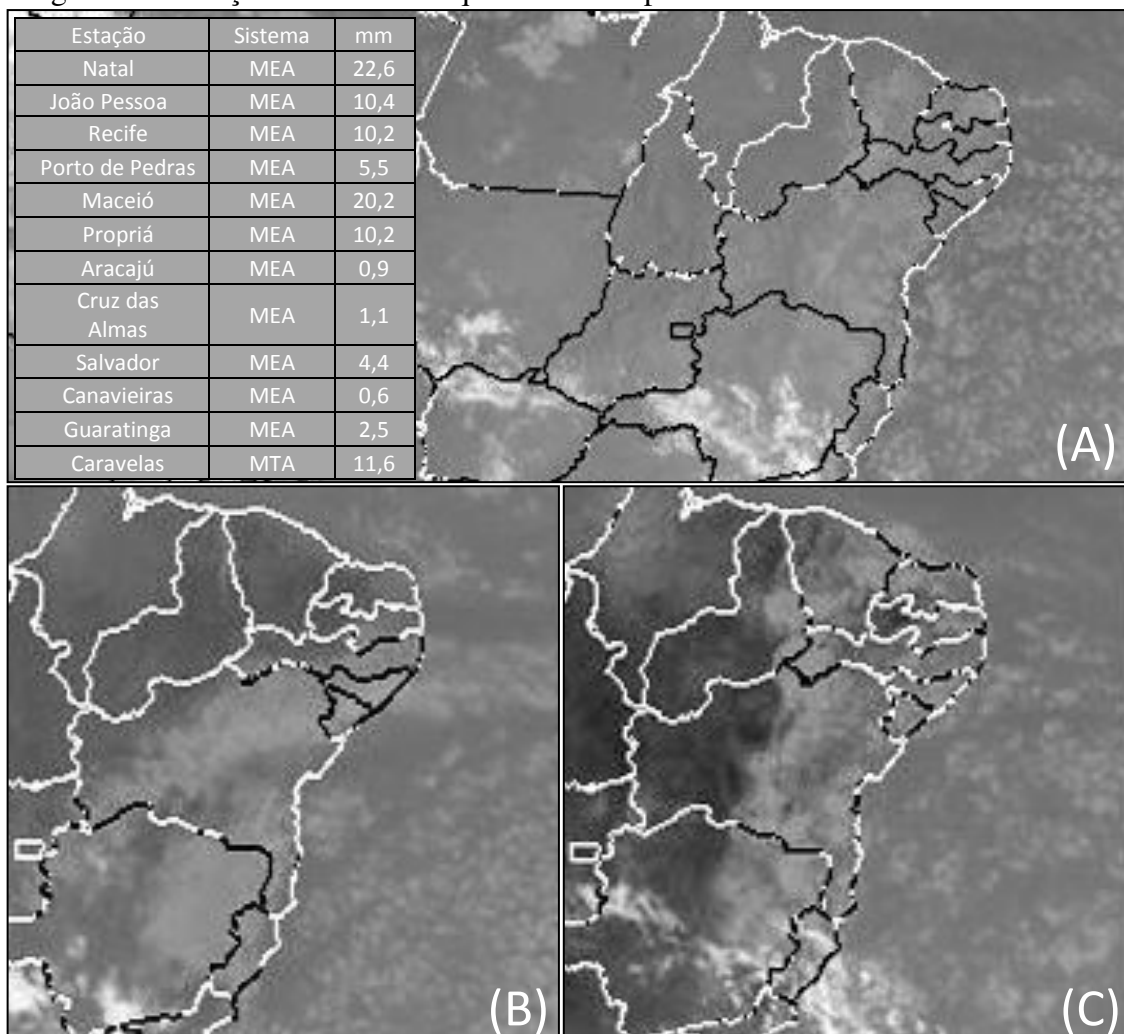
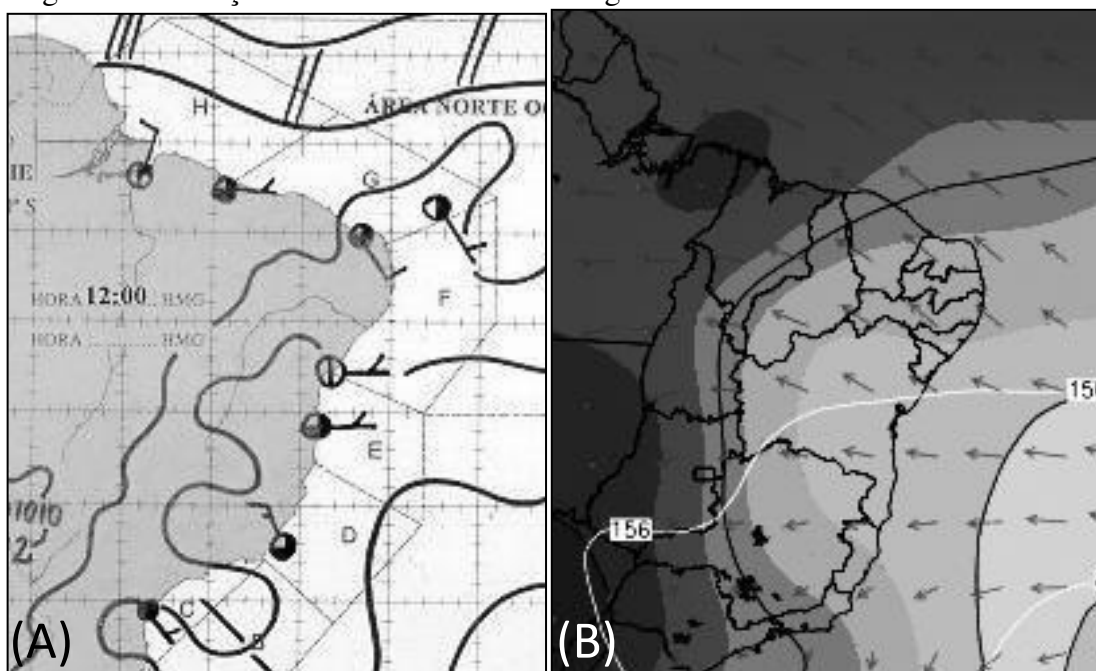


Figura A,B e C são imagens do satélite GOES – 8 IR referentes ao dia 23/08/2002, estas foram disponibilizadas pelo CPTEC/INPE. A figura A corresponde às 09:09 horas GMT, a figura B e C correspondem respectivamente às 12:09 horas e 15:09 horas GMT.

Na Figura 42, verifica-se rápida movimentação das nuvens sobre a área de estudo. Esta nebulosidade não foi o suficiente para provocar grandes volumes pluviométricos, como eventos em que a pluviosidade é intensa e dura horas, contudo, se os volumes registrados fossem constantes ao longo do mês, contribuiriam significativamente para que as médias pluviométricas mensais fossem elevadas em determinadas estações. É importante destacar que este evento ilustra como habitualmente as massas provocam pluviosidade sobre a Zona da Mata. As chuvas não são intensas e provocam baixos totais pluviométricos, na maioria dos casos as estações não registram nebulosidade que permaneça intensa durante todo o dia, os níveis de insolação são baixos ou moderados e a cobertura de nuvens observada nas imagens de satélite, em geral, apresenta com pouco desenvolvimento vertical e baixa densidade.

Verifica-se na Figura 43A que os ventos em superfície nas proximidades de Salvador/BA apresentam uma direção leste-oeste, enquanto nas proximidades de Caravelas/BA verifica-se uma sutil inclinação para nordeste no símbolo, indicando que os ventos estão soprando desta direção, assim, considera-se que a MTA está atuando sobre essa estação. A Figura 43B, em mais detalhes, confirma a atuação da MTA sobre Caravelas/BA e a atuação da MEA sobre as demais estações devido ao fato de que os ventos sopram de sudeste.

Figura 43 – Direção dos ventos no dia 23 de agosto de 2002



A Figura A é referente às 12 horas GTM e foi disponibilizada pela Marinha do Brasil a partir de solicitação. A figura B também é referente às 12 horas GTM e é uma carta de reanálise disponibilizada pelo site Meteopt.

4.5.2.4 Quadra chuvosa entre Guaratinga e Caravelas, Ano-Padrão 2002

Nestas estações, a MEA esteve praticamente ausente, enquanto a MTA esteve presente por mais dias, isto ocorre porque este é o setor de domínio da MTA. Esta massa de ar atua por grande parte dos dias de cada mês, contudo, quando os VCAS estão ativos, tendem a causar certa redução na quantidade de dias em que a MTA atua (o mesmo ocorre com a MEA), isto ocorre devido ao fato de que os VCAS permanecem ativos por vários dias, e, em certos casos, quando um VCAS se dissipa, outro o substitui.

Durante estes meses, mais de um sistema produtor de chuvas atua sobre esta área (FF, ZCAS e VCAS), o que contribui para que a pluviosidade seja levemente mais elevadas do que nos demais meses, tornando estes, o período chuvoso. Neste período também atuam as LI e CCM, porém, sem frequência definida. A seguir, segue uma descrição da atuação de cada sistema:

ZCAS: Durante o mês de novembro não houve atuação da ZCAS sobre estas estações, porém, em dezembro, foi observado dois eventos nos quais este sistema atuou por um total de 11 dias, sendo 3 de forma individual e 8 associada aos VCAS. Este sistema foi responsável por parte da pluviosidade mensal de dezembro entre as estações de Canavieiras/BA a Caravelas/BA. Provocou 123,9 mm ao longo de 4 dias em Caravelas/BA, enquanto que nos demais dias em que atuou, não provocou pluviosidade. O mesmo ocorreu em Guaratinga/BA, porém, a pluviosidade foi um pouco menor para os mesmos 4 dias, somando 116,8 mm. Em janeiro este sistema não atuou, enquanto em fevereiro, houve dois episódios de ZCAS, em ambos, este sistema atuou sobre o NEB, exercendo influência direta por 8 dias. As ZCAS atuaram por um total de apenas 19 dias durante este quadrimestre chuvoso, diante disto, este pôde ser considerado (neste ano), o segundo sistema mais importante na produção das chuvas para o quadrimestre chuvoso de Guaratinga/BA e Caravelas/BA.

FF: Em novembro 7 FF atuaram no país e apenas 3 FF atingiram o litoral baiano, atuando durante 8 dias. Em dezembro foram 6 FF que avançaram sobre o Brasil e apenas uma FF atuou por um único dia na Zona da Mata, somando com as FF que atuaram em janeiro e fevereiro, chega-se a um total de 23 FF que avançaram sobre o Brasil durante este período chuvoso, destas, apenas 5 atuaram sobre a Zona da Mata (estas não avançaram além do litoral baiano).

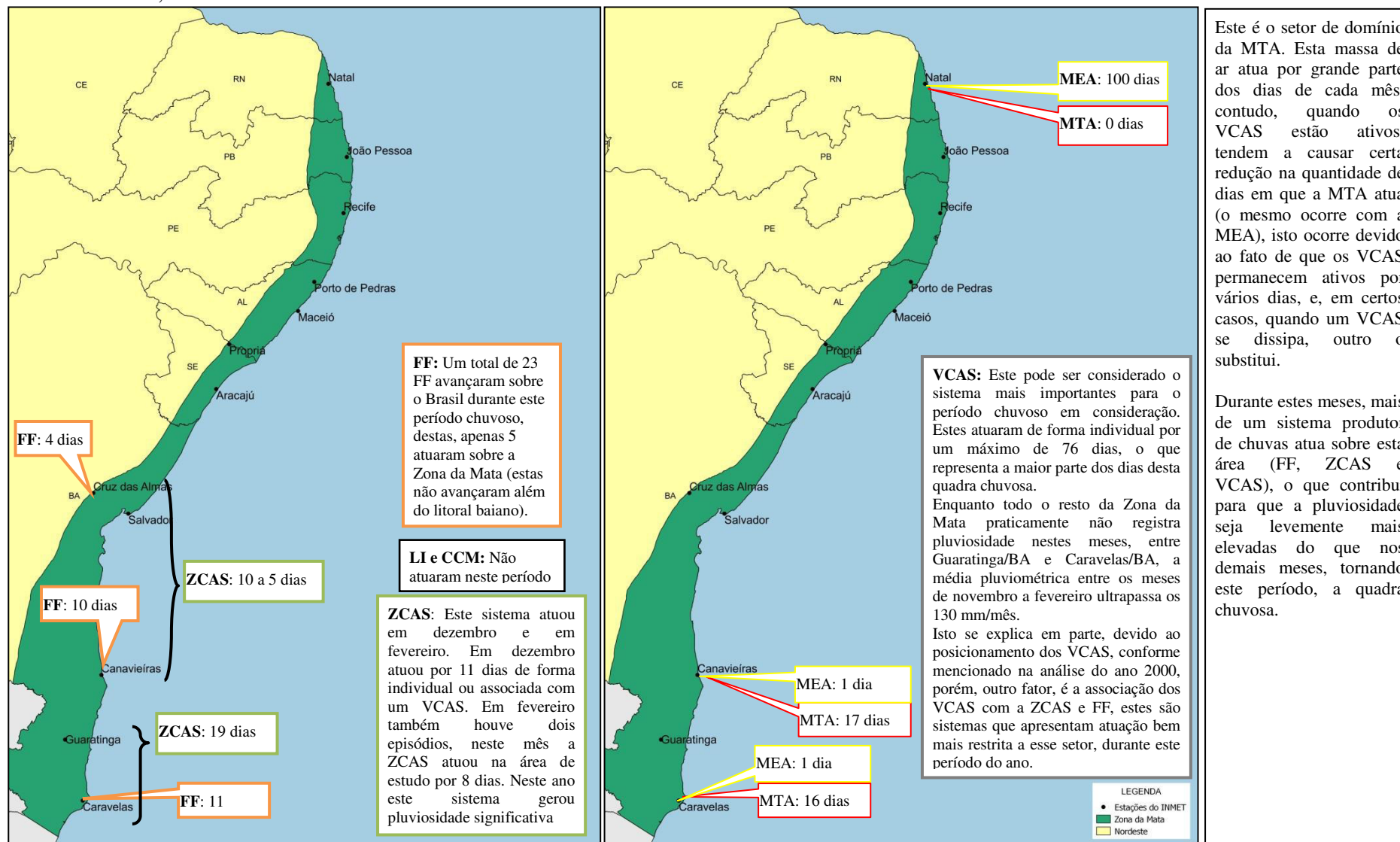
VCAS: Este pode ser considerado o sistema mais importantes para o período chuvoso das estações em consideração. Estes atuaram de forma individual por 73 dias em Caravelas/BA e 76 dias em Guaratinga/BA, o que representa a maior parte dos dias desta

quadra chuvosa. Isso, sem se mencionar os dias em que atuaram em associação com outros sistemas. Infelizmente, durante grande parte dos dias em que atuaram em novembro e dezembro não provocaram chuvas devido ao fato de que foi o centro dos VCAS que se posicionou sobre o NEB, reduzindo a pluviosidade em todo o setor, inclusive sobre Guaratinga/BA e Caravelas/BA.

É importante destacar que novembro e dezembro apresentam uma média pluviométrica mais elevada em Guaratinga/BA e Caravelas/BA do que em todo o resto da Zona da Mata. Isto se explica em parte, devido ao posicionamento dos VCAS, conforme mencionado na análise do ano 2000, porém, outro fator observado na análise deste ano, 2002, é a associação dos VCAS com a ZCAS e FF, estes são sistemas que apresentam atuação bem mais restrita a esse setor, durante este período do ano. Deste modo, tal associação é mais um fator que explica os maiores índices de pluviosidade no extremo sul da Zona da Mata em um período em que grande parte desta área de estudo apresenta baixíssimos índices de chuva.

Observa-se que nas estações entre Maceió/AL e Caravelas/BA, o mês de janeiro foi bastante chuvoso, apresentando totais pluviométricos mensais bem superiores à média, isto ocorreu devido ao fato de que, dois VCAS, ao atuarem, mantiveram seu centro sobre o oceano Atlântico e sua borda convectiva oeste sobre a Zona da Mata, causando assim, bastante pluviosidade onde se encontram as referidas estações. Isto ocorreu entre o dia 2 a 8, e entre o dia 16 a 18 de janeiro. Em Guaratinga/BA, a pluviosidade precipitada nestes dias somou 219,5 mm, demonstrando assim, que, quando o VCAS posiciona-se de forma favorável sobre determinada área, pode provocar grande pluviosidade, contudo, o contrário também pode ocorrer, reduzindo assim, a pluviosidade no local. Isto ocorreu no mês de fevereiro, em que os VCAS atuaram por muitos dias sobre toda Zona da Mata, contudo, na maior parte deste tempo foi o centro do VCAS que esteve atuando, reduzindo assim, a pluviosidade mensal. Na Figura 44 é possível visualizar uma breve síntese da análise realizada neste tópico.

Figura 44 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante a quadra chuvosa entre Guaratinga/BA e Caravelas/BA, Ano-Padrão 2002



4.5.2.5 Pós-Quadra chuvosa entre Guaratinga e Caravelas, Ano-Padrão 2002

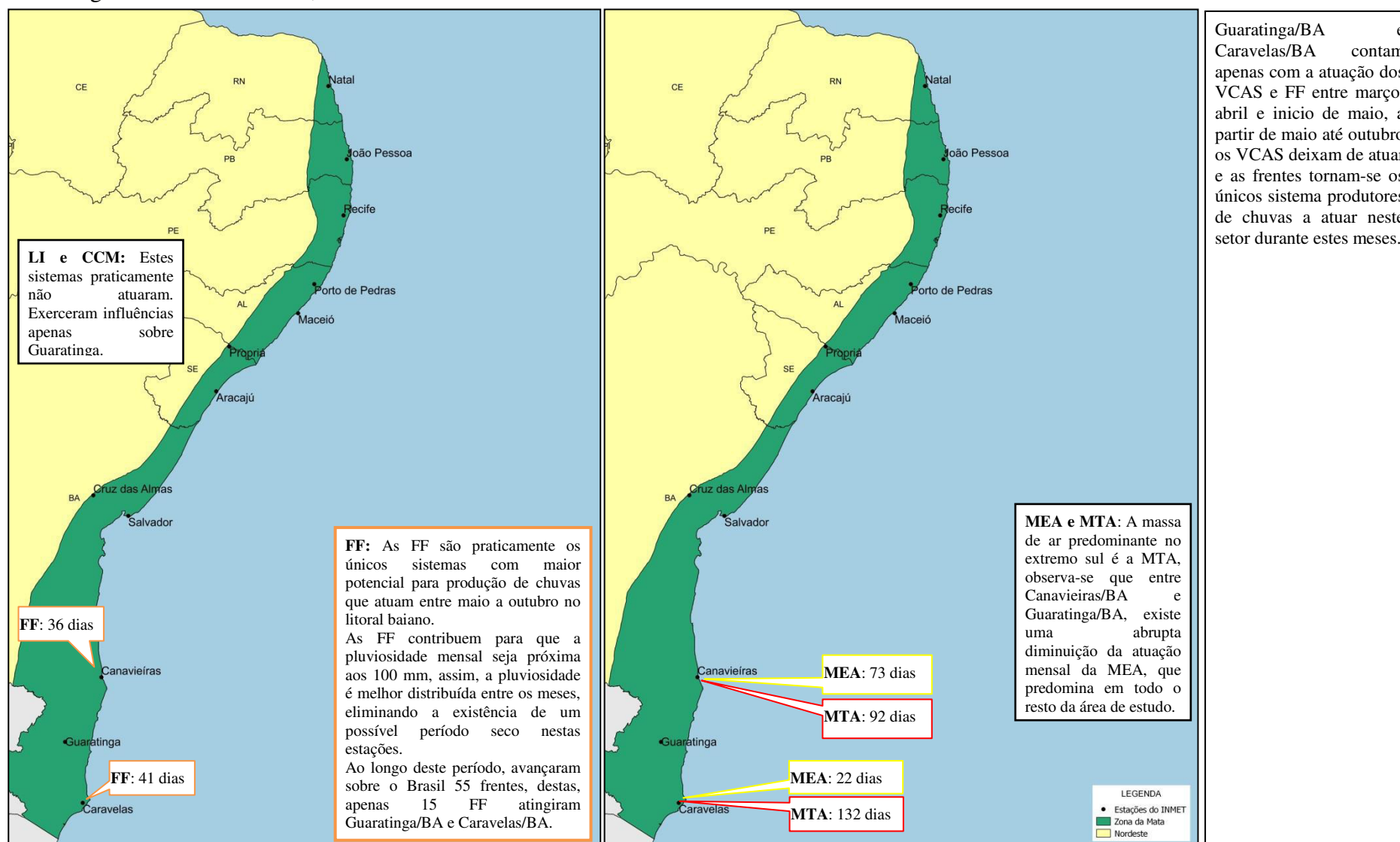
A massa de ar predominante no extremo sul é a MTA, observa-se que entre Canavieiras/BA e Guaratinga/BA, existe uma abrupta diminuição da atuação mensal da MEA, que predomina em todo o resto da área de estudo. Verifica-se que em Canavieiras/BA a MEA atuou por um total de 73 dias ao longo dos 8 meses em questão, enquanto que, em Guaratinga/BA, este período diminui para 39 dias, e em Caravelas/BA, atuou por apenas 22 dias. A estação de Canavieiras/BA representa o limite entre a área de maior atuação da MTA no extremo sul e a área de maior atuação da MEA entre Canavieiras/BA e Natal/RN.

Os meses de abril a julho são considerados a quadra chuvosa para as 10 estações entre Natal/RN e Canavieiras/BA, contudo, não são considerados chuvosos nas estações de Guaratinga/BA e Caravelas/BA, onde se registra pluviosidade média abaixo dos 100 mm mensais. Estas diferem das estações entre Natal/RN e Aracajú/SE por não contarem com a atuação de sistemas com grande potencial para produção de chuva, e, também não contam com tanta influência das chuvas provocadas pelas massas de ar que provocam precipitações principalmente entre Cruz das Almas/BA e Canavieiras/BA nestes meses. Assim, Guaratinga/BA e Caravelas/BA contam apenas com a atuação dos VCAS e FF entre março, abril e início de maio, a partir de maio até outubro os VCAS deixam de atuar e as frentes tornam-se os únicos sistema produtores de chuvas a atuar neste setor durante estes meses.

As FF não atuam por um grande número de dias em cada mês, e, também não provocaram pluviosidade em todos os dias que atuaram. Deste modo, “as FF são praticamente os únicos sistemas com maior potencial para produção de chuvas que atuam entre maio a outubro no litoral baiano”, impossibilitando que estes meses sejam considerados chuvosos nestas estações, contudo, as FF contribuem para que a pluviosidade mensal seja próxima aos 100 mm, assim, a pluviosidade é melhor distribuída entre os meses, eliminando a existência de um possível período seco nestas estações. Outros sistemas como os CCM e LI também contribuem com certa pluviosidade quando atuam.

Observa-se que as FF apresentam maiores condições de avançar até o norte da Zona da Mata e atuam com mais frequência nesta área durante os meses em que os VCAS não atuam, ou seja, entre maio (quando deixam de atuar) e setembro (os VCAS retornam em outubro). Ao longo deste período, avançaram sobre o Brasil 55 frentes, destas, apenas 15 FF atingiram Guaratinga/BA e Caravelas/BA, atuando por um máximo de 41 dias.

Figura 45 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante o pós-quadra chuvosa entre Guaratinga/BA e Caravelas/BA, Ano-Padrão 2002



Guaratinga/BA e Caravelas/BA contam apenas com a atuação dos VCAS e FF entre março, abril e início de maio, a partir de maio até outubro os VCAS deixam de atuar e as frentes tornam-se os únicos sistema produtores de chuvas a atuar neste setor durante estes meses.

4.5.3 Ano-Padrão Muito Seco - 2016

Este ano foi considerado muito seco ou seco em grande parte das 12 estações analisadas. As únicas estações que não apresentaram pluviosidade tão abaixo da média foram às estações presentes em João Pessoa/PB, Canavieiras/BA e Guaratinga/BA, onde, este ano foi considerado normal. Em uma breve análise dos climogramas presentes nas Figuras 46, 47 e 48 verifica-se que a pluviosidade foi bem abaixo da média principalmente durante os meses do quadrimestre chuvoso nas estações entre Natal/RN e Cruz das Almas/BA.

4.5.3.1 Análise da pré-estação chuvosa entre Natal e Canavieiras, Ano-Padrão Muito Seco, 2016

Entre as estações de Natal/RN até Aracajú/SE os meses desta pré-estação chuvosa apresentaram pluviosidade próximo à média, porém, entre as estações de Cruz das Almas/BA até Caravelas/BA, os meses de fevereiro e março apresentaram pluviosidade muito baixa. O VCAS foi o principal sistema atmosférico produtor de chuvas atuante em toda a Zona da Mata durante janeiro, fevereiro e março. Destacaram-se também a ZCIT ao norte e a ZCAS ao sul desta zona. A seguir segue os destaques dos sistemas e massas durante os meses de janeiro a março:

MEA e MTA: Nestes meses a MEA e a MTA seguiram o mesmo padrão apresentado nos outros dois anos analisados. A MEA atuou por um número consideravelmente maior de dias que a MTA entre as estações de Natal/RN até Canavieiras/BA. A MTA por sua vez, não atua nos meses de fevereiro e março nas estações entre Natal/RN até Salvador/BA. Esta é a massa de ar predominante durante os meses de janeiro, fevereiro e março apenas nas estações do extremo sul da Zona da Mata. Portanto, conclui-se que neste ano muito seco, a MEA permaneceu atuante por mais tempo ao longo de toda a Zona da Mata, perdendo espaço para a MTA apenas no extremo sul desta região.

Figura 46 – Síntese da frequência mensal dos sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes entre as estações de Natal a Maceió no Ano-Padrão Muito Seco 2016

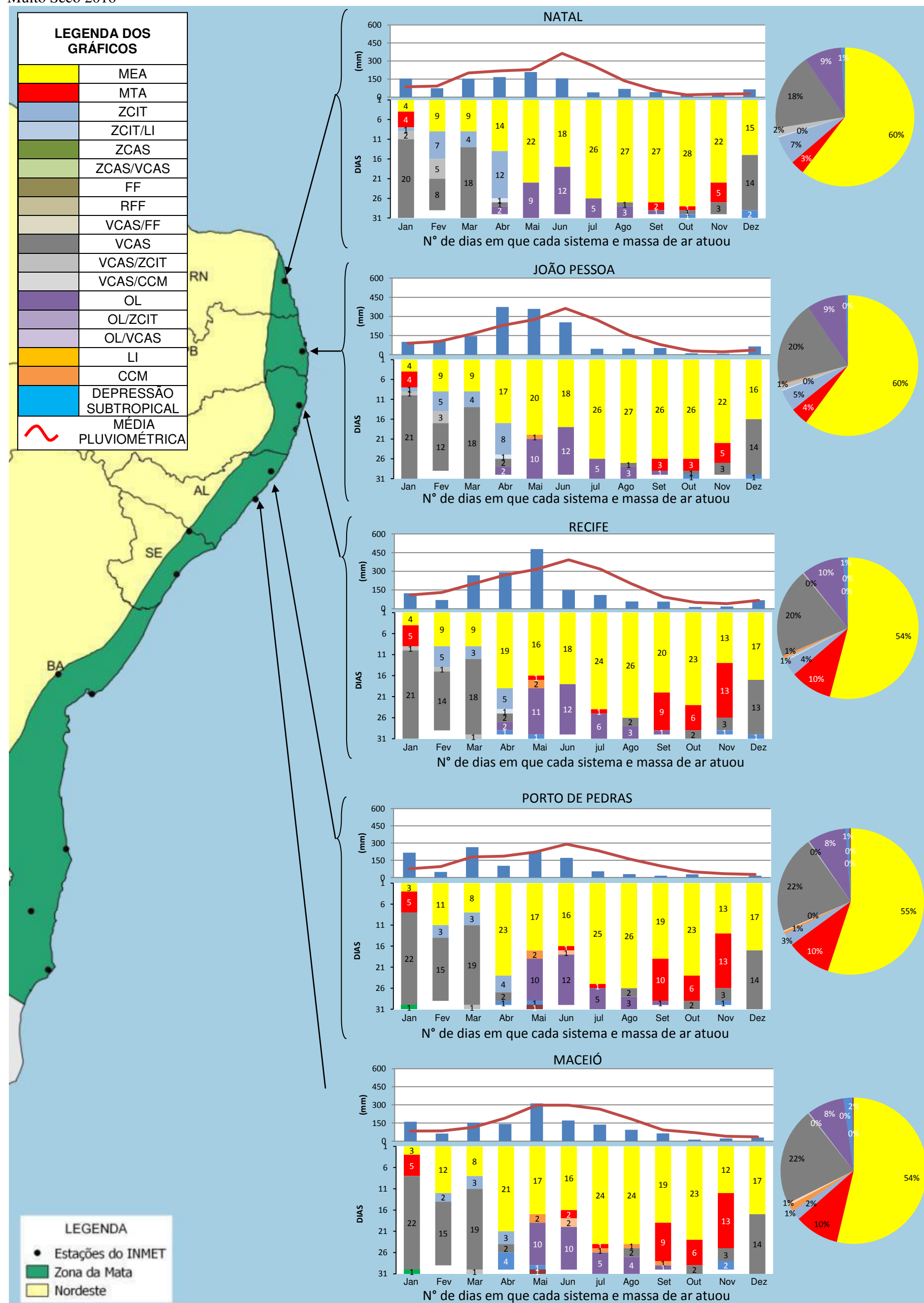
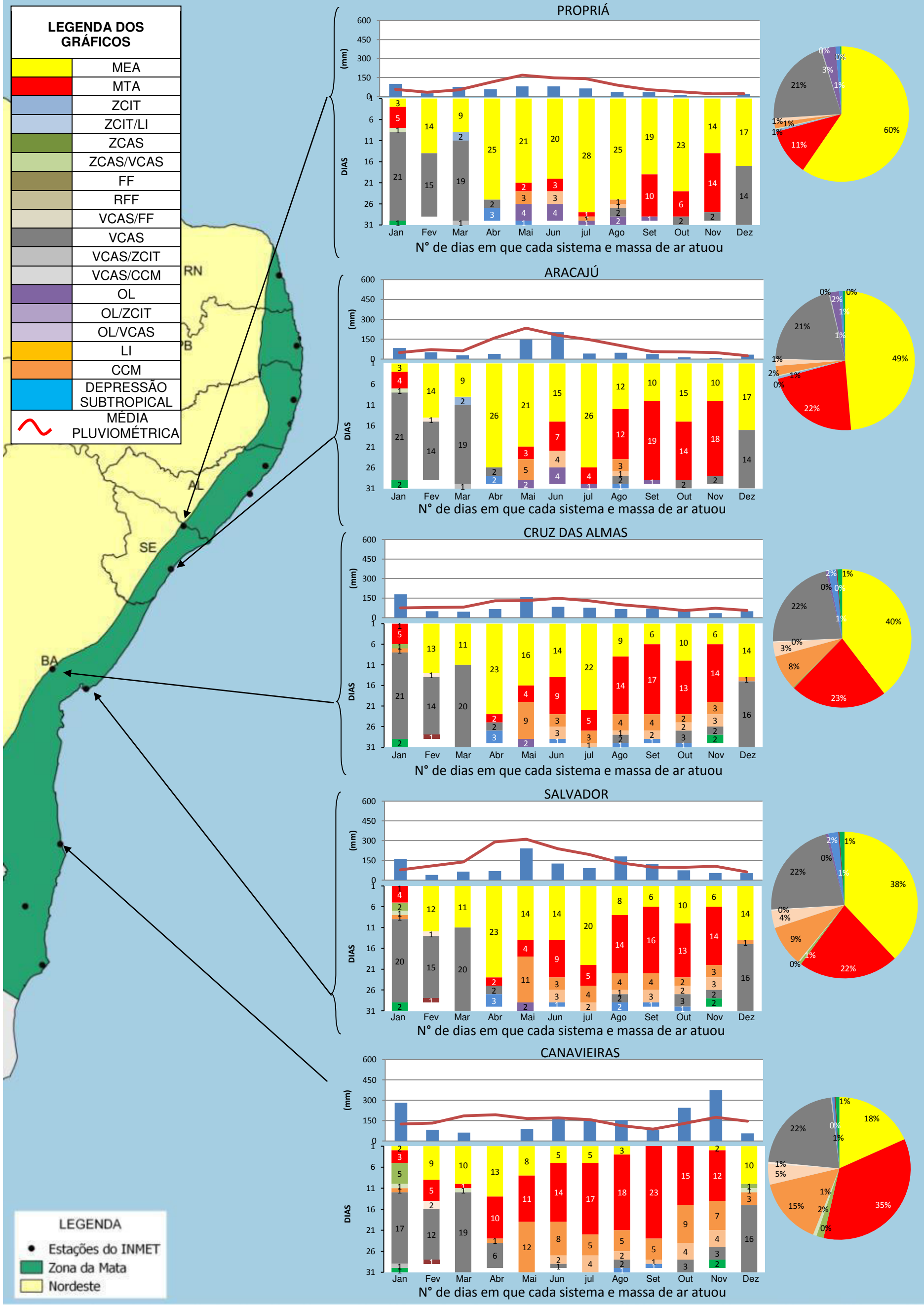


Figura 47 – Síntese da frequência mensal dos sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes entre as estações de Propriá a Canaveiras Ano-Padrão Muito Seco 2016



ZCIT: Com respeito a ZCIT, este sistema não atuou durante um grande número de dias nestes meses, além disso, encerrou sua participação da produção das chuvas sobre a Zona da Mata mais cedo, ainda em abril e não em maio, como ocorreu nos outros Anos-Padrão. O limite sul de sua atuação foi Aracajú/SE, assim como ocorreu no ano 2000 e 2002. A ZCIT e os VCAS foram os principais e quase os únicos sistemas produtores de chuva que atuaram nesta pré-estação chuvosa entre Natal/RN e Maceió/AL. Apesar de ter apresentado uma frequência maior do que o habitual para este período, a ZCIT não se mostrou intensa, assim, não provocou altos índices de pluviosidade mensal.

ZCAS: Esta atuou entre Cruz das Almas/BA e Caravelas/BA, porém, devido à associação de sua nebulosidade com um VCAS, este sistema passou a exercer influências sobre Sergipe durante um único dia, que foi no dia 24 de janeiro, onde estão as estações de Propriá e Aracajú. A ZCAS atuou sobre a Zona da Mata em janeiro, durante uma das quatro vezes em que esteve configurada no período analisado (ocorreram 3 eventos em março e 1 em janeiro). Este sistema agiu por um período máximo (registrado em Caravelas/BA) de 10 dias, sendo 5 dias isoladamente e 5 dias em associação com um VCAS. Sua atuação diminuiu progressivamente a partir de Caravelas/BA até Cruz das Almas/BA.

FF: Durante os 3 meses em análise, atuaram sobre o Brasil, aproximadamente 13 FF, destas, 5 atuaram em janeiro, 5 em fevereiro e 3 em março. Muitas destas FF desviavam-se para o oceano ou sofriam frontólise antes de chegar até a Zona da Mata, deste modo, atuaram sobre esta região, apenas 4 FF (Apêndices C1, 2, 3 e 4). Uma atuou em janeiro, duas em fevereiro e uma em março. Estas frentes atuaram durante pouquíssimos dias entre Caravelas/BA a Aracajú/SE.

Observou-se ao longo desta análise e das análises dos outros Anos-Padrão, que as FF que atuam sobre a Zona da Mata durante os meses de janeiro, fevereiro e março não apresentam grande intensidade, além disso, poucas atingem a área de estudo, indicando que neste período, não existem condições tão favoráveis a sua atuação quanto nos meses do fim do outono, inverno e início da primavera austral, em que as FF atuam sobre a Zona da Mata por um número maior de dias, além de apresentarem maior intensidade.

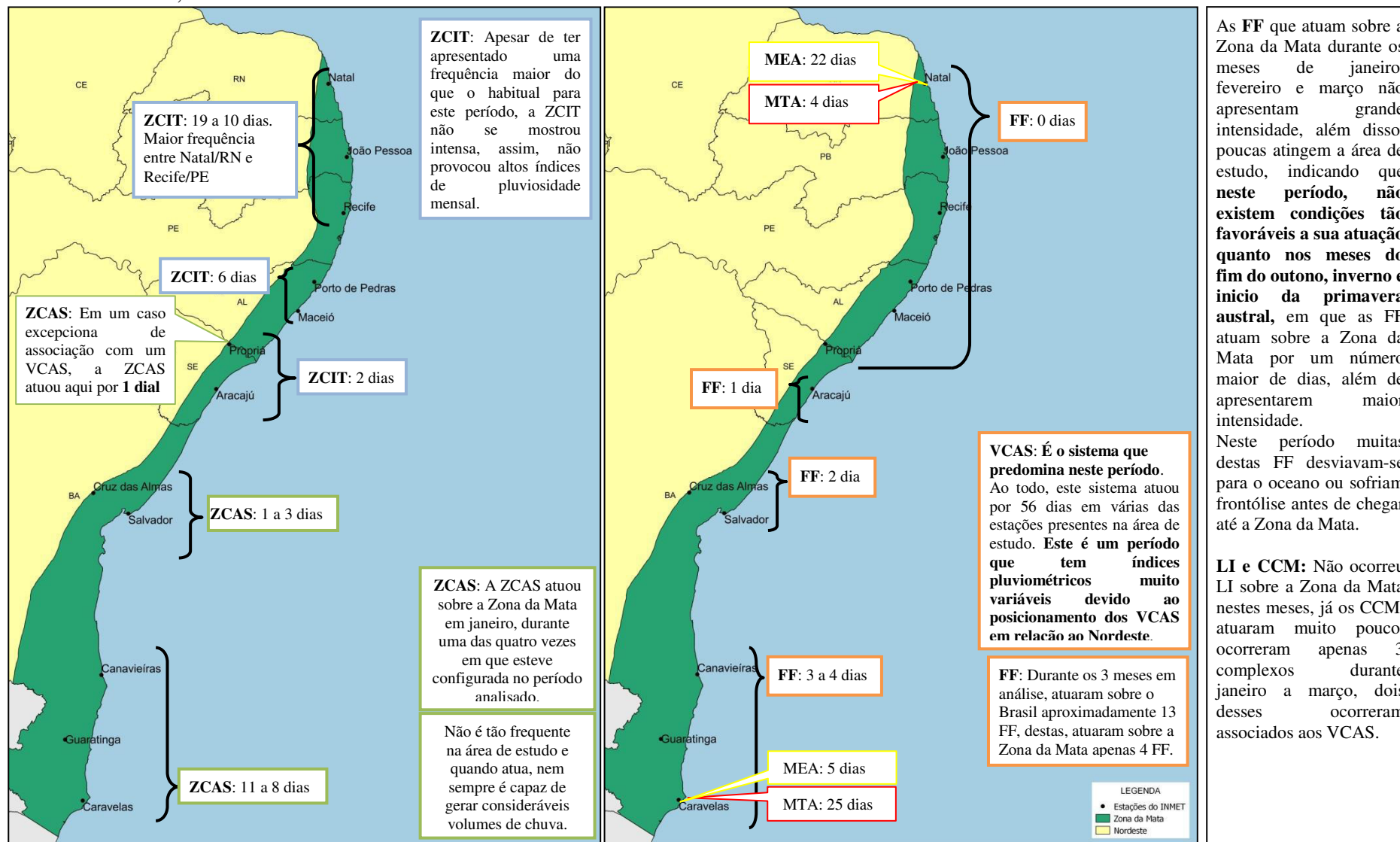
VCAS: Este foi o sistema que predominou em toda a Zona da Mata durante a maior parte dos dias dos meses de janeiro fevereiro e março. Ao todo, este sistema atuou por 56 dias em várias das estações presentes na área de estudo. Em uma breve análise dos climogramas presentes nas Figuras 46, 47 e 48, verifica-se que em todas as estações, a pluviosidade do mês de janeiro foi próxima ou acima da média. O principal responsável por isto foram os VCAS.

Cabe ressaltar que devido ao posicionamento dos VCAS, em janeiro a pluviosidade foi elevada em algumas estações visto que estes sistemas mantiveram seu centro sobre o oceano, desse modo, sua borda convectiva atuou durante vários dias sobre toda a Zona da Mata, enquanto que, em fevereiro e março, os centros desses sistemas estiveram em geral, sobre a Bahia, desse modo, a porção norte de sua zona convectiva atuou sobre o centro-norte da Zona da Mata, ampliando a pluviosidade ali e impedindo as chuvas no litoral baiano onde estava o centro do Vórtice.

LI e CCM: Tratando das LI, estas não atuaram sobre a Zona da Mata nestes meses, já os CCM, atuaram muito pouco, ocorreram apenas 3 complexos durante janeiro a março (Apêndices C1, 2, 3 e 4). Dois desses ocorreram associados aos VCAS. Dos três, apenas um apresentou maiores dimensões, atuando sobre 5 estações.

Além dos sistemas atmosféricos que costumeiramente atuam sobre a Zona da Mata, durante esta pré-estação chuvosa entre Natal/RN e Canavieiras/BA e parte da quadra chuvosa para Guaratinga/BA e Caravelas/BA, observou-se também a formação e atuação de uma Depressão Subtropical. Seu detalhamento será realizado no tópico destinado a análise de episódio. A seguir, a Figura 49 apresenta uma breve síntese da análise realizada neste tópico.

Figura 49 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante a pré-estação chuvosa entre Natal/RN e Canaveiras/BA, Ano-Padrão 2016



Análise de episódios, dia 05 de janeiro e 30 de março de 2016

Neste período alguns eventos foram considerados excepcionais, em especial, a atuação da ZCIT sobre o Estado de Sergipe no dia 30 de março e a ocorrência de uma depressão subtropical no dia 05 de janeiro de 2016. Devido à excepcionalidade deste último evento, decidiu-se destacar estes dois episódios neste tópico.

A depressão subtropical teve sua formação sobre o oceano, em Alto-Mar, próxima às ilhas de Trindade e Martim Vaz, esta não evoluiu para a categoria de tempestade tropical, deste modo, não recebeu um nome oficial, conforme se verifica na Figura 50B. Este sistema manteve-se ativo até o dia 7 quando se dissipou. Apesar de estar distante do litoral, observa-se muita nebulosidade associada sobre a Zona da Mata (Figura 50A), esta nebulosidade provocou pluviosidade sobre algumas estações presentes na área de estudo, como em Salvador/BA, que registrou 50 mm/dia, além disso, também elevou a umidade relativa e provocar redução nos níveis de insolação. Há relatos de que este sistema provocou ressaca no litoral de Espírito Santo e Bahia³⁴. Caso tivesse evoluído para a categoria “tempestade subtropical” teria recebido o nome de Deni, contudo, como isto não ocorreu, este nome foi dado à tempestade subtropical que ocorreu no dia 15 de novembro deste mesmo ano (esta será relatada mais adiante). São poucas as informações a respeito deste evento na mídia, e, a maioria destas é de sites não oficiais.

Tratando da atuação da ZCIT sobre o litoral de Sergipe, observa-se intensa nebulosidade sobre o norte da Zona da Mata causada pela atuação desse sistema (Figura 51A). Com base na carta sinótica das 00:00 horas GTM do dia 30 de março, disponibilizada pela Marinha do Brasil, este sistema apresentou forte intensidade durante a madrugada, enquanto na carta sinótica referente às 12:00 GTM do mesmo dia, a ZCIT já apresentava média intensidade conforme pode-se verificar na Figura 51B. A figura 51A é referente às 06:30 horas GTM, momento em que a ZCIT apresentou máxima cobertura de nuvens sobre a Zona da Mata, neste momento pode-se verificar nebulosidade sobre o litoral de Sergipe, onde encontra-se as estações de Propriá e Aracajú.

³⁴ <http://g1.globo.com/espírito-santo/noticia/2016/01/ciclone-raro-no-brasil-deixa-mar-agitado-e-atrai-surfistas-no-es.html>

Figura 50 - Depressão Subtropical nas proximidades do litoral baiano

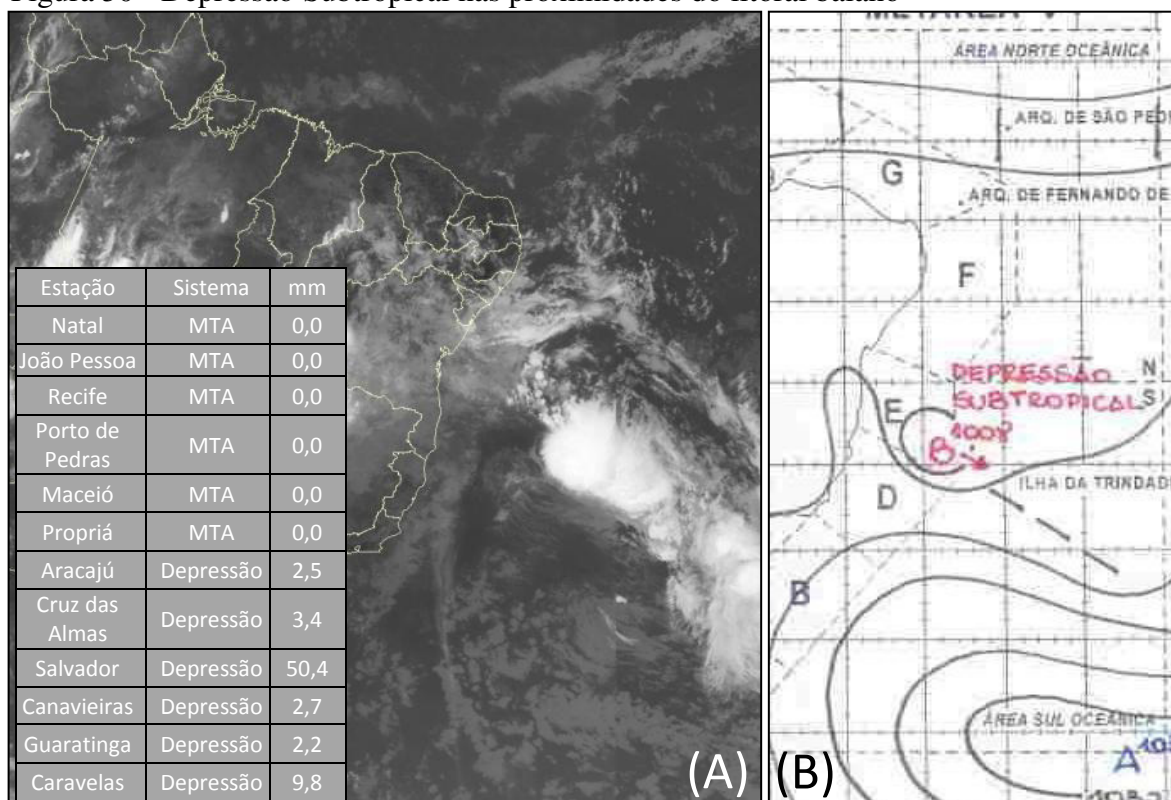


Figura A é uma imagem do GOES 13 + METEOSAT 10 IR, referente às 12 horas GTM, esta é disponibilizada pelo CPTEC/INPE. A figura B é disponibilizada pela Marinha do Brasil e corresponde às 12 horas GTM do dia 05 de janeiro de 2016 assim como a figura A.

A estação de Aracaju/SE registrou pouca pluviosidade, apesar de intensa nebulosidade nas primeiras horas do dia, já a estação de Propriá/SE, registrou maiores volumes de chuva. As estações entre João Pessoa/PB e Maceió/AL, além de Propriá/SE, registraram consideráveis totais pluviométricos, com destaque para Porto de Pedras/AL que contabilizou 169,4 mm/dia, sendo praticamente toda a quantidade de chuva esperada para o mês (média para os 22 anos). É provável que um VCAS também tenha atuando neste dia, porém, sobre o oceano. Na Figura 51, observa-se que este sistema esteve mal configurado, este é indicado por meio de um arco em branco. É provável que este VCAS tenha intensificado a ascensão do ar, ampliando a nebulosidade provocada pela ZCIT, permitindo assim que suas influências atingissem o litoral sergipano.

Figura 51 – Nebulosidade sobre Aracajú associada a ZCIT

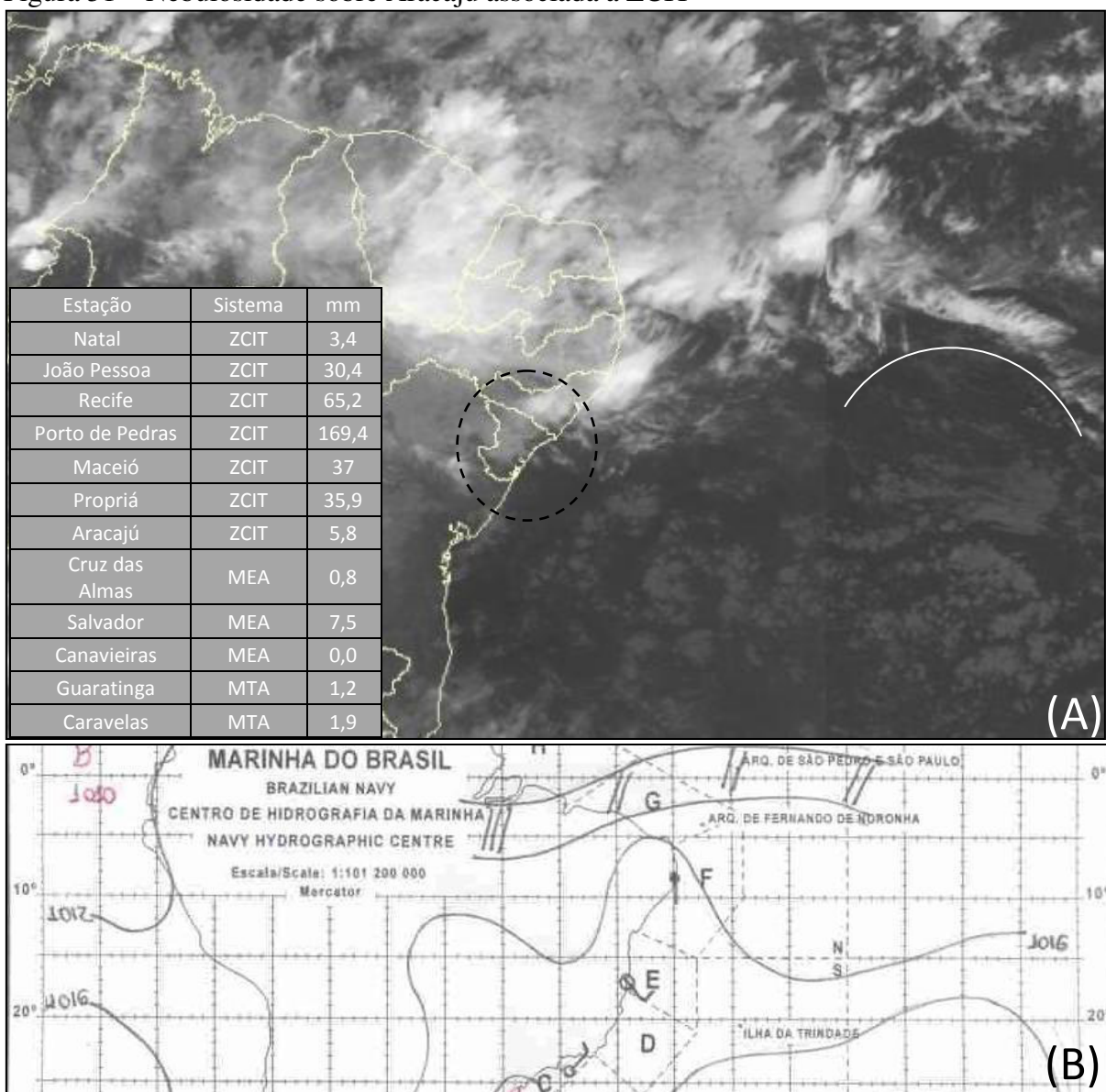


Figura A é uma imagem do GOES 13 + METEOSAT 10 IR, referente às 06:30 horas GTM do dia 30 de março, esta é disponibilizada pelo CPTEC/INPE. A figura B é disponibilizada pela Marinha do Brasil e corresponde às 12 horas GTM do mesmo dia. O arco em branco indica o VCAS e o círculo em preto destaca a nebulosidade provocada pela ZCIT sobre Sergipe.

4.5.3.2 Análise da quadra chuvosa entre Natal e Canavieiras, Ano-Padrão Muito Seco, 2016

De acordo com o tempo em que atuaram, os sistemas atmosféricos produtores de chuva predominantes sobre a Zona da Mata neste período, foram: FF, OL, ZCIT, VCAS. Em “abril” a ZCIT atuou principalmente sobre Natal/RN e João Pessoa/PB e os VCAS sobre Caravelas/BA e Guaratinga/BA. As OL e FF atuaram principalmente durante os meses de “maio, junho e julho”, porém, sobre setores diferentes da Zona da Mata, a saber; OL sobre o

centro-norte e FF sobre o sul da Zona da Mata. Observou-se que a ZCIT e os VCAS atuaram por um período bem menor do que foi registrado no Ano-Padrão 2000 e 2002.

A MEA e MTA atuaram da mesma maneira que já se observou nos outros Anos-Padrão analisados. Verifica-se que a MEA atuou por mais dias sobre as duas últimas estações ao sul da Zona da Mata, do que a MTA atuou sobre as duas primeiras estações ao norte desta região. Entre abril e julho a MTA esteve ausente por no mínimo um mês e no máximo os quatro meses em algumas das estações entre de Natal/RN a Aracajú/SE, enquanto a MEA permaneceu ativa em toda a Zona da Mata nestes 4 meses analisados. Desse modo, essa foi a principal massa de ar atuante neste período. A forma como cada sistema e massa de ar atuou sobre a Zona da Mata neste período será descrito mensalmente a seguir:

“Abril”: Neste mês a ZCIT atuou por um máximo de 13 dias (registro de Natal/RN), não atuando no mês de maio, desse modo, este sistema encerrou sua participação na produção das chuvas mais cedo que nos outros anos. Seu limite máximo ao sul foi à estação de Maceió/AL onde exerceu influência durante 3 dias. Apesar de ter sido o sistema que atuou por mais dia em João Pessoa/PB e Recife/PE durante o mês de abril, este não foi o responsável pela maior parte da pluviosidade destas estações. Os volumes pluviométricos acima da média neste mês, registrados nestas duas cidades, foi influenciado por um evento excepcional de OL, provocando em apenas dois dias 260 mm em João Pessoa/PB e 160 mm em Recife/PE³⁵.

Neste mesmo mês o VCAS deveria ser o principal sistema produtor de chuvas a atuar em toda a área de estudo, porém, este atuou por apenas dois dias em grande parte da Zona da Mata (João Pessoa/PB a Salvador/BA), frequência bem inferior ao registrado no mesmo mês nos Anos-Padrão 2000 e 2002, como resultado, observa-se que a pluviosidade deste mês, abril, foi bem abaixo da média em praticamente todas as estações.

A fraca atuação da ZCIT e dos VCAS em abril provocou volumes de pluviosidade bem abaixo da média em praticamente todas as estações da Zona da Mata. O VCAS permaneceu ausente sobre a área de estudo a partir de maio.

“Maio, Junho e Julho”: As OL iniciaram sua atuação em abril e se encerraram apenas em setembro. As OL atuaram entre Natal/RN e Salvador/BA, destas estações, aquelas que dependem quase que exclusivamente das OL para a abundância das chuvas destes meses, são as estações entre Natal/RN a Maceió/AL (Propriá/SE e Aracajú/SE dependem parcialmente da OL e das FF). A quantidade de dias que este sistema atuou nos meses desta quadra chuvosa (máximo de 31 dias) foi semelhante ao registrado no Ano-Padrão muito chuvoso 2000

³⁵ Este evento foi relatado como exemplo no capítulo destinado ao referencial teórico.

(máximo 36 dias), a diferença está no fato de que, neste ano 2016, apesar da semelhança no número de dias em que atuaram, verifica-se que as chuvas na quadra chuvosa do ano 2000 foram muito mais intensas (abundantes) do que neste ano 2016, isso indica que para as estações em que a quadra chuvosa depende diretamente das OL, a abundância ou escassez de chuvas dependerá da intensidade destes sistemas.

Neste ano muito seco 2016, as OL foram responsáveis pela abundância de chuvas no mês de maio entre Natal/RN a Maceió/AL. Em Natal, por exemplo, a pluviosidade total desse mês foi de 280 mm/mês, destes, 190 mm foi provocado pelas OL, do mesmo modo, em Recife/PE, foi registrado em maio 478,9 mm/mês, deste total, 417,8 mm foi provocado pela OL. Assim como essas estações, as demais mencionadas, também apresentaram pluviosidade elevada no mês de maio devido as OL. Este sistema esteve tão intenso neste mês que provocou quatro eventos com pluviosidade acima dos 100 mm/dia e dois eventos com pluviosidade próxima aos 90 mm/dia³⁶.

Apesar de maio ter apresentado abundância de chuvas, observou-se que nos meses de junho e julho, as OL apresentaram forte frequência, porém, fraca intensidade, assim, a pluviosidade entre Natal/RN e Maceió/AL foi muito baixa.

As FF que atuaram principalmente entre as estações do litoral baiano, ou seja, entre Cruz das Almas/BA e Caravelas/BA, também foram responsáveis, em conjunto com as OL pelas chuvas de maio, junho e julho em Propriá/SE e Aracajú/SE. Visto que a grande maioria das FF não apresentam condições favoráveis para avançar até as latitudes mais a norte da Zona da Mata, as que em fim, avançaram, já não provocaram grandes volumes de pluviosidade. Este fato, aliado à fraca intensidade das OL, permitiu que a pluviosidade de maio, junho e julho fossem abaixo da média em Propriá/SE e Aracajú/SE.

As FF atuaram por um máximo de 37 dias (registro de Guaratinga/BA) entre os meses de abril a julho. Nestes meses atuaram sobre o país aproximadamente 23 FF, destas, 6 FF atuaram em abril, 6 em maio, 7 em junho e 4 em julho. Desse quantitativo, as FF que atuaram sobre a Zona da Mata foram apenas 2 FF em abril, 5 em maio, 3 em junho e 4 em julho.

Ao longo da análise dos 3 Anos-Padrão observou-se que poucas frentes tornaram-se estacionárias, assim, a única FF que manteve-se de tal modo sobre a Zona da Mata, mais especificamente sobre o litoral baiano, atuou por 7 dias de forma estacionária e mais 2 em forma de repercussão. Isto ocorreu entre o dia 9 a 17 de junho.

³⁶ O primeiro evento de intensa pluviosidade diária foi no dia 9, quando foi registrado em João Pessoa 108,4 mm. No dia 8 foram registrados 102,1 mm em Recife e no dia 30 precipitou 119,8 mm em Recife e 173 mm em Maceió. Também foi registrado 92,6 mm em Natal no dia 11 e 90 mm em João Pessoa no dia 31

Em maio, junho e julho, as FF em conjunto com as massas de ar são os principais responsáveis pelos bons volumes mensais de pluviosidade precipitados entre as estações de Cruz das Almas/BA a Caravelas/BA, contudo, nem as massas, nem as FF foram suficientes para manter a pluviosidade próxima ou acima da média em Cruz das Almas/BA, Salvador/BA e Guaratinga/BA.

Para exemplificar a influência das massas e das FF sobre estas estações, pode-se considerar a pluviosidade registrada em Salvador/BA no mês de maio. As FF provocaram neste mês 178,6 mm de um total mensal de 242,2 mm/mês, considerando que as OL provocaram 33,8 mm, conclui-se que as massas de ar foram responsáveis por apenas 29,8 mm mensais (visto que estes foram os únicos sistemas atuantes).

Diante de tais exemplos, é possível estabelecer algumas conclusões:

Primeiro, observa-se mais uma vez que as massas contribuem com parte da pluviosidade mensal das estações presentes no litoral baiano, contudo, não da mesma forma e na mesma intensidade entre todas estas estações. Os volumes mensais de pluviosidade provocados pelas massas neste ano variaram entre pouco menos de 10 mm a algo em torno de 60 mm/mês.

Segundo, assim como constatado nos outros Anos-Padrão, observou-se que as massas também exerceram influências sobre a pluviosidade nas demais estações da Zona da Mata nos meses entre abril e julho³⁷. Além disto, também foi possível constatar que os totais mensais de pluviosidade provocados pelas massas sobre o litoral baiano são levemente maiores nas estações de Cruz das Almas/BA, Salvador/BA e Canavieiras/BA.

Terceiro, as chuvas provocadas pelas massas de ar tornam-se mais significativas para as estações do litoral baiano pelo fato de que estas estações apresentam um período chuvoso (Cruz das Almas/BA a Canavieiras/BA) dependente de poucos sistemas atmosféricos produtores de chuva, que por sua vez, não atuam por vários dias, diferentemente das estações do centro-norte da Zona da Mata, que contam com uma diversidade maior de sistemas.

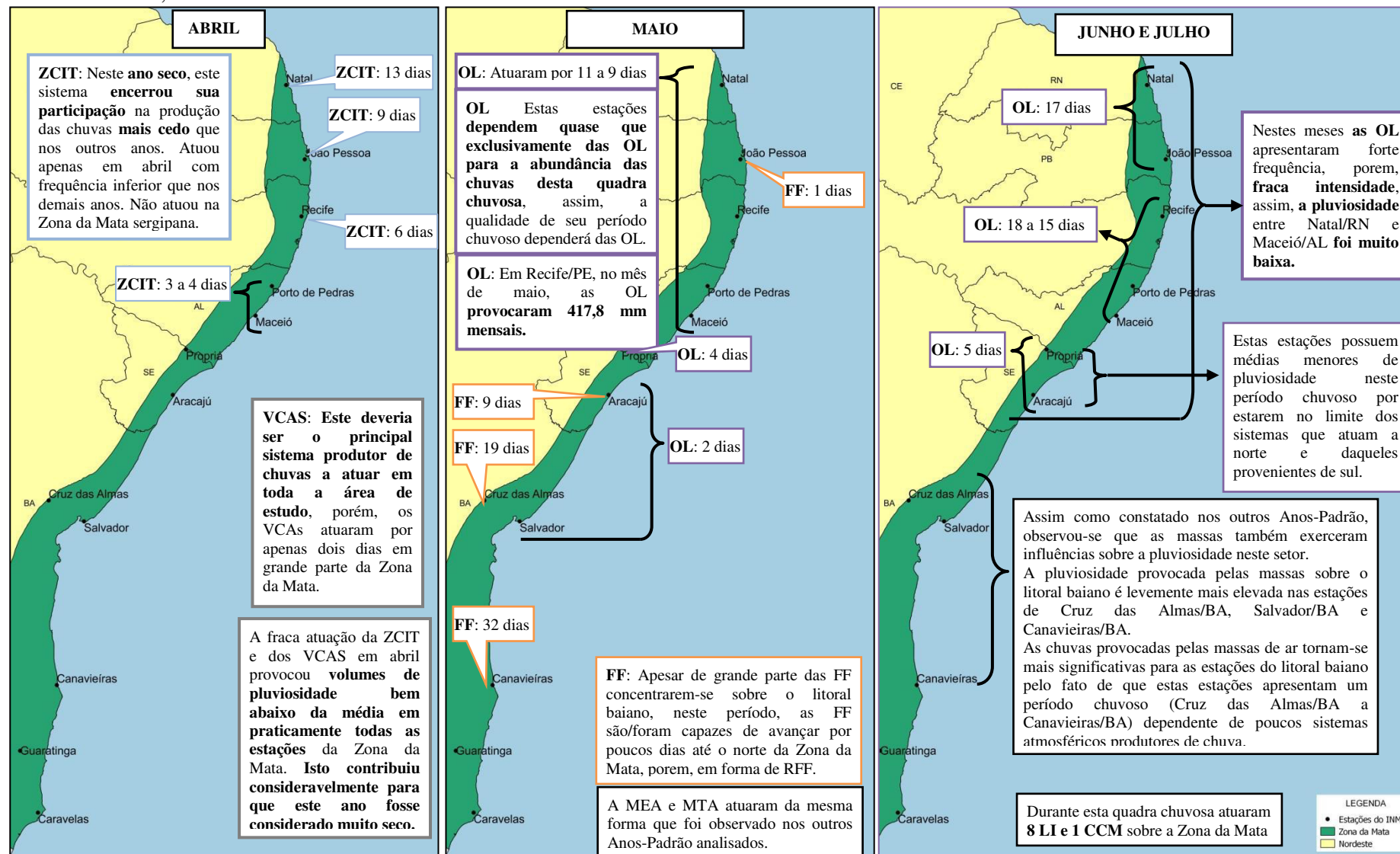
A respeito das LI e CCM, observa-se nas Figuras 46 a 48 que entre abril e julho as LI não atuaram em Natal/RN, João Pessoa/PB, Canavieiras/BA, Guaratinga/BA e Caravelas/BA. Nestes meses, atuaram sobre a Zona da Mata, 6 LI em abril, 1 em maio e 1 em junho, totalizando apenas 8 LI. Estas atuaram durante um máximo de 5 dias (registro feito em Maceió/AL). Estas LI foram responsáveis por provocar forte nebulosidade e chuva leve

³⁷ A pluviosidade de julho em Maceió é um exemplo, a FF que atuou por um dia e as OL que atuaram por 5 dias provocaram 58,3 mm, enquanto a pluviosidade total do mês foi 136,5 mm/mês. Essa diferença é resultante da atuação das massas.

durante sua atuação. O maior volume pluviométrico provocado por estas linhas foi no dia 14 de abril, que provocou 40 mm em Porto de Pedras/AL e Maceió/AL. Tratando dos CCM, estes praticamente não atuaram entre abril e julho. Observou-se apenas um pequeno complexo atuar entre Porto de Pedras/AL e Maceió/AL. Este provocou 30 mm/dia em Maceió/AL e 7,3 mm/dia em Porto de Pedras/AL.

Cabe resaltar que todos os sistemas atmosféricos apresentaram baixo potencial para produção de chuvas, isto ficou evidente a partir da análise atuação da ZCIT, das OL e dos VCAS que atuaram com menor frequência ou intensidade. Estes sistemas são responsáveis por grandes volumes de chuva anuais. Assim, quando atuam de tal modo, em geral, são capazes de interferir consideravelmente na qualidade do período chuvoso ou pré-estação chuvosa, implicando diretamente para que o ano seja considerado seco. As análises realizadas neste tópico estão sintetizadas na Figura 52.

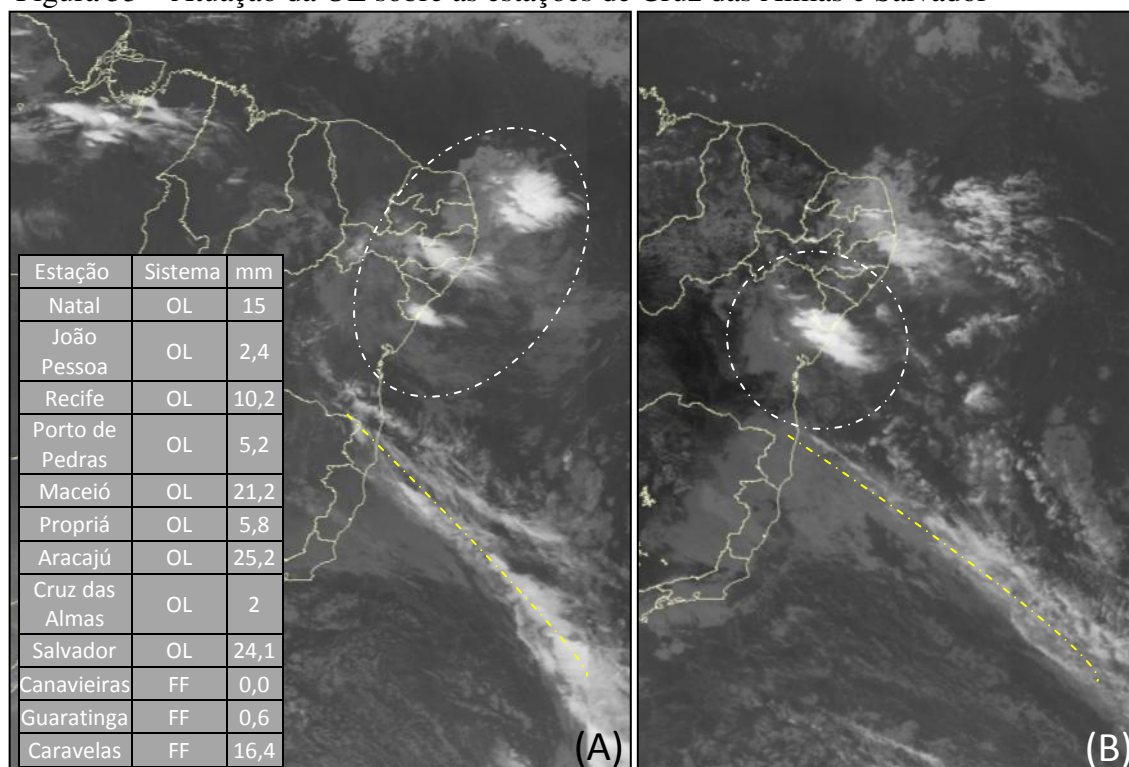
Figura 52 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante a quadra chuvosa entre Natal/RN e Canavieiras/BA, Ano-Padrão 2016



Análise de episódio, 24 de maio de 2016

O episódio a ser analisado neste tópico é à atuação de uma OL sobre o Estado da Bahia no dia 24 de maio de 2016. Esta OL teve sua formação no dia 20, entre o Nordeste e a ilha de Ascensão, mais ou menos na mesma latitude do Estado de Pernambuco. Este sistema deslocou-se para oeste até atingir o litoral da Zona da Mata no dia 24, quando interagiu com o relevo litorâneo, ganhando assim, maiores dimensões e uma cobertura de nuvens mais densa (Figura 53).

Figura 53 – Atuação da OL sobre as estações de Cruz das Almas e Salvador



A figura A e B são referentes ao dia 24 de maio de 2016. A figura A é referente às 06 horas GTM e a Figura B às 17 horas GTM, ambas são imagens do GOES 8 IR. O círculo em branco na figura A indica a OL e na figura B indica a nebulosidade associada a OL sobre a Bahia. A linha em amarelo indica a FF.

Esta OL atingiu a Zona da Mata durante a madrugada do dia 24. Esse sistema passou a apresentar maiores dimensões a partir das 6 horas GTM (Figura 53A). Às 17 horas GTM (Figura 53B) observa-se densa cobertura de nuvens sobre o norte do litoral baiano e certa nebulosidade associada sobre Cruz das Almas/BA e Salvador/BA. Foi registrado na estação de Salvador/BA alta umidade atmosférica (em torno de 94%), baixa taxa de insolação (2,6), alta nebulosidade (8,75) e 24,1 mm precipitados neste dia. A estação de Cruz das Almas/BA apresentou falhas nos dados de muitas variáveis climáticas no ano 2016, assim, pode-se

mencionar apenas que a pluviosidade nesta estação foi de 2 mm/dia e a nebulosidade foi elevada (10.0).

Além da OL, verifica-se a atuação de uma FF sobre as estações do extremo sul da Zona da Mata, contudo, este sistema não interferiu na atuação da OL, mantendo-se apenas entre Caravelas/BA, Guaratinga/BA e Canavieiras/BA conforme é observado na Figura 53A e B. Seu limite pode ser facilmente identificado, o que permite sua distinção da OL. Ao atuar sobre as estações do extremo sul, essa FF provocou queda de temperatura. Em Caravelas/BA a temperatura máxima entre o dia 23 e 24 caiu 4,1°C (de 29°C passou para 24,9°C) e em Guaratinga/BA, a queda foi de 8,3°C (de 33°C passou para 24,7°C). As condições térmicas em Canavieiras/BA não poderão ser relatadas devido a falhas nesta variável. Estas estações também registraram nebulosidade elevada e baixo nível de insolação.

4.5.3.3 Análise do pós-quadra chuvosa entre Natal e Canavieiras, Ano-Padrão Muito Seco, 2016

Em agosto entre as estações de Natal/RN a Maceió/AL, a pluviosidade foi bem abaixo da média, isto se deve a fraca atuação das OL. Neste mês, as estações mencionadas normalmente apresentam elevadas médias de pluviosidade em virtude da atuação das OL que habitualmente contribuem com consideráveis índices de pluviosidade, contudo, neste ano 2016, as OL atuaram de forma bem inferior ao que foi observado nos demais Anos-Padrão. Segue uma descrição da participação de cada sistema atuante na área de estudo durante o período analisado:

MEA e MTA: Nestes meses de agosto a dezembro, as massas de ar seguiram o mesmo padrão observado ao longo deste ano e dos demais Anos-Padrão analisados nesta pesquisa. A MEA atuou por um máximo de 119 dias (registro de Natal) devido a pouca atuação dos demais sistemas atmosféricos. À medida que se avança ao sul da Zona da Mata, o número de dias que a MEA atua sofre grande redução, caindo para 64 dias em Aracajú/SE e apenas 9 em Caravelas/BA. Esta massa esteve ausente entre agosto e novembro nas estações de Guaratinga/BA e Caravelas/BA, onde dá lugar ao predomínio da MTA. Esta última, tem sua atuação reduzida à medida que se avança ao norte da área de estudo. O máximo de dias que a MTA atuou foi de 70 dias (registro de Canavieiras/BA).

Os meses de outubro a dezembro são secos na maioria das estações da Zona da Mata. Grande parte dos dias destes meses são influenciados pela MEA e a MTA, contudo, estas massas não apresentam condições para provocar chuvas nestes meses. Assim, diferentemente

do quadrimestre chuvoso, no pós-quadra chuvosa (entre Natal/RN a Canavieiras/BA), essas massas já não apresentam o mesmo potencial para produção de chuvas.

ZCAS: Entre novembro e dezembro este sistema atuou por 8 dias. Nesses meses, 2 eventos de ZCAS afetaram diretamente a área de estudo. Em sua atuação, a ZCAS não provocou grandes totais pluviométricos. Com respeito às OL, estas atuaram por no máximo 4 dias em agosto (registro de Maceió) e apenas 1 dia em setembro. Não provocaram grandes volumes de pluviosidade.

FF: As FF e os VCAS foram os sistemas atmosféricos conhecidos por provocar pluviosidade que atuaram por mais dias durante o período de agosto a dezembro. É interessante destacar que neste período, as FF não apresentaram grandes condições para avançar além do litoral baiano, deste modo, estiveram ausentes nas estações de Natal/RN a Porto de Pedras/AL e atuaram por poucos dias em Maceió/AL, Propriá/SE e Aracajú/SE. Como exemplo desta situação, observa-se nos Apêndices C2, 3 e 4, que as FF atuaram por apenas 4 dias em Aracajú/SE, enquanto que em Cruz das Almas/BA, atuaram por 22 dias, o que representa uma significativa diferença, demonstrando assim, o quanto as FF concentraram-se sobre a Bahia. Em Caravelas/BA, que é a estação a extremo sul do litoral baiano, as FF atuaram por 48 dias, quantitativo bem superior ao registrado na estação de Cruz das Almas/BA que esta mais ao norte deste litoral. Observa-se uma brusca diminuição entre o número de dias em que as FF atuam em Cruz das Almas/BA e o número de dias que as FF atuam em Aracajú/SE, isto demonstra mais uma vez que as FF são muito mais limitadas ao litoral baiano. Também demonstra que Cruz das Almas/BA representa o limite da área de maior atuação das FF na Zona da Mata nordestina.

Estes dados demonstram que em 2016, durante os meses em questão, as FF atuaram por mais tempo sobre o litoral da Bahia, do que no mesmo período, durante os outros Anos-Padrão analisados, além disso, também provocaram pluviosidade mais elevada nestes meses do que no mesmo período nos outros Anos-Padrão. No litoral baiano os meses de agosto a dezembro apresentam volumes pluviométricos superiores aos registrados nas demais estações da Zona da Mata, a saber, aquelas entre Natal/RN e Aracajú/SE. Destaca-se a pluviosidade registrada nas estações de Canavieiras/BA e Guaratinga/BA em outubro e novembro. Durante estes dois meses as FF provocaram volumes de pluviosidade que chegaram até a ultrapassar os 300 mm mensais, total que representa mais do que o dobro da média para o mês de novembro em Canavieiras/BA.

Entre agosto e dezembro aproximadamente 31 FF atuaram sobre o Brasil. Destas, 6 FF atuaram em agosto, 5 em setembro, 5 em outubro, 8 em novembro e 7 em dezembro. Sobre a

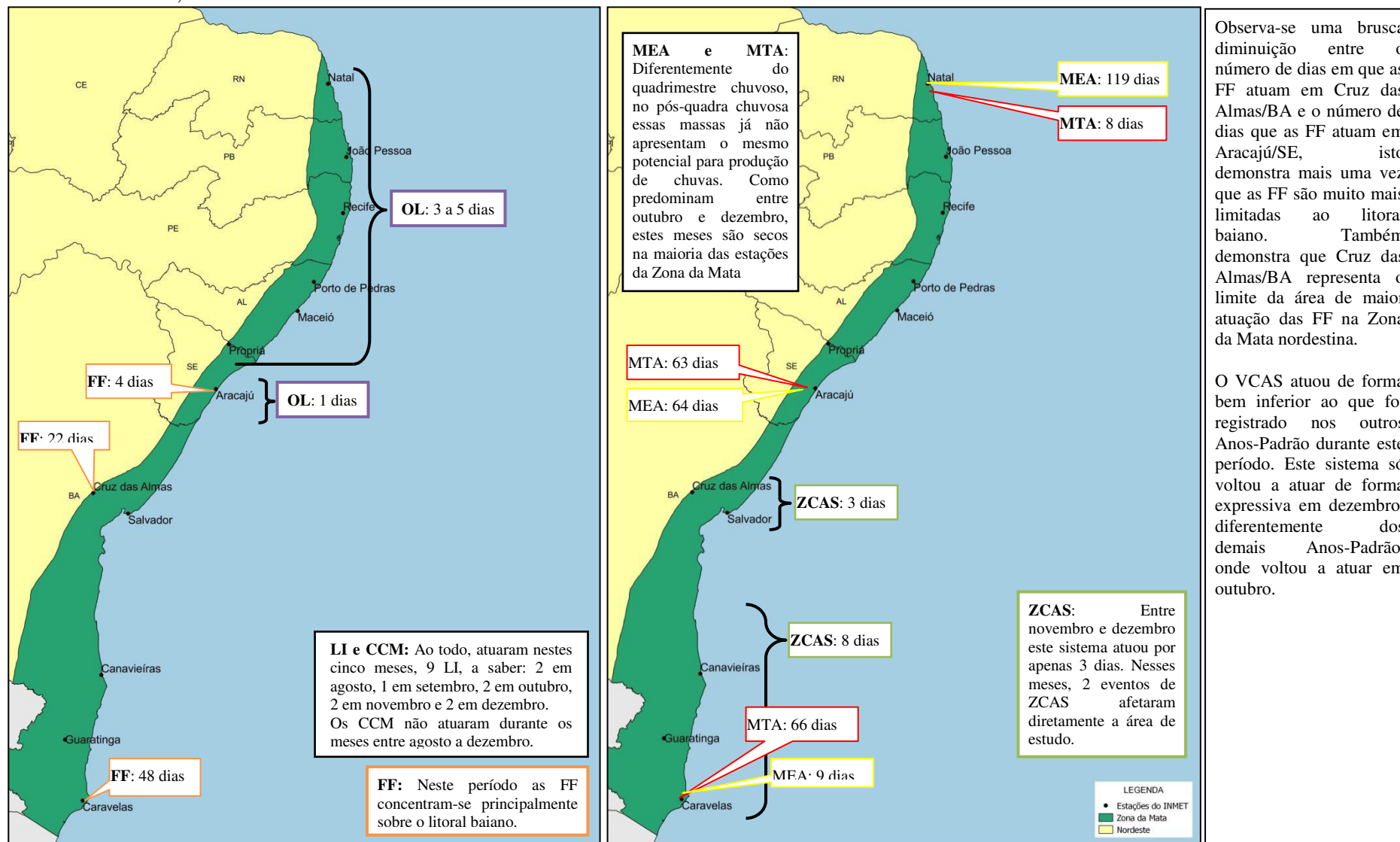
Zona da Mata atuaram apenas 3 FF em agosto, 3 em setembro, 3 em outubro, 6 em novembro e 2 em dezembro.

VCAS: Tratando-se dos VCAS, estes foram ausentes ou atuaram por pouquíssimos dias em agosto, setembro, outubro e novembro, voltando a atuar por vários dias (metade do mês) apenas em dezembro. Neste mês os VCAS contribuíram com boa parte da pluviosidade mensal, porém, isto não foi o suficiente para manter os volumes de chuva próximos à média. Como observado em tópicos anteriores, verifica-se que a atuação dos VCAS dificulta o avanço das FF sobre a Zona da Mata, isto é notório ao se analisar e comparar a atuação das FF nos meses em que os VCAS atuaram por poucos dias, com a atuação das frentes em dezembro, quando os VCAS intensificam sua atuação.

LI e CCM: Observaram-se várias linhas atuando sobre a Zona da Mata entre agosto a dezembro, porém, devido ao tempo que permanecem atuando, a suas dimensões espaciais e sua disposição latitudinal ou longitudinal, nem sempre estas atingem várias estações quando atuam. Ao todo, atuaram nestes cinco meses, 9 LI, a saber: 2 em agosto, 1 em setembro, 2 em outubro, 2 em novembro e 2 em dezembro. No dia 2 de agosto, uma LI provocou 72 mm/dia em Canavieiras/BA. Os CCM não atuaram entre agosto a dezembro.

Além dos sistemas que habitualmente atuam na Zona da Mata, observou-se uma Depressão Subtropical formar-se sobre o oceano adjacente influenciando as condições do tempo atmosférico no litoral baiano, este evento ocorreu no dia 15 de novembro, sendo, portanto, a segunda depressão subtropical a atuar na área durante neste ano. Suas repercussões sobre a Zona da Mata serão detalhadas no tópico destinado a análise de episódio. A análise deste tópico está sintetizada na Figura 54.

Figura 54 - Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata durante o pós-quadra chuvosa entre Natal/RN e Canavieiras/BA, Ano-Padrão 2016



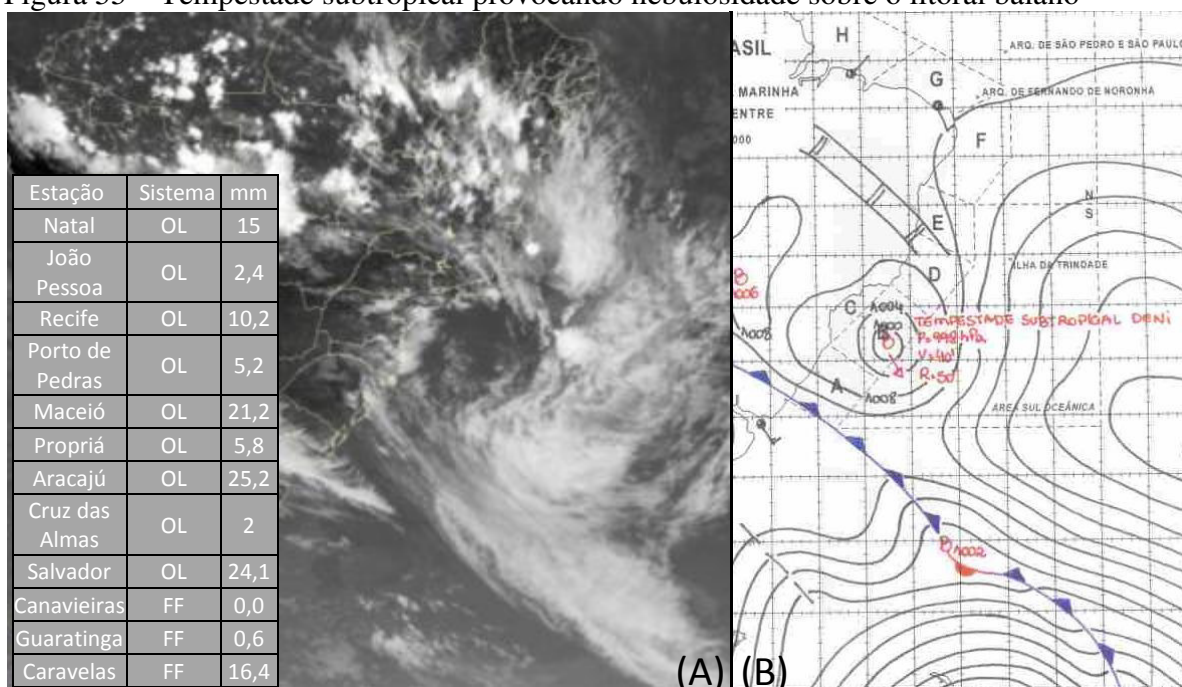
Observa-se uma brusca diminuição entre o número de dias em que as FF atuam em Cruz das Almas/BA e o número de dias que as FF atuam em Aracaju/SE, isto demonstra mais uma vez que as FF são muito mais limitadas ao litoral baiano. Também demonstra que Cruz das Almas/BA representa o limite da área de maior atuação das FF na Zona da Mata nordestina.

O VCAS atuou de forma bem inferior ao que foi registrado nos outros Anos-Padrão durante este período. Este sistema só voltou a atuar de forma expressiva em dezembro, diferentemente dos demais Anos-Padrão, onde voltou a atuar em outubro.

Análise de Episódio, 15 de novembro de 2016

No dia 15 de novembro houve o desenvolvimento de uma depressão subtropical nas proximidades do litoral de São Paulo e Rio de Janeiro, logo esse sistema evoluiu para uma tempestade subtropical e recebeu o nome de Deni pela Marinha do Brasil (Figura 55). Este sistema não atuou sobre o continente, permaneceu ativo apenas sobre as águas oceânicas, contudo, a nebulosidade associada a este sistema provocou muitos transtornos. Este sistema permaneceu ativo durante o dia 15 a 17 de novembro. Conforme Menezes et al. (2017), desde que se deu início ao monitoramento em 2004, este foi o 4º ciclone subtropical a formar-se nas águas oceânicas brasileiras. A principal zona litorânea afetada foi a de São Paulo e Rio de Janeiro.

Figura 55 – Tempestade subtropical provocando nebulosidade sobre o litoral baiano



A figura A é referente ao dia 16/11 às 18:00 horas GTM e é disponibilizada pelo CPTEC/INPE. A figura B é referente ao dia 16/11 às 12 horas GTM e é disponibilizada pela Marinha do Brasil.

No dia 16 de novembro grandes áreas de instabilidade associada ao Deni (Figura 55A) provocaram chuvas intensas no sul da Bahia³⁸, causando alagamento em várias cidades. Observa-se que nas estações de Caravelas/BA, Guaratinga/BA, Canavieiras/BA, Salvador/BA e Cruz das Almas/BA não houve o registro de intensa pluviosidade. No dia 17 esse sistema já está mais distante do continente e sua nebulosidade passa a dissipar-se. Na Figura 55B

³⁸ <https://www.climatempo.com.br/noticia/2016/11/16/chuva-continua-na-bahia-3389>

observa-se que a nebulosidade associada a este sistema sobre a Bahia foi sinalizada com a mesma simbologia utilizada para indicar uma zona da convergência, como a ZCAS.

4.5.3.4 Quadra chuvosa em Guaratinga e Caravelas, Ano-Padrão muito seco 2016

Neste período as FF foram as principais responsáveis pelas chuvas em novembro, provocando boa parte da pluviosidade precipitada, isto resultou nos volumes de chuva acima da média em Canavieiras/BA e Guaratinga/BA, enquanto que em Caravelas/BA a pluviosidade esteve próximo à média. Observou-se que os VCAS, ao atuarem sobre a Zona da Mata no mês de dezembro, posicionaram-se de tal modo que sua porção convectiva sul esteve sobre Guaratinga/BA e Caravelas/BA, contudo, estes sistemas não atuou de forma intensa, além disso, nos demais Anos-Padrão, os VCAS voltaram a atuar no mês de outubro, contudo, neste ano 2016, os VCAS só voltaram a atuar por vários dias em dezembro.

Visto que os VCAS também atuaram pela maior parte dos dias do mês de janeiro e fevereiro, pode-se dizer que estes foram os principais responsáveis pelas chuvas neste quadrimestre chuvoso, seguido pela ZCAS (que atuou por mais dias nesses meses do que as FF) e as frentes frias. Em janeiro as estações de Canavieiras/BA, Guaratinga/BA e Caravelas/BA contaram com expressiva pluviosidade provocada pela ZCAS, o que tornou o volume pluviométrico mensal de janeiro, nestas três últimas estações, superior a todas as outras.

Tratando das FF, atuaram sobre o Brasil aproximadamente 25 FF durante esta quadra chuvosa, foram 8 FF em novembro, 7 em dezembro, 5 em janeiro e 5 em fevereiro. Neste período, várias FF desviaram-se para o oceano ou sofreram frontólise antes de chegar até a Zona da Mata, assim, atuaram 6 FF em novembro, 2 em dezembro, 1 em janeiro e 2 em fevereiro.

Ao analisar os resultados dos outros Anos-Padrão, verifica-se que as FF são bem mais atuantes em novembro, compensando a ausência parcial dos VCAS, e, à medida que as FF reduzem sua atuação em janeiro e fevereiro, os VCAS tornam-se os principais responsáveis pelas chuvas. A ZCAS, nesta situação, torna-se um sistema que, quando atua, amplia os volumes de pluviosidade ou compensa a ausência dos VCAS e das FF. No entanto, a atuação destes três sistemas não provoca grandes volumes de chuvas mensais como ocorre com aqueles sistemas que atuam no centro-norte da Zona da Mata.

Os CCM as LI não atuaram sobre estas duas estações durante este período chuvoso.

4.5.3.5 Pós Quadra chuvosa em Guaratinga e Caravelas, Ano-Padrão muito seco 2016

Conforme observado na análise dos demais Anos-Padrão, observou-se que a massa de ar predominante no extremo sul da Zona da Mata é a MTA. Neste ano a estação de Canavieiras/BA mais uma vez representou o limite entre a área sobre domínio da MEA e a área sobre domínio da MTA. Verifica-se que neste ano, a MEA atuou por mais dias que a MTA até a estação de Salvador/BA, a partir daí, em Canavieiras/BA, a MEA reduz consideravelmente sua influência e a MTA passa a predominar. Ao longo destes 8 meses, a MTA atuou por 122 dias sobre Guaratinga/BA e 126 dias em Caravelas/BA.

Os VCAS atuaram durante grande parte do mês de março, porém, praticamente deixaram de atuar na área de estudo a partir de abril, situação atípica, uma vez que nos dois outros Anos-Padrão, os VCAS só reduziram sua atuação ou deixaram de atuar na área de estudo apenas em maio.

Nos demais Anos-Padrão, quando os VCAS voltaram a atuar em outubro, permaneceram sobre a área de estudo por um total de 10 a 13 dias, contudo, neste ano muito seco 2016, os VCAS atuaram por apenas 3 dias, isto demonstra que neste ano, este sistema atuou durante um número menor de dias, além de ter apresentado menor intensidade na produção das chuvas.

Apesar da pluviosidade neste Ano-Padrão 2016 ter sido bem abaixo da média em maio, Junho e Julho em todas as estações entre Natal/RN e Salvador/BA, a pluviosidade em Guaratinga/BA e Caravelas/BA esteve próximo à média devido ao fato de que estas estações normalmente não apresentam totais pluviométricos mensais elevados.

Em conjunto com os VCAS, as FF são os sistemas responsáveis pelas chuvas no extremo sul da Zona da Mata. Verificou-se que, assim como nos demais Anos-Padrão, a atuação deste sistema concentra-se principalmente sobre o litoral baiano. Em Caravelas/BA que é a estação mais ao sul da Zona da Mata, as FF ou suas repercussões atuaram por 66 dias ao longo dos 8 meses deste período, enquanto que, em Cruz das Almas/BA, que é a estação mais ao norte do litoral baiano, verifica-se que este sistema atuou por apenas 34 dias, isto demonstra mais uma vez, a maior influência deste sistema sobre o extremo sul desta área. Entre março e outubro avançaram sobre o Brasil 42 FF, destas, 24 FF ou suas repercussões atuaram sobre a Zona da Mata.

Nestes meses, apenas 1 LI atuou, isto ocorreu em setembro, enquanto os CCM, não atuaram.

4.6 Síntese da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos sobre a Zona da Mata e suas influências sobre a pluviosidade registrada nas estações meteorológicas

Antes de detalhar algumas características da atuação de cada massa de ar e sistema atmosférico analisado nesta pesquisa, é importante, a partir das considerações feitas nos tópicos anteriores, sintetizar quais são os principais responsáveis pela variabilidade pluviométrica temporal e espacial da pré-estação chuvosa, quadra chuvosa e pós-quadra chuvosa da Zona da Mata. Assim, com base na Análise Rítmica aplicada a esta pesquisa, observou-se:

“Pré-estação chuvosa”: Neste período as estações meteorológicas de Natal/RN a Canavieiras/BA são influenciadas principalmente pelos VCAS, estes são os principais responsáveis pela abundância ou ausência de chuvas, e, em segundo lugar, está a ZCIT e a ZCAS que atuam em setores específicos dentro da Zona da Mata. A ZCIT atua principalmente entre as estações de Natal/RN, João Pessoa/PB e Recife/PE, após Recife/PE, passa a reduzir sua atuação progressivamente, até atuar ocasionalmente em Propriá/SE e Aracajú/SE. A ZCIT atua mais significativamente durante a referida pré-estação chuvosa no mês de março. Do mesmo modo, a ZCAS atua principalmente sobre as estações do extremo sul da Zona da Mata, porém, também exerce influências sobre as estações de Canavieiras/BA a Cruz das Almas/BA, e, em casos excepcionais, pode impor alterações no tempo atmosférico sobre Aracajú/SE e Propriá/SE. Outros sistemas podem atuar ocasionalmente como as LI e CCM, as FF são pouco atuantes neste período.

Verifica-se que estes sistemas contribuem com consideráveis totais pluviométricos, o que justifica o título deste período. Isto fica evidente no Quadro 6, neste, podemos observar um comparativo entre os totais pluviométricos provocados por cada sistema atmosférico, bem como suas associações no Ano-Padrão chuvoso 2000 e no Ano-Padrão seco 2016. No Quadro 7 é possível observar os totais pluviométricos provocados no Ano-Padrão normal 2002. Os registros neste quadro nos permite visualizar a quantidade de pluviosidade que cada sistema é capaz de provocar ao longo de cada período do ano, bem como, também nos permite observar a influência da latitude sobre a variação pluviométrica provocada por cada sistema ao longo de toda a Zona da Mata.

[illegible]

[illegible][illegible]

[illegible][illegible]

[illegible][illegible]

[illegible][illegible]

[illegible][illegible]

Quadro 7 – Total pluviométrico anual provocado por cada sistema atmosférico atuante na Zona da Mata, Ano-Padrão 2002

[illegible][illegible][illegible]

[illegible][illegible][illegible]

	Pré-estação chuvosa			Estação Chuvosa				Pós-quadra chuvosa					
ARACAJÚ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
MEA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
MTA	1,4	3	23,5	16,2	47	66,6	73,2	45,1	30,2	7,8	0	0	314
ZCIT	0	5,3	4	0	20,3	13	3	0,2	1	3,5	3,1	0	53,4
ZCIT/LI					0								0
ZCIT/VCAS													0
ZCAS													0
ZCAS/VCAS												0	0
FF		23,7											23,7
RFF					75,5								75,5
FF/VCAS					1,1	27,9			3,4				32,4
VCAS													0
VCAS/CCM	147,7	20	29,8	28,3	1,9	0	0			1,2	19,7	4,2	252,8
OL													0
OL/VCAS					82,3	92,5	19,4	8,4					202,6
LI													0
CCM	20,1			0,4	9,6	1,8		5,8					37,7
DEPRESSÃO SUBTROPICAL					41,4								41,4

[illegible][illegible]

	Pré-estação chuvosa			Estação Chuvosa				Pós-quadra chuvosa					
CANAVIEIRAS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
MEA			35,5	32	33,2	78,9	25,8	57,2	13,6			0	276,2
MTA	8,4	6,6	0,6	3,6	57	24,4	37,6	50,8	15,2	14,4	2	0	220,6
ZCIT													0
ZCIT/LI													0
ZCIT/VCAS													0
ZCAS		64,9										28,6	93,5
ZCAS/VCAS		12,1										6,5	18,6
FF	31,7			16,1	21		2,7		23,8	0,3	69,4		165
RFF					9,5	13,9	33,1	2,9	78,6				138
FF/VCAS											0,9	144,3	145,2
VCAS	185,4	32,5	113,7	64,8	1,6	8,5	74,9			2,4	12,6	9,9	506,3
VCAS/CCM			19,5										19,5
OL													0
OL/VCAS													0
LI									19,1				19,1
CCM			65,1						42,9				108
DEPRESSÃO SUBTROPICAL													0

	Pré-estação chuvosa			Estação Chuvosa				Pós-quadra chuvosa					
GUARATINGA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
MEA			0	15,5	4,1	17,5	14	36,3	5,5			0	92,9
MTA	12,4	0	22,3	12,9	31,2	44,4	29,1	40,2	39	11,3	2,5	0	245,3
ZCIT													0
ZCIT/LI													0
ZCIT/VCAS		52,3											52,3
ZCAS		86,7										82,8	169,5
ZCAS/VCAS												34	34
FF	4,8			21,1	37,3		2,3		48,6	7,3	5,9		127,3
RFF			0		2,2	6,6	16,5	0	46,6				71,9
FF/VCAS											32,8	13,1	45,9
VCAS	282,9	10,1	57,9	46	10,6	16,6	4,6			16,5	7,1	37,2	489,5
VCAS/CCM			14,3										14,3
OL													0
OL/VCAS													0
LI									18,7				18,7
CCM			33										33
DEPRESSÃO SUBTROPICAL													0

	Pré-estação chuvosa			Estação Chuvosa				Pós-quadra chuvosa					
CARAVELAS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
MEA				15	11,3	19,9	33,3	0,4				0	79,9
MTA	1,6	0	16,5	12,5	29,4	65,4	17	60,5	27,3	22,1	0	4,5	256,8
ZCIT													0
ZCIT/LI													0
ZCIT/VCAS													0
ZCAS		28,4										66,2	94,6
ZCAS/VCAS		0,5										57,7	58,2
FF	28,5		1,1	50	23,3		9		99,9	7,8	50,2		269,8
RFF					14,2	15,8	42,2	4,3	57,5	7,7			141,7
FF/VCAS											69,7	0	69,7
VCAS	242,7	19,8	47,7	53,3	5,9	10,7	4,2			15,9	0,1	0,7	401
VCAS/CCM													0
OL													0
OL/VCAS													0
LI													0
CCM													0
DEPRESSÃO SUBTROPICAL													0

Organização: Autor.

Durante a pré-estação chuvosa, observou-se que, dentre as estações presentes na Zona da Mata, o maior volume de pluviosidade provocado pelo VCAS registrado em uma das estações foi de 355,3 mm no Ano-Padrão chuvoso 2000, enquanto no Ano-Padrão seco, o maior total de chuva foi de 318 mm. As associações entre o VCAS e a ZCIT causaram um máximo de 55,5 mm durante a pré-estação chuvosa do Ano-Padrão chuvoso 2000, enquanto no ano seco 2016, esta associação provocou um máximo de 97,3 mm. O maior volume de chuva provocado pela ZCIT nos Anos-Padrão durante o período em análise, ocorreu na estação de Porto de Pedras/AL, onde provocou 201,4 mm (ano Ano-Padrão seco). Por sua vez, o maior volume de pluviosidade provocado pela ZCAS neste período, foi registrado na estação de Canavieiras/BA no ano 2016, esta estação registrou 145 mm. Este volume foi registrado em janeiro, sendo fevereiro e março ausente de registros pluviométricos provocados pela ZCAS. Estes dados confirmam que, para a Zona da Mata, o VCAS é o sistema com maior potencial para produção de chuvas na pré-estação chuvosa.

“Quadra chuvosa”: Durante este período, entre Natal/RN e Canavieiras/BA observou-se que os principais sistemas atmosféricos produtores de chuva são: ZCIT, FF, VCAS e OL.

Os VCAS atuam em toda a Zona da Mata, contudo, não durante todos os meses do período chuvoso. Em abril, esse pode ser considerado o principal produtor de chuvas na área de estudo, pois, atua em todo o setor. Além deste, no norte da Zona da Mata, a ZCIT atua por um número similar de dias, deste modo, em abril, este sistema e os VCAS atuam por grande parte dos dias entre as estações de Natal/RN a Recife/PE. Em Porto de Pedras/AL e Maceió/AL a ZCIT atua por um número menor de dias, e, em Propriá/SE e Aracajú/SE exerce influência de forma ocasional. Nas estações do litoral baiano as FF, quando atuam, complementam a pluviosidade deste mês.

Em maio, junho e julho, quando os VCAS e a ZCIT a norte, reduzem sua participação em maio e permanecem ausentes da Zona da Mata em junho e julho³⁹, os principais responsáveis pela pluviosidade tornam-se as OL e as FF. As OL apresentam máxima atuação em junho e julho. Nesta análise, esse sistema atuou principalmente entre Natal/RN e Maceió/AL, atuando também, por um número menor de dias em Propriá/SE e Aracajú/SE. Verificou-se que em casos mais excepcionais, este sistema também chegou a gerar chuvas ocasionais em Cruz das Almas/BA e Salvador/BA. Por ser um sistema que provoca grandes volumes pluviométricos durante sua atuação, observa-se que a média pluviométrica de maio, junho e julho nas estações entre Natal/RN e Maceió/AL, é bastante elevada em relação às

³⁹ No caso do VCAS, este ainda atuou por 1 ou 2 dias durante estes meses em 2002.

médias observadas nas demais estações, desse modo, a OL torna-se a principal explicação para este fato.

As FF por sua vez, atuam principalmente no litoral baiano entre os meses de maio a julho⁴⁰, e, por um número menor de dias, em Aracajú/SE e Propriá/SE, atuando também, de forma mais ocasional nas demais estações a norte da Zona da Mata. As FF não apresentam a mesma frequência e potencial para produção de chuvas que as OL possuem, desse modo, verifica-se que a pluviosidade de maio, junho e julho não é tão elevada no litoral baiano quanto se observa no norte da Zona da Mata. Além das FF, as massas de ar também colaboram com certa pluviosidade durante os meses em questão, favorecendo principalmente os maiores volumes de chuva em Cruz das Almas/BA, Salvador/BA e Canavieiras/BA. Sobre este fato, é provável que a influência das FF que se deslocam de sul e as OL que atuam mais ao norte, ampliem a umidade atmosférica sobre o oceano adjacente, que, por sua vez, é direcionada a esta porção da Zona da Mata a partir dos alísios que compõem as massas equatorial atlântica e tropical atlântica.

É importante destacar que a estação de Aracajú/SE apresenta uma média pluviométrica relativamente mais baixa do que as demais estações próximas ao oceano⁴¹, isto pode ser verificado ao se comparar a média pluviométrica desta estação com a média das estações em Maceió/AL e Salvador/BA. É provável que isto se explique devido ao seguinte fato: Além dos VCAS que atuam em toda a Zona da Mata, as estações ao norte de Aracajú/SE contam com a influência da ZCIT e das OL que provocam muita pluviosidade, contudo, estes sistemas já não atuam com a mesma frequência em Aracajú/SE, do mesmo modo, as FF que são sistemas que atuam com maior frequência sobre o litoral baiano, ao sul, também atuam sobre Aracajú/SE, porém, com menor intensidade, o mesmo ocorre com a ZCAS. Deste modo, Aracajú/SE passa a apresentar pluviosidade anual reduzida em relação às demais estações próximas ao oceano por estar no limite da atuação dos sistemas que predominam a norte e daqueles que predominam a sul de sua localização. Além disso, por estar na porção central da Zona da Mata, possui menores possibilidades de ser influenciada pelas bordas convectivas norte e sul dos VCAS quando estes atuam totalmente sobre o Nordeste (ver Quadro 6).

Após esta explanação a respeito do ritmo, pode-se destacar que, no que diz respeito ao potencial pluviométrico, neste período chuvoso, o mês de abril é um dos mais dinâmicos em termos de atuação de sistemas. Neste mês os VCAS e a ZCIT, de forma isolada ou em associação, atuam de forma intercalada por quase todo o mês no norte da Zona da Mata. Neste

⁴⁰ Atua também em abril, porém, encontra mais dificuldades devido aos VCAS.

⁴¹ As estações de Propriá, Cruz das Almas e Guaratinga localizam-se mais adentro da Zona da Mata.

mês, no ano 2000, os VCAS provocaram chuvas que somaram um total mensal de 290,3 mm em uma das estações da área de estudo, enquanto que, a ZCIT, provocou um máximo de 240 mm/mês. A associação entre estes dois sistemas foi capaz de gerar 81,5 mm/mês. Em comparação, verificou-se que no mês de abril do Ano-Padrão seco 2016, o maior volume de chuva mensal provocado pela ZCIT somou 101,6 mm/mês, enquanto o maior volume de chuva provocado pelos VCAS foi de apenas 41,7 mm/mês. Não houve associações entre tais sistemas, como resultado da fraca atuação e expressão em que estes se apresentaram.

Em abril as FF que atuam no sul da Zona da Mata e provocaram um volume de chuva próximo aos 150 mm/mês no Ano-Padrão 2000, porem, praticamente não provocaram chuva no Ano-Padrão seco 2016. Estes dados revelam o potencial pluviométrico que pode ser provocado neste mês, por tais sistemas, além de sua variação entre anos secos e chuvosos.

No mês de maio, a ZCIT e os VCAS reduzem sua atuação, assim, o principal sistema a atuar neste mês é as OL na porção centro-norte da Zona da Mata, e, as FF ao sul. Quanto aos meses de junho e julho, estes, registram os maiores volumes mensais de chuva em comparação com os outros meses do ano, isto ocorre no norte desta região e se justifica devido aos elevados totais pluviométricos provocados pelas OL, contudo, este é praticamente o único sistema produtor de chuvas a atuar neste setor, durante tais meses, conforme se observa nos Quadros 6 e 7. Verifica-se que em junho e julho, os maiores volumes pluviométricos provocados pelas OL variam entre 1002,9 mm (Natal/RN) no Ano-Padrão chuvoso e 543,5 mm (Recife/PE) no Ano-Padrão seco.

Passando ao sul da Zona da Mata, tanto as FF e suas repercussões como as massas de ar, são responsáveis pela pluviosidade deste setor em maio, junho e julho, conforme mencionado mais acima. As FF e RFF provocaram nestes meses, volumes máximos de pluviosidade que variaram entre 98,3 mm (Canavieiras/BA) no Ano-Padrão chuvoso e 303,4 mm (Canavieiras/BA) no Ano-Padrão seco. No que diz respeito às massas equatorial atlântica e tropical atlântica, o volume pluviométrico máximo provocado pela soma da atuação de ambas nos meses de maio, junho e julho foi de 325,8 mm (Salvador/BA) no Ano-Padrão chuvoso, e, 137,9 mm (Salvador/BA) no Ano-Padrão seco. Estes dados demonstram como as massas de ar são de fundamental importância para que as estações do sul da Zona da Mata apresentem volumes pluviométricos elevados nos meses do quadrimestre chuvoso.

“Pós-quadra chuvosa”: Nas estações de Natal/RN a Canavieiras/BA, as massas de ar tornam-se predominantes devido a menor frequência dos sistemas produtores de chuva, assim, estas passam a ser as responsáveis pela estabilidade atmosférica e pouquíssimas chuvas em grande parte da área de estudo, neste período. Essas massas predominam principalmente

durante os meses de agosto, setembro e outubro. Em novembro e dezembro atuam durante parte destes meses por conta dos VCAS. As OL permanecem ativas sobre a Zona da Mata nos meses de agosto e setembro, desse modo, ainda provocam pluviosidade nestes meses, principalmente entre Natal/RN e Maceió/AL⁴². Os VCAS que permanecem praticamente ausentes durante junho, julho, agosto e setembro, voltam a atuar efetivamente em outubro. Em novembro e dezembro os VCAS passam a atuar por praticamente metade de cada um destes meses, contudo, posicionam-se sobre o Nordeste de modo a, em geral, provocar estabilidade atmosférica em grande parte da Zona da Mata (em anos chuvosos, seu posicionamento pode ser mais favorável às chuvas, a exemplo de 2000, Quadro 6). Por último, as FF também atuam durante os meses do pós-quadra chuvosa, porém, atuam em geral, apenas sobre as estações do extremo sul da Zona da Mata, em Canavieiras/BA, Salvador/BA e Cruz das Almas/BA, provocando pouca pluviosidade (Quadros 6 e 7).

“Quadra chuvosa em Guaratinga/BA e Caravelas/BA”: Este período corresponde aos meses de novembro a fevereiro, o principal sistema produtor de chuvas atuante neste período é os VCAS, em seguida, pode-se mencionar as FF e a ZCAS. Neste período as FF não avançam muito além destas estações, deste modo, não contribuem muito com a pluviosidade precipitada em novembro e dezembro em Canavieiras/BA, Salvador/BA e Cruz das Almas/BA. Em Guaratinga/BA e Caravelas/BA nem sempre as FF provocam grandes volumes pluviométricos, contudo, são suficientes para elevar a pluviosidade nestes meses. As FF são menos frequentes nestas estações em janeiro e fevereiro, atuando por pouquíssimos dias. A ZCAS também colabora com a pluviosidade mensal deste quadrimestre chuvoso, contudo, durante esses meses, nos três Anos-Padrão analisados, observou-se que nem sempre esse sistema provocou pluviosidade significativa quando atuou, mesmo tendo atuado por mais dias que as FF durante os meses em questão.

Durante os meses de novembro e dezembro os VCAS em conjunto com as massas de ar, são responsáveis por provocar estabilidade atmosférica em grande parte das estações presentes na Zona da Mata (Apêndices A, B e C), contudo, em Guaratinga/BA e Caravelas/BA, este sistema chega a provocar pluviosidade devido a seu posicionamento em relação à região Nordeste.

Isto se explica devido ao seguinte fato: Nestes meses, os VCAS que atuam sobre esta região, em geral, posicionam-se de modo a manter suas porções centrais sobre a Zona da Mata, dificultando a formação de grande nebulosidade, contudo, no extremo sul da área de

⁴² No ano chuvoso 2000, o maior volume de pluviosidade provocado pelas OL em agosto e setembro somou 616 mm em Recife/PE, enquanto no Ano-Padrão seco, o maior registro foi de 75,6 mm em Natal.

estudo, os VCAS se mantêm gerando pluviosidade devido a sua porção convectiva sul, que em geral, passa a localizar-se sobre as estações de Guaratinga/BA e Caravelas/BA, chegando até a contribuir com a pluviosidade em Canavieiras/BA. Essa mesma situação se repete em janeiro e fevereiro, deste modo, os VCAS são os principais responsáveis pela pluviosidade registrada durante os meses do quadrimestre chuvoso em Guaratinga/BA e Caravelas/BA.

Estas afirmações tornam-se mais significativas ao analisarmos os totais pluviométricos registrados nos Quadros 6 e 7. Observa-se nestes, os totais de chuva que cada sistema contribuiu e quais são os sistemas com atuação mais significativa. Verifica-se que a pluviosidade do quadrimestre chuvoso no extremo sul da Zona da Mata corresponde a praticamente 50% do total anual. O sistema que contribui com maiores volumes de pluviosidade na quadra chuvosa deste setor é o VCAS, este gerou 328,2 mm durante este período (registro de Guaratinga/BA) no Ano-Padrão chuvoso, enquanto na quadra chuvosa do ano seco, o VCAS provocou 272,5 mm. As ZCAS e as FF contribuem com volumes pluviométricos menores, além disso, é notável que não foram todos os meses que se registrou atuação destes sistemas. A ZCAS provocou um total de 154 mm de forma isolada ou associação com os VCAS durante o Ano-Padrão chuvoso, e, no Ano-Padrão seco, este sistema gerou 200,9 mm de forma isolada ou em associações. As FF por sua vez, provocaram no Ano chuvoso um total de 163,7 mm (estação de Guaratinga/BA), e, o maior volume de pluviosidade registrado na quadra chuvosa do Ano-Padrão seco somou 200,6 mm (estação de Guaratinga/BA).

“Pós-quadra chuvosa em Guaratinga/BA e Caravelas/BA”: Este período corresponde aos meses de março a outubro. Nestas estações, “esses meses apresentam pouca pluviosidade”, que não chega a somar, em geral, volumes pluviométricos acima dos 100 mm mensais. Os sistemas atmosféricos atuantes em Guaratinga/BA e Caravelas/BA durante tais meses são: As FF, que atuam ao longo de todos estes meses, sendo, portanto, o principal sistema produtor de chuvas no período, e, os VCAS que atuam em março, abril, e outubro, pois, permanecem ausentes ou praticamente ausentes durante os demais meses. Por contarem com a presença de poucos sistemas produtores de chuva, principalmente quando os VCAS deixam de atuar, esses meses passam a apresentar pluviosidade relativamente baixa em Guaratinga/BA e Caravelas/BA, isto justifica o fato de que os meses de abril a julho não são considerados chuvosos nestas estações, diferentemente das demais estações presentes na Zona da Mata. A massa tropical atlântica e a equatorial atlântica também contribuem com certa pluviosidade neste período.

Por último, cabe ressaltar que as estações de Guaratinga/BA e Caravelas/BA possuem uma média pluviométrica anual relativamente menor que as demais estações da Zona da Mata, isto se deve ao fato de que sistemas atmosféricos como a ZCIT e as OL, que são extremamente importantes para a abundância de chuvas no período chuvoso das estações mais ao norte da Zona da Mata, não atuam nesta área. Observa-se que os altos índices pluviométricos registrados no quadrimestre chuvoso das estações entre Natal/RN a Maceió/AL devem-se principalmente a estes sistemas. Portanto, a maior diferença entre as médias pluviométrica das estações de Guaratinga/BA e Caravelas/BA, em relação às médias das estações localizadas no norte da Zona da Mata, está nos totais pluviométricos registrados no quadrimestre chuvoso.

Deste modo, cabe ressaltar que, os principais responsáveis pelas chuvas nestas duas estações do extremo sul da Zona da Mata são os VCAS e as FF, além destes, a MTA e a MEA contribuem com certa pluviosidade durante o pós-quadra chuvosa. Este fato permite que a pluviosidade seja melhor distribuída ao longo dos meses do ano. As estações de Salvador/BA e Canavieiras/BA (também presentes no litoral baiano), que também não contam com a atuação das OL e da ZCIT, possuem pluviosidade mais elevada que as estações do extremo sul (principalmente Caravelas/BA que está junto à costa) devido às chuvas provocadas pelas massas de ar durante os meses de abril a julho.

Após esta explanação acerca dos sistemas atmosféricos e massas de ar responsáveis pela abundância ou ausência da pluviosidade sobre as estações meteorológicas consideradas, é possível, portanto, dar início a um breve resumo das particularidades observadas de cada sistema atmosférico e massa de ar atuante ao longo da Zona da Mata:

MEA: A partir da Análise Rítmica, pôde-se constatar que esta atua o ano todo e é a principal massa de ar atuante na Zona da Mata, pois, apresenta maior frequência que a MTA sobre praticamente todas as estações meteorológicas presentes na área de estudo. A MEA atua por um número muito maior de dias sobre o norte da Zona da Mata, reduzindo sua atuação mensal sobre as estações à medida que a latitude aumenta em direção ao sul desta área. Nas estações presentes no extremo sul da Zona da Mata, a MEA atua por poucos dias durante alguns meses, e, pode permanecer ausente durante os meses de janeiro, fevereiro, setembro, outubro, novembro e dezembro.

Verifica-se no Quadro 7 que, no quadrimestre chuvoso, entre Cruz das Almas/BA e Canavieiras/BA, onde as massas exercem maior influência sobre a pluviosidade, a MEA é capaz de produzir volumes pluviométricos bem superiores em relação à MTA (o mesmo se aplica para o resto da Zona da Mata). Esta afirmação fica evidente ao se verificar os dados da

estação de Salvador/BA durante o Ano-Padrão chuvoso, neste, a MEA provocou 505,4 mm/ano, enquanto a MTA provocou apenas 99,7 mm/ano. Do mesmo modo, no Ano-Padrão seco, a MEA provocou 257,1 mm/ano, enquanto a MTA, provocou apenas 66,3 mm/ano.

MTA: Esta massa atua o ano todo e apresenta maior frequência sobre as estações do extremo sul da Zona da Mata, reduzindo sua atuação mensal à medida que a latitude diminui em direção ao norte desta área. Nas estações mais ao norte da Zona da Mata, como Natal/RN e João Pessoa/PB, esta massa atua por poucos meses, e, nestes meses, permaneceu atuando por poucos dias. Observou-se que tanto a MTA como a MEA podem provocar totais que variam habitualmente em torno de 0,1 mm a 10 mm/dia. Em situações menos comuns chegam a provocar volumes de chuva em torno de 20 mm/dia, e, em alguns casos mais excepcionais, podem causar totais de chuva que variam em torno de 30 mm/dia. Estes volumes pluviométricos, quando frequente, podem contribuir com relativos volumes de pluviosidade mensal⁴³, como se verifica no parágrafo anterior. O período em que estas massas mais colaboraram com a pluviosidade sobre a Zona da Mata, durante os anos analisados nessa pesquisa, foram os meses de abril a julho.

ZCIT: Na análise dos Anos-Padrão, observou-se que este sistema atua sobre a Zona da Mata de forma significativa nos meses de março, abril e maio. Destes meses, abril é o mês em que a ZCIT atua com maior intensamente, enquanto em maio, este sistema atua de forma reduzida, devido ao fato de que já está retornando as latitudes mais ao norte, acima da linha do equador. Assim como mencionado mais acima, esse sistema atua principalmente sobre Natal/RN, João Pessoa/PB e Recife/PE, atuando por um número menor de dias em Porto de Pedras/AL e Maceió/AL, e, em casos excepcionais, sobre Propriá/SE e Aracajú/SE.

Nos Anos-Padrão aqui analisados, a ZCIT, de forma isolada ou em associação, contribuiu com 595,7 mm/ano (Recife/PE) no ano chuvoso, enquanto que, no ano seco, o maior volume pluviométrico relacionado a ZCIT foi de 296,3 mm/ano (estação de Natal/RN).

ZCAS: Observou-se que este sistema atuou sobre a Zona da Mata durante os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março (neste ultimo, apenas durante um dos Anos-Padrão). A ZCAS atuou principalmente em Caravelas/BA e Guaratinga/BA, mas, também exerceu influências em Canavieiras/BA, Salvador/BA e Cruz das Almas/BA, porém, com menor frequência. Em situações excepcionais, quando esteve associada a um VCAS, também atuou sobre Aracajú/SE e Propriá/SE. Durante os Anos-Padrão analisados, a ZCAS não provocou pluviosidade em todos os dias em que permaneceu sobre a Zona da Mata, apesar de

⁴³ Observou-se que estas massas chegaram a provocar mais de 100 mm de pluviosidade durante um único mês no Ano-Padrão chuvoso.

impor mudanças no tempo atmosférico. A ZCAS e as FF, podem ser considerados os sistemas responsáveis por complementar os volumes pluviométricos provocados pelos VCAS sobre as estações do extremo sul da Zona da Mata, durante a quadra chuvosa. Portanto, a ZCAS, apesar de não ser o principal responsável pelas chuvas do período chuvoso nestas estações, é responsável por sua manutenção, ou seja, colabora com pluviosidade excedente, mantendo os índices próximos à média.

Verifica-se no Quadro 6 que o maior volume pluviométrico anual provocado pela ZCAS (de forma isolada ou em associação) no ano chuvoso 2000 foi em Guaratinga/BA, onde se registrou 197,4 mm/ano, enquanto que, no Ano-Padrão seco, o maior volume de pluviosidade registrado foi de 200,9 mm/ano em Guaratinga/BA.

FF: Durante os Anos-Padrão analisados, foi contabilizada a atuação de aproximadamente 73 FF sobre o Brasil, deste total, observou-se uma média de 28 FF atuarem sobre a Zona da Mata. Muitas das FF que atuam sobre esta área de estudo não apresentaram intensidade suficiente para avançar até as menores latitudes desta região. Isto é confirmado pelo fato de que, em cada Ano-Padrão, apenas uma ou duas FF conseguiram atuar sobre João Pessoa/PB e Natal/RN, deste modo, a grande maioria das FF que avançaram sobre a Zona da Mata, atuaram sobre o litoral baiano, principalmente sobre Guaratinga/BA e Caravelas/BA. É evidente a grande diferença entre a quantidade de FF que atua até Cruz das Almas/BA e a quantidade de FF que avança até Aracajú/SE.

Além das observações feitas até o momento, cabe ressaltar que nos meses em que os VCAS não atuam sobre a Zona da Mata, as FF passam a exercer maiores influências sobre esta área, atuando por mais dias, chegando até mesmo, a avançar sobre as menores latitudes⁴⁴, deste modo, pode-se mencionar que os VCAS dificultam o avanço das FF sobre a Zona da Mata. Sob tais condições, algumas FF acabam associando-se a estes sistemas ou desviando-se para o oceano. As Frentes atuam com maior frequência entre os meses de maio a novembro, sendo praticamente ausentes durante o verão e início do outono austral, que também corresponde com o período de máxima atuação dos VCAS.

Os dados do Quadro 6 revelam o potencial deste sistema em produzir chuvas na Zona da Mata. No Ano-Padrão chuvoso, o maior volume de chuva anual provocado pelas FF, suas repercussões e suas associações com os VCAS somou 524,1 mm/ano em Guaratinga/BA. No Ano-Padrão seco, devido a maior frequência das FF, esse sistema chegou a provocar 883,8 mm/ano em Salvador/BA.

⁴⁴ É importante destacar que este também é o período em que habitualmente as FF se apresentam mais intensas (outono e inverno austral).

VCAS: Os VCAS atuam entre outubro e maio sobre toda a Zona da Mata. Em junho, julho, agosto e setembro, estes sistemas permanecem ausentes, contudo, em casos excepcionais, pode acontecer de um VCAS desenvolver-se sobre a área de estudo durante esses últimos meses, como foi observado nos Anos-Padrão 2002 e 2016. Observou-se que os VCAS apresentam grande deslocamento longitudinal diário (tanto para leste como para oeste), além disso, verificou-se que esse sistema permanece ativo por um grande número de dias consecutivos. Em alguns casos os VCAS atuaram por dois ou três dias, contudo, em outros, um único VCAS chegou a atuar por pouco mais de 10 dias. Também se observou que vários VCAS atuaram consecutivamente, deste modo, em alguns meses, esses sistemas chegaram a atuar por mais de 20 dias. Os vórtices também foram os sistemas que mais interagiram com os demais sistemas, apresentando interações com a ZCIT, ZCAS, FF e CCM.

Observou-se que, em novembro e dezembro, enquanto os VCAS provocam estabilidade atmosférica em praticamente toda a Zona da Mata devido a seu posicionamento em relação à região Nordeste, sua porção convectiva sul posiciona-se sobre as proximidades do extremo sul da Zona da Mata, assim, este sistema passa a provocar pluviosidade sobre as estações presentes neste setor. Em outros casos, alguns VCAS também posicionaram sua porção central sobre o Sudeste do Brasil, o que permitiu que sua borda convectiva norte atuasse sobre as estações do litoral baiano.

O VCAS é um dos principais responsáveis pelos bons volumes de precipitação em praticamente toda a área de estudo, isto fica evidente no Quadro 6, neste, verifica-se, por exemplo, que no Ano-Padrão chuvoso, os volumes pluviométricos anuais provocados pelos VCAS na grande maioria das estações analisadas permearam entre os 400 a 500 mm anuais (o maior volume de chuva foi 762,2 mm/ano, Salvador/BA), totais estes bem significativos em relação à média pluviométrica anual destas estações.

OL: As ondas de leste são as principais responsáveis pela abundância ou escassez de chuvas entre maio, junho, julho (parte da quadra chuvosa) nas estações de Natal/RN a Maceió/AL, atuando também em Propriá/SE e Aracajú/SE, porém, com menor frequência. Também se observou que as OL, em situações excepcionais, chegaram a atuar sobre Cruz das Almas/BA e Salvador/BA. Estes sistemas atuam entre maio e setembro, apresentando maior frequência em junho e julho quando atuam por boa parte destes meses, enquanto em maio e agosto, atuam por pouco menos de um terço do mês. Em setembro as OL, em geral, atuam por poucos dias. Além disso, observou-se que, em um caso excepcional, no Ano-Padrão 2016, as OL provocaram pluviosidade em abril. Observou-se que estes sistemas provocam grandes volumes pluviométricos quando atuam, contudo, quando não se apresentam intensas, ou

atuam por um número menor de dias, tornam o período chuvoso de Natal/RN a Maceió/AL abaixo da média. Este sistema é responsável por mais de 50% da pluviosidade precipitada durante o quadrimestre chuvoso destas estações.

No Quadro 6 observa-se que este sistema, sem associações, foi capaz de produzir 1613,8 mm/ano em um ano chuvoso, como o Ano-Padrão 2000. Este total foi registrado na estação de Recife/PE, que é a estação que possui a maior média pluviométrica para os 22 anos analisados nesta pesquisa. Esta pluviosidade anual provocada pela OL, nesta estação, foi superior à média pluviométrica de várias estações para os 22 anos analisados nesta pesquisa (Porto de Pedras, 1609,6 mm; Propriá, 945,5 mm; Aracajú, 1184,9; Cruz das Almas, 1134,8; Guaratinga, 1124,8 mm e Caravelas 1392,5 mm).

As OL ainda provocaram totais pluviométricos anuais superiores aos 1000 mm entre as estações de Natal/RN a Porto de Pedras/AL durante o Ano-Padrão chuvoso, contudo, no Ano-Padrão seco, observa-se uma redução de mais de 50% no total precipitado. A maior diferença no total anual precipitado pelas OL nestes Anos-Padrão chuvoso e seco pode ser observada na estação de Natal/RN, onde o total difere em praticamente 1000 mm, este é exatamente o total de pluviosidade que diferencia, nesta estação, o Ano-Padrão chuvoso 2000 do ano-Padrão seco 2016 (Quadro 8), portanto, estes dados confirmam o fato de que este sistema é o principal responsável pela qualidade do período chuvoso das estações onde ele frequentemente atua.

Diante destas análises e afirmações, pode-se mencionar que a OL é o sistema com maior potencial pluviométrico de toda a Zona da Mata, e, por extensão, de todo o Nordeste. As OL, junto com os VCAS e a ZCIT são os responsáveis por tornar a região da Zona da Mata historicamente conhecida como uma área chuvosa, dona de abundantes canaviais e de uma exuberante Mata Atlântica, que, diferencia-se por completo das vastas áreas semiáridas desta região brasileira.

Ainda é possível mencionar que, se foi à abundância de chuvas que favoreceu a fixação da cultura canavieira nesta região, por parte dos portugueses no período colonial, pode-se afirmar que, as OL, os VCAS e a ZCIT foram os sistemas atmosféricos mais significativos neste quesito, caso a dinâmica atmosférica fossem semelhante a atual.

LI: Observou-se que várias LI atuam sobre a Zona da Mata ao longo do ano, contudo, conforme mencionado nas análises anteriores, devido ao tempo em que permanecem atuando, dimensão espacial e sua disposição latitudinal ou longitudinal, nem sempre estas LI atingem várias estações quando atuam, ou, colaboram com grandes volumes de pluviosidade. Parte das linhas que atuaram sobre a Zona da Mata apresentaram disposição horizontal e se formaram a

vanguarda de algumas FF, na dispersão, ou, durante a passagem destas. Também originaram-se a partir das influências da ZCIT. Estas linhas de instabilidade não apresentam a mesma frequência que as OL ou os VCAS apresentam, portanto, quando atuam, tornam-se um fator a mais na produção da pluviosidade. Observou-se que o maior volume pluviométrico anual que este sistema foi capaz de produzir no Ano-Padrão chuvoso foi 221, mm/ano (Salvador/BA), enquanto que, no ano seco, o maior volume pluviométrico gerado por este sistema foi 80 mm/ano (Maceió/AL).

CCM: Grande parte dos CCM que atuaram sobre a Zona da Mata, tiveram sua gênese sobre o oceano, nas proximidades do litoral. Assim como as LI, este sistema não atua por vários dias seguidos, e, em geral, quando atuaram, os CCM permaneceram por um dia inteiro ou apenas metade de um dia. Estes sistemas também não apresentaram grandes dimensões espaciais, e, em geral, quando se configuraram, atuaram entre 1 a 3 estações meteorológicas. Os CCM provocaram volumes de pluviosidade em torno de 20 a 100 mm/dia. Por não apresentarem grande frequência mensal em nenhuma das estações, os CCM são sistemas que, quando atuam, ampliam os totais pluviométricos mensais. Observou-se que este sistema e as LI ocorrem ocasionalmente durante o ano todo.

O potencial pluviométrico deste sistema fica evidente a partir do volume pluviométrico anual provocado por este sistema (Quadros 6 e 7), verifica-se que no Ano-Padrão chuvoso, o maior volume pluviométrico gerado por esse sistema de forma isolada ou relacionado com os VCAS foi o total de 107,5 mm/ano (Canavieiras/BA), enquanto no Ano-Padrão seco, o maior total foi 77,4 mm/ano (Canavieiras/BA).

Depressão Tropical: Além dos sistemas mencionados até o momento, verificou-se na Análise Rítmica a atuação de duas Depressões Tropicais (uma destas evoluiu para tempestade tropical) que atuaram em novembro e janeiro de 2016 entre as estações de Aracajú/SE e Caravelas/BA. Por terem sua gênese sobre o oceano, mais ou menos nas proximidades do sudeste e do litoral baiano, este sistema provocou apenas certa nebulosidade e pluviosidade sobre as estações presente no litoral da Bahia. Nas proximidades do centro deste sistema, verifica-se intensa nebulosidade. Estes são sistemas de rara ocorrência, principalmente para as latitudes onde se encontra o Brasil, visto que as condições oceânicas não são tão favoráveis ao seu desenvolvimento (MENEZES et al., 2017). A pluviosidade provocada por este sistema pode ser observada nos Quadros 6 e 7. Diante de todas as considerações feitas até o momento, foi elaborado o Quadro 8 que é uma síntese da climatologia da Zona da Mata.

Quadro 8 – Resumo da atuação dos sistemas atmosféricos e massas de ar sobre a Zona da Mata

SETOR	ESTAÇÕES/ PERFIL	PADRÕES DE CHUVA			PADRÕES DOS SISTEMAS		
		Ano Muito Chuvoso 2000 (mm)	Ano Normal 2002 (mm)	Ano Muito Seco 2016 (mm)	PRÉ-ESTAÇÃO CHUVOSA	ESTAÇÃO CHUVOSA	PÓS-QUADRA CHUVOSA
CENTRO NORTE DA ZONA DA MATA	Natal/RN João Pessoa/PB Recife/PE Porto de Pedras/AL Maceió/AL Propriá/SE Aracajú/SE	2166,1	2018,1	1165,4	-Neste período, o VCAS é o principal responsável pela abundância ou ausência das chuvas (possui forte frequência e intensidade*). - A ZCIT possui forte frequência e moderada intensidade entre as estações de Natal, João Pessoa e Recife. Atua com moderada frequência e intensidade em Porto de Pedras e Maceió, e, em Propriá e Aracajú possui fraca intensidade e frequência. A ZCIT atua por um número maior de dias apenas em março. -Em casos excepcionais, a ZCAS pode provocar repercussões sobre Aracajú e Propriá. -A MEA e a MTA são responsáveis pela estabilidade atmosférica. Os VCAS também contribuem com esta, quando o centro destes, atua sobre a área de estudo. -A MEA possui forte frequência (Setor de domínio da MEA) enquanto a MTA é praticamente ausente. -Os CCM e as LI possuem franca frequência, atuando ocasionalmente. A intensidade destes é indefinida.	-Em abril os VCAS e a ZCIT são os principais produtores de chuvas, atuam com forte intensidade. -A ZCIT possui forte frequência e intensidade entre Natal e Recife; é moderada em Porto de Pedras e Maceió; e, em Propriá e Aracajú, possui fraca frequência e intensidade. -A OL é o principal responsável pela pluviosidade em maio, junho e julho. Possui forte frequência e intensidade em junho e julho, enquanto em maio, demonstra fraca frequência e forte intensidade. -As OL possuem forte frequência e intensidade entre Natal e Maceió, e moderada frequência, porém, forte intensidade em Propriá e Aracajú. -As FF apresentam moderada frequência e intensidade em Aracajú e Propriá e fraca frequência e intensidade entre Natal e Maceió. -Este é o período em que as FF avançam com mais facilidade até este setor. -As LI e os CCM atuam com fraca frequência.	-Este período corresponde aos meses de agosto a dezembro. Nestes, as massas de ar predominam. Assim, possuem forte frequência entre agosto e outubro, em novembro e dezembro apresentam fraca frequência devido aos VCAS. -Neste período, as massas e os VCAS provocam estabilidade atmosférica. Este último permanece ausente entre junho e setembro. Volta a atuar em outubro. Em novembro e dezembro possuem forte frequência. -As OL permanecem ativas nos meses de agosto e setembro, principalmente entre Natal e Maceió. Apresentam moderada frequência e intensidade nesses meses. -As FF atuam com fraca frequência e intensidade. -As LI e CCM são ocasionais, possuem fraca frequência e intensidade indefinida. podendo ser fraca, moderada ou forte.
		2439,9	2003,1	1569,2			
SUL DA ZONA DA MATA	Cruz das Almas/BA Salvador/BA Canavieiras/BA	3359,0	2487,6	1707,6	-Neste setor o VCAS também é o principal responsável pela abundância ou ausência das chuvas para o período. -A ZCAS atua por pouquíssimos dias (média de 7 dias), assim como as FF (média de 3 dias). Ambos os sistemas apresentam fraca frequência e fraca intensidade. -Este é o setor onde ocorre a transição entre o domínio da MEA e da MTA. Ambas apresentam moderada frequência. Provocam estabilidade neste período. -Os CCM e as LI possuem fraca frequência por atuarem ocasionalmente. A intensidade é indefinida.	-Em abril, os VCAS são os principais produtores de chuvas. Atuam com forte frequência e intensidade. -Em maio, junho e julho, o sistema produtor de chuva que mais atua são as FF, porém, apesar da forte frequência (em relação ao número de dias que atuam), apresentam moderada intensidade. -Em especial, neste setor e período, as massas de ar também colaboram com certa pluviosidade. Possuem forte frequência e fraca intensidade na produção das chuvas. -Os CCM e as LI possuem fraca frequência. A intensidade é indefinida.	-As massas de ar predominam, principalmente entre agosto e outubro. Apresentam forte frequência. São as responsáveis pela estabilidade atmosférica. -Em novembro e dezembro os VCAS dividem espaço com as massas, porém, atuam por mais dias. Possuem forte frequência e provocam estabilidade atmosférica. -As FF apresentam forte frequência, porém, fraca intensidade. -Os CCM e as LI possuem fraca frequência e intensidade indefinida.
		2439,2	1742,9	1169,4			
EXTREMO SUL DA ZONA DA MATA	Guaratinga/BA Caravelas/BA	2635,7	2012,3	1361,1	Neste setor não existe Pré-Estação Chuvosa	-Neste setor, este período corresponde aos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro. -O principal produtor de chuvas nestes meses são os VCAS, estes atuam com forte frequência e intensidade nesta área, provocam chuvas devido a seu posicionamento em relação à região Nordeste (provocam estabilidade nas demais áreas). -Em relação ao número de dias que habitualmente atuam, as FF apresentam moderada frequência e forte intensidade em novembro e dezembro, e, fraca frequência e intensidade em janeiro e fevereiro. -A ZCAS apresenta fraca frequência em novembro e fevereiro, em dezembro demonstra forte frequência e em janeiro torna-se moderada sua atuação. Quanto a intensidade, é fraca em todos estes meses. -A MTA atua com forte frequência, enquanto a MEA apresenta fraca frequência. Estas são as responsáveis pela estabilidade atmosférica. Os VCAS também colaboram para a estabilidade. -As LI e os CCM atuam ocasionalmente.	-Neste período, as massas e os VCAS provocam estabilidade atmosférica. Este último permanece ausente entre junho e setembro. Volta a atuar em outubro. Em novembro e dezembro possuem forte frequência. -As OL permanecem ativas nos meses de agosto e setembro, principalmente entre Natal e Maceió. Apresentam moderada frequência e intensidade nesses meses. -As FF atuam com fraca frequência e intensidade. -As LI e CCM são ocasionais, possuem fraca frequência e intensidade indefinida. podendo ser fraca, moderada ou forte.
		1341,1	1005,2	595,4			
EXTREMO SUL DA ZONA DA MATA	Guaratinga/BA Caravelas/BA	1561,9	1033,5	735,0	Neste setor não existe Pré-Estação Chuvosa	-Em abril, os VCAS são os principais produtores de chuvas. Atuam com forte frequência e intensidade. -Em maio, junho e julho, o sistema produtor de chuva que mais atua são as FF, porém, apesar da forte frequência (em relação ao número de dias que atuam), apresentam moderada intensidade. -Em especial, neste setor e período, as massas de ar também colaboram com certa pluviosidade. Possuem forte frequência e fraca intensidade na produção das chuvas. -Os CCM e as LI possuem fraca frequência. A intensidade é indefinida.	-As massas de ar predominam, principalmente entre agosto e outubro. Apresentam forte frequência. São as responsáveis pela estabilidade atmosférica. -Em novembro e dezembro os VCAS dividem espaço com as massas, porém, atuam por mais dias. Possuem forte frequência e provocam estabilidade atmosférica. -As FF apresentam forte frequência, porém, fraca intensidade. -Os CCM e as LI possuem fraca frequência e intensidade indefinida.
		1298,3	1171	937,5			
EXTREMO SUL DA ZONA DA MATA	Guaratinga/BA Caravelas/BA	1908,2	1824,3	1282,8	Neste setor não existe Pré-Estação Chuvosa	-Em abril, os VCAS são os principais produtores de chuvas. Atuam com forte frequência e intensidade. -Em maio, junho e julho, o sistema produtor de chuva que mais atua são as FF, porém, apesar da forte frequência (em relação ao número de dias que atuam), apresentam moderada intensidade. -Em especial, neste setor e período, as massas de ar também colaboram com certa pluviosidade. Possuem forte frequência e fraca intensidade na produção das chuvas. -Os CCM e as LI possuem fraca frequência. A intensidade é indefinida.	-As massas de ar predominam, principalmente entre agosto e outubro. Apresentam forte frequência. São as responsáveis pela estabilidade atmosférica. -Em novembro e dezembro os VCAS dividem espaço com as massas, porém, atuam por mais dias. Possuem forte frequência e provocam estabilidade atmosférica. -As FF apresentam forte frequência, porém, fraca intensidade. -Os CCM e as LI possuem fraca frequência e intensidade indefinida.
		1786,3	1710	1744,1			

***Frequência” refere-se à quantidade de dias em que o sistema atuou. A “intensidade” refere-se a quantidade de chuva que provocou. Definiu-se 3 níveis para ambas as categorias: Forte, moderado e fraco.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho identificou com êxito os principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a Zona da Mata que são responsáveis pelo ritmo climático, ou seja, por todas as condições climáticas mencionadas por Andrade (1986) e Diniz et al. (2016). No entanto, é importante esclarecer que apesar deste ritmo climático ser semelhante ao que se é relatado do passado, a intensidade e frequência com cada sistema atmosférico atua hoje sobre a Zona da Mata pode não ser a mesma que a 400 ou 500 anos atrás.

As observações feitas por Andrade (1986) e Diniz et al. (2016) de que existe um período seco e outro chuvoso na Zona da Mata coincide com os resultados obtidos. Isto ocorre entre as estações de Natal até Cruz das Almas, enquanto que em Salvador, Canavieiras, Guaratinga e Caravelas (onde não existe um efetivo período seco) a pluviosidade média mensal sofre certa redução nos períodos que não são considerados quadrimestres chuvosos.

Os resultados obtidos também indicam um provável motivo⁴⁵ pelo qual o litoral sergipano apresenta volumes pluviométricos baixos em relação ao que é registrado nas estações presentes em Maceió e Salvador (estações vizinhas), prejudicando assim, o pregresso da produção canavieira nesta área durante o período colonial. Os resultados demonstram que Sergipe está no limite da atuação dos sistemas que predominam a norte e a sul de sua localização. No extremo sul da Bahia onde existe a produção cacaueira em vez da cana-de-açúcar, identificou-se que a pluviosidade é relativamente menor que nas demais estações da Zona da Mata e menos concentrada no período chuvoso, sendo constante o ano todo. Isto é resultado principalmente da atuação dos VCAS e das FF, além da ausência da atuação da ZCIT e das OL que provocam as maiores concentrações de chuva registradas nas estações do Norte da Zona da Mata durante os meses de abril a julho.

Os resultados também indicaram que a dinâmica das chuvas na Zona da Mata é determinada pelo seguinte “ritmo”: durante os meses de janeiro fevereiro e março o VCAS é o principal sistema atuante e responsável por boa parte das chuvas precipitadas neste período. Em segundo lugar, estão a ZCIT e a ZCAS que atuam em setores específicos dentro da Zona da Mata. A ZCIT atuando a norte e a ZCAS a sul. Em abril, os VCAS continuam sendo os principais responsáveis pela pluviosidade em toda a área de estudo. A ZCIT divide espaço com os VCAS em termos de importância para as chuvas no norte da Zona da Mata, mais

⁴⁵ Conforme foi observado em tópicos anteriores, Diniz et al. (2016) indicam outro motivo que explica os menores índices de chuva no litoral sergipano, estes sugerem que o formato côncavo deste litoral possa influenciar as dinâmica atmosférica local.

especificamente entre Natal e Maceió. No litoral baiano as FF, quando atuam, complementam a pluviosidade deste mês. Sergipe se beneficia da atuação destes dois últimos sistemas quando apresentam intensidade suficiente para atingir tal Estado.

Em maio junho e julho os VCAS reduzem sua influência e dão lugar as OL, que atuam no centro norte da Zona da Mata, enquanto as FF, que intensificam sua frequência nestes meses, atuam principalmente no litoral baiano. Neste período a MEA e MTA também provocam relativa pluviosidade principalmente em Salvador e Canavieiras. Em agosto, quanto intensas, as OL ainda provocam relativa pluviosidade entre Natal a Aracajú. A partir de setembro até dezembro a MEA e MTA tornam-se predominantes devido a menor frequência dos sistemas produtores de chuva, assim, estas são as responsáveis pela estabilidade atmosférica e pouquíssima pluviosidade em grande parte da área de estudo. Em novembro e dezembro os VCAS voltam a atuar, e, em conjunto com estas massas mantêm a estabilidade do tempo.

As FF também atuam entre agosto e dezembro, porém, sua atuação concentra-se sobre o litoral baiano, estas são responsáveis pela relativa pluviosidade registrada nas estações climáticas presentes nesta área, durante estes meses. Os VCAS também provocam relativa pluviosidade neste setor, principalmente em Guaratinga e Caravelas em novembro (quando estão ativos) e dezembro. Quando atuam, as ZCAS também provocam pluviosidade nesta área, enquanto as LI e CCM foram sistemas que não apresentaram período específico de atuação, muito menos uma frequência média, portanto, estes sistemas podem atuar durante todo o ano e em qualquer ponto da Zona da Mata, quando atuam, provocam relativos a elevados volumes de chuva. Além deste ritmo, os dados analisados ainda indicaram que o fenômeno conhecido como ENOS, que ocorre no oceano Pacífico, exerceu influência direta sobre a redução ou abundância das chuvas na Zona da Mata ou em parte dela. Quanto ao fenômeno conhecido como Dipolo Positivo e Negativo que ocorre no oceano Atlântico, observou-se que nem todos os anos em que houve a ocorrência do Dipolo Positivo, a pluviosidade no norte da Zona da Mata foi baixa, enquanto a ocorrência de Dipolos Negativos não foi suficiente para se estabelecer conclusões.

Por fim, cabe ressaltar que a materialização deste trabalho torna-se uma contribuição científica aos estudos do ritmo climático e dos sistemas atmosféricos atuantes na singular Zona da Mata do Nordeste Brasileiro. Sabe-se que muito ainda se precisa investigar sobre a realidade climática deste setor e do Nordeste como um todo, por isto, esta pesquisa não se encerra por aqui, pois, as inquietações que levaram a tal, e os anseios geográficos em busca de maiores compreensões continuam como perspectivas futuras. Como proposta a futuros

trabalhos, pode-se mencionar que ao longo da análise das imagens de satélite, observou-se forte concentração de nebulosidade sobre o litoral da Bahia (Anexo 1), porém, esta não se estendia até as porções mais centrais deste Estado, aparentemente isso ocorria devido a interferências do elevado relevo presente neste setor, tornando-se uma barreira natural à passagem de umidade para o interior do Estado, concentrando-a na porção litorânea, e, portanto, contribuindo com as chuvas nesta área. Esta situação não pôde ser analisada neste trabalho, e, portanto, torna-se uma sugestão para futuras pesquisas.

REFERÊNCIAS

AB’SÁBER, A. N. **Os Domínios de Natureza no Brasil**: Potencialidades Paisagísticas. 4. ed. São Paulo/SP: Ateliê Editorial, 2007. p. 151

ALVES, J. M. B. Aspectos Climatológicos do Nordeste Brasileiro com Ênfase a Região Semi-Árida: Principais Causas da Variedade Pluviométrica Interanual. *In*: Simpósio sobre Captação de Água de Chuva no Semiárido Brasileiro, 1., 1997, Petrolina/PE. **Anais...** Petrolina. 1997. p. 1 – 17.

ALVES, J. M. B.; FERREIRA, F. F.; CAMPOS, J. N. B.; ASSIS, F.; SOUZA, E. B.; DURAN, B. J.; SERVAINI, J.; STUDART, T. M. C. Mecanismos atmosféricos associados à ocorrência de precipitação intensa sobre o Nordeste do Brasil durante janeiro de 2004, **Revista Brasileira de Meteorologia**, vol. 21, nº.1.p. 56-76, 2006.

ANA. **Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/as-12-regioes-hidrograficas-brasileiras/atlantico-ne-oriental>>. Acesso em: 19/09/2017

ANA. **Região Hidrográfica São Francisco**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/as-12-regioes-hidrograficas-brasileiras/sao-francisco>>. Acesso em: acesso 19/09/2017

ANA. **Região Hidrográfica Atlântico Leste**. Disponível em:<<http://www3.ana.gov.br/as-12-regioes-hidrograficas-brasileiras/atlantico-leste>>. Acesso em: 19/09/2017

ANDRADE, M. C. **A terra e o homem no Nordeste, Contribuições ao Estudo da Questão Agrária no Nordeste**. Ed 5. São Paulo/SP: Editora Atlas S.A, 1986. p.239.

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**, v. 22, n. 1, p. 63-74, abril, 2007.

ANDRIGHETTI, Y. **Nordeste**: mito e realidade. São Paulo/SP: Editora Moderna, 1998. p. 176.

BARROS, J. **A chuva no Distrito Federal: o regime e as excepcionalidades do ritmo.** 2003. 221 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro/SP. 2003.

BARROS, J. R.; ZAVATTINI, J. A. Bases Conceituais em Climatologia Geográfica. **Revista Mercator**. Ceará. Ano 8, n.16, p. 255 - 260, 2009. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/289/235>. Acesso em: 03/04/2013.

BARROS, L. F. ESBOÇO CLIMATOLÓGICO DA REGIÃO LESTE BRASILEIRA. **Revista Brasileira de Geografia**, Brasília/DF, v. 30, n. 1, p.3-54, jan. 1968. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1968_v30_n1.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2016.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **EL NIÑO e LA NIÑA: Impactos no Clima, na Vegetação e na Agricultura do Rio Grande do Sul, Aplicações de Previsões Climáticas na Agricultura.** Porto Alegre/SC: Editora UFRGS, 2003. p. 112

BORSATO, V. **A dinâmica climática do Brasil e massas de ares.** Curitiba/PR: Editora CRV, 2016. p.182

BRASIL. **Mata Atlântica.** <http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atl%C3%A2ntica_emdesenvolvimento>. Acesso em: 12/09/2017.

CALBETE, N. O; GAN, M. A.; SATYAMURTY, P. Vórtices Ciclônicos da Alta Troposfera que atuam sobre a Região Nordeste do Brasil. **Revista Climanálise**. Cachoeira Paulista/SP, Edição Especial, Out. 1996. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/index1.shtml>> Acesso em: 20 de Abr. 2017. (documento on-line).

CARLOS, A. F. A. A Geografia Brasileira, Hoje: Algumas Reflexões. **Revista Terra Livre**. São Paulo/SP. Ano 18, vol. I, n. 18, p. 161 - 178, Jan. – Jun. 2002.

CARVALHO, L. M. V; JONES, C. Zona de Convergência do Atlântico Sul. In: CAVALCANTI, I. F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A. J; DIAS (org.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo/SP: Oficina de Texto, 2009. p. 95 – 109.

CARVALHO, C. P. O. Manuel Correia de Andrade e a Economia Política do Nordeste. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 45, n. 2, p. 6-16, abril/jun. 2014. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/projwebren/Exec/artigoRenPDF.aspx?cd_artigo_ren=1429>. Acesso em: 20/06/2018.

CAVALCANTI, I. F. A.; KOUSKY, V. E. Frentes Frias sobre o Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J; DIAS (org.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo/SP: Oficina de Texto, 2009. p. 135 – 147.

CAVALCANTI, I. F. A.; KOUSKY, V. E. Influências da circulação de escala sinótica na circulação da brisa marítima na costa N-NE da América do Sul. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. 2., 1982, Pelotas/RS. **Anais...** Rio de Janeiro/RJ: Cbmet, 1982. p. 409 – 425. Disponível em:<http://www.cbmet.com/edicoes.php?cgid=16&imageField2.x=37&imageField2.y=14> Acessado em: 30/04/17.

CHAN, C.S. **Análise de distúrbios ondulatórios de leste sobre o Oceano Atlântico tropical sul**. 1990. 111 p. (Dissertação de Mestrado) – Instituto de Pesquisas Espaciais/INPE, São José dos Campos/SP, 1990.

CONDE, F. C.; DIAS, M. A. F. S. Vórtices Ciclônicos de Ar Superior: Um Estudo de Caso através de Balanço de Vorticidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro/RJ: Cbmet, 2000. p. 1876 - 1883. Disponível em <<http://www.cbmet.com/edicoes.php?cgid=12&imageField2.x=40&imageField2.y=12>> Acesso: 01 de mar. 2017.

DIAS, M. A. F. S. Complexos Convectivos de Mesoescala sobre a Região sul do Brasil. **Revista Climanálise**. Cachoeira Paulista/SP, Edição Especial, Out. 1996. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliessp10a/mcc_cli.html> Acesso em: 20/04/2017. (documento on-line).

DIAS, M. A. F. S.; ROZANTE, J. R.; MACHADO, L. A. T. Complexos Convectivos de Mesoescala na América Do Sul. In: CAVALCANTI, I. F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M.

G. A. J; DIAS (orgs). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo/SP, Oficina de Texto. 2009. 463 p.

DINIZ, M. T. M.; VASCONCELOS F. P.; OLIVEIRA G. P.; MEDEIROS, D. B. S. Climatologia do Litoral do Nordeste Brasileiro. *In: _____*. **Geografia costeira do Nordeste: Bases naturais e tipos de uso**. Ed. 1. Fortaleza/CE: Editora CRV, 2016, Cap.1, p. 13 – 35.

EMBRAPA. **Solos do Nordeste**. Recife/PE: EMBRAPA, 2014. p. 14. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2531016/solos-do-nordeste-ganham-cartilha>>. Acesso em: 11/09/2017.

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**, Curitiba/PR, v.1, nº 1. p.15-28, 2005.

FERREIRA, N. J.; CHAN, C. S.; SATYAMURTI, P. Análise dos distúrbios ondulatório de leste sobre o Oceano Atlântico Equatorial Sul. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA*, 6., 1990, Salvador/BA, **Anais...** Rio de Janeiro/RJ: Cbmet, 1990 p. 462-466.

FILHO, M. F. G; SOUZA, E P; BECKER, C. T. Sistemas Convectivos de Mesoescala com Precipitação Intensa na Paraíba: Um Estudo de Caso. **Revista Brasileira de Meteorologia**. Vol. 11, n.1. p. 36 - 43, 1996.

FREYRE, G. **Nordeste: Aspectos da Influência da Cana sobre a Vida e a Paisagem do Nordeste do Brasil**. 7. ed. São Paulo: Global Editora, 2004. p. 255

FUNCEME. **Ilustração do El Niño**. Disponível em :http://www.funceme.br/produtos/script/chuvas/Grafico_chuvas_postos_pluviometricos/totalchuvas/el_nino/infotec/nino.htm. Acesso em: 27/10/2017

GALVANI, E.; AZEVEDO, T. A Frente polar atlântica e as características de tempo associadas Estudo de Caso. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA*. 10., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro/RJ. 2003. p. 1 – 11. Disponível

em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/graduacao/apoio/Apoio/Apoio_Emerson/SBGFA2003.PDF> Acessado em: 03/05/2017.

GAN, M. A.; KOUSKY, V. E. Vórtices ciclônicos da alta troposfera no Oceano Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 1, nº 1. p. 19-28. 1986.

GAN, M. A. **Um estudo observacional sobre as baixa frias da alta troposfera, nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e leste do Brasil**. 1982. 65 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) INPE. S. J. Campos/SP. 1982. Disponível em: <<http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2005/06.21.17.31/doc/publicacao.pdf>> Acesso em: 01 de mar.2017.

HANN, Julius von. **Handbuch der klimatologie**. Publisher: Stuttgart, J. Engelhorn (1908). University of Michigan. Disponível em: <<https://archive.org/details/handbuchderklim06hanngoog>> Acesso em: 22/02/2017.

IBGE. **Cidades**. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php?lang=_EN> Acesso em: 21/02/2017.

IBGE, **Mapa de clima do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/tematicos.html>>. Acesso em: 24/10/2017.

IBGE, **Mapa de Densidade Demográfica**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/tematicos/demografia.html>>. Acesso em: 22/09/2017

IBGE. **Mapa de Unidades de Relevo do Brasil (2006)**. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geomorfologia/mapas/brasil/relevo_2006.pdf>. Acesso: 07/09/2017.

INMET. **Estações Convencionais**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais>> Acesso em: 09/01/2016.

INPE: **Atlas de remanescentes florestais de Mata Atlântica (2016)**. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=3610>. Acessado em: 18/09/2017.

KOPPEN, W. **Klassifikation der Klimatenach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf** (Classification of climates according to temperature, precipitation and seasonal cycle). 1918. Petermanns Geogr. Mitt. 64, 193-203, 243-248. map 1 and map 2. Disponível em: <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Koppen_1918.pdf>. Acesso em: 22/02/2017.

LUCENA, D. B. **Impacto dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima do Nordeste do Brasil**. 2008. 225 p. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande/PB. 2008.

LUCENA, D. B.; SERVAIN J.; M. F. GOMES FILHO. 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 impactssurle Nordeste (CATIN)**. Ed. Série Oceanografia e Meteorologia da Funceme. Fortaleza: Funceme/IRD. 2010. p. 176 – 197.

MACHADO, L. A. T.; FERREIRA, N. J.; LAURENT, H.; DIEDHIOU A. Distúrbios Ondulatórios de Leste. *In*: CAVALCANTI, I. F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A. J; DIAS (org.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo/SP: Oficina de Texto, 2009. p. 62 – 73.

MENEZES, N. S.; ZEE, D. M. W.; SILVA, F. A. F.; BARRETO, A. C.; TOUCEIRA, M. C. C. Evolução da Ocorrência de Ciclones Tropicais e Subtropicais na Consta Brasileira. *In*: Semana Nacional de Ciência e Tecnologia no vale do Paraíba, 2017, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos/SP. 2017. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2017/08/nat%C3%A1liamenezes_eixo1_poster.pdf>. Acesso em: 20/06/2018

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. São Paulo/SP: Universidade de São Paulo/Instituto de Geografia, 1971. 21 p. (Série Climatologia nº 1).

MONTEIRO, C. A. F. **Clima e Excepcionalismo**: Conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis/SC: UFSC, 1991. p. 241.

MONTEIRO, C. A. F. Da Necessidade de um Caráter Genético à Classificação Climática: Algumas considerações metodológicas a propósito do estudo do Brasil Meridional. **Revista Geográfica**. Rio de Janeiro/RJ, v. 31, n. 57, p. 29-44, 1962.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo/SP: Universidade de São Paulo/ Instituto de Geografia, 1976. 181 p.(Série Teses e Monografias n° 25).

MONTEIRO, J. B.; ROCHA, A. B.; ZANELLA, M. E. Técnica dos Quantis para Caracterização de Anos Secos e Chuvosos (1980-2009): Baixo Curso do Apodi-Mossoró/RN. **Revista do Departamento de Geografia – USP**. São Paulo/SP, v.23, p. 232-249. 2012.

MOTA, G. V.; GANDÚ, A. W. Análise de Distúrbios Ondulatórios de Leste que Afetam o Nordeste Brasileiro: Um Estudo de Caso. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. 9.,1996, Cbmet, 1996. p. 1 – 5. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/>> Acessado em: 03/05/2017.

MOURA, M. O. **O clima urbano de Fortaleza sob o nível do campo térmico**. 2008. 318 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Fortaleza: Programa de Pós – Graduação em Geografia/UFC, 2008.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro/RJ: IBGE, 1979. p. 421.

OLIVEIRA, D. E.; FERREIRA, C. C. M. Gênese e Ritmo da Pluviosidade na Bacia do Rio Preto MG/RJ: Proposta Metodológica para a Representação cartográfica. **Revista Brasileira de Climatologia**. V. 21, n. 13, p. 38 - 58, jul/dez, 2017.

PAIXÃO, E. B.; GANDU, A. W. Caracterização do vórtice ciclônico de ar superior sobre o Nordeste do Brasil (Parte I). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro/RJ: cbmet, 2000. p. 3422-3428. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/edicoes.php?cgid=12&imageField2.x=44&imageField2.y=18>> Acesso em: 01 de mar. 2017.

PINTO, L. I. C.; DINIZ, L. M. F.; COSTA, M. H. Comparação entre os campos de precipitação de reanálise do CPTEC e NCEP/NCAR para a América do Sul. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14, 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis/SC: SBMET, 2006.

PEREIRA, M. D. B. **As chuvas na cidade de João Pessoa: Uma abordagem genética**. 2014. 94 p. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa/PB, 2014.

PEREIRA, M. D. B.; SILVA, N. T.; MOURA, M. O. Eventos pluviométricos extremos na cidade de João Pessoa: análise dos eventos dos dias 16 e 17 de Abril de 2016. **Revista de Geociências do Nordeste (REGNE)**., Caicó/RN, v. 2, N. Especial, p. 575 – 584, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/issue/view/588/showToc>> Acesso em: 26/05/2017.

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

QUADRO, M. F. L.; PEZZI, L. P.; ROSA, E. B. O Climanálise e o monitoramento da ZCAS nos últimos 30 anos. **Revista Climanálise**, Cachoeira Paulista/SP, V. 3, n. 1, p. 19 – 25, 2006. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/>> Acesso em: 19/05/2017. (documento on-line).

RESCHKE, G. A.; FISCH, G. Caracterização de Distúrbios Ondulatórios de leste em Alcântara: Estudo de caso. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. 10.,1998, Brasília/DF. **Anais...** Rio de Janeiro/RJ: Cbmet, 1998 p. 1 – 5. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/>> Acessado em: 03/05/2017.

RIBERIRO, C. M. O Desenvolvimento da Climatologia Dinâmica no Brasil. **Revista Geografia e Ensino**, Belo Horizonte/MG, v. 1, n.2, p. 48-59, Set. 1982.

ROCHA, A, M. G. C.; GANDU, A. W. A Zona de Convergência do Atlântico Sul. **Revista Climanálise**, Cachoeira Paulista/SP, Edição Especial, out.1996. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/index1.shtml>> Acesso em: 10/03/2017. (documento on-line).

ROCHA, A. P. B.; DANTAS, E. M.; MORAIS, I. R. D.; OLIVEIRA, M. S. **Geografia do Nordeste**. 2. ed. Natal/RN: EDUFRN, 2010. p.332

RODRIGUES, M. T.; MONTE, B.; FILHO, W. M. B.; DINIZ, M. A.; AMORIM, R. F. C.; JUNIOR, R. S. S.; JUNIOR, C. R. F. Utilização de métodos de interpolação para análise espacial pluviométrica na bacia hidrográfica do Paraíba do meio – Alagoas e Pernambuco. *In: Simpósio Internacional de Climatologia*, 4., 2011, João Pessoa/PB. **Anais...** João Pessoa. 2011, p. 1 - 5

SANT'ANNA NETO, J. L. A climatologia geográfica no Brasil: origem e contexto histórico. *In: AMORIM, M. C. T.; SANT'ANNA NETO J. L.; MONTEIRO. A.(Org.). Climatologia Urbana e Regional: questões teóricas e estudos de caso*. Ed 1. São Paulo/SP: Outras Expressões, 2013. p. 11 – 73.

SANT'ANNA NETO, J. L. As Matrizes da Construção da Climatologia Geográfica Brasileira. *In: MONTEIRO, C. A. F.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MENDONÇA. F. A.; ZAVATTINI, J. A.(Org.). A Construção da Climatologia Geográfica no Brasil*. Campinas/SP: Editora Alinea, 2015. p. 7 – 60.

SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e organização do espaço. **Boletim de geografia**. Maringá/PR, v. 16, n. 1, p. 119 - 130, 1998.

SANT'ANNA NETO, J. L. Da climatologia Geográfica à Geografia do Clima, Gênese, Paradigma e Aplicações do clima como Fenômeno geográfico. **Revista AMPEGE**, Dourados/MS, n°.4, p. 61 - 88, 2008.

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

Servain, J. Simple climatic indices for the tropical Atlantic Ocean and some applications. *Journai of Geophysical Research*, 96,15.137 - 15.146, 1991.

SILVA, L. A.; SATYAMURTY, P. Relação entre características do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) e a precipitação observada na Região Oeste do Nordeste do Brasil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA*, 13., 2004, Fortaleza/CE. **Anais...** : cbmet, 2004. p. 1 - 13. Disponível em <<http://www.cbmet.com/edicoes.php?cgid=22&imageField2.x=45&imageField2.y=9>> Acesso : 01 de mar. 2017.

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

SORRE, M. Objeto e método da climatologia. **Revista do Departamento de Geografia–USP**, São Paulo/SP, n.18, p. 89-94, 2006.

SOS Mata Atlântica. **Atlas de remanescentes florestais de Mata Atlântica (2016)**. Disponível em: <<http://mapas.sosma.org.br/>>. Acessado em: 18/09/2017.

SOS Mata Atlântica. **Mata Atlântica**. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/nossas-causas/mata-atlantica/>>. Acesso em: 18/09/2017.

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)**. 1998. 325 p. Tese (Doutorado em Geografia). – Programa de Pós-Graduação em Geografia, FFLCH/USP, São Paulo/SP, 1998.

SOUZA, E. B.; ALVES, J. M. B. Estudo diagnóstico de um complexo convectivo de mesoescala observado no norte do Nordeste Brasileiro. *In*: Congresso brasileiro de meteorologia. 10. 1998, Brasília/DF. **Anais...** Rio de Janeiro/RJ: Cbmet, 1998 p. 1 – 5. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/>> Acessado em: 03/05/2017.

TARGINO, I.; FILHO, A. C. F. M.; MOREIRA, E. Transformações Recentes da Organização do Espaço Canavieiro Paraibano. **Revista Economia e Desenvolvimento**, Recife/PE, v. 9, n. 1, p. 104 – 136, 2010.

TOLEDO, M, C, M; OLIVEIRA, S, M, B; MELFI, A, J. Da rocha ao solo: intemperismo e pedogênese. *In*: TEIXEIRA W; FAIRCHILD T, R; TOLEDO, M, C, M; TAIOLI, F. (Org.). **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo/SP: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 210 – 239

VIEIRA, C. F. A.; SANTOS, C. C.; LIMA, F. J. L.; MAGALHÕES, R. A.; SILVA, E. M. Avaliação dos dados de vento gerados no projeto reanalysis do NCEP/NCAR para futuras aplicações no cálculo do potencial eólico em regiões do estado do Ceará. **Revista Tecnológica**. Fortaleza, v. 27, n. 2, p. 190-194, dez. 2006

XAVIER, T. M. B. S. **Tempo de chuva: estudos climáticos e de previsão para o Ceará e Nordeste setentrional**. Fortaleza: ABC Editora, 2001. p. 478

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S. Papel da componente meridional do vento na costa do Nordeste para a previsão da chuva no Estado do Ceará. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1997, Vitória-ES. **Anais...** Vitória, 2004. p. 537-543.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S.; ALVES, J. M. B. **Quantis e eventos extremos: aplicações em ciências da terra e ambientais**. Fortaleza: RDS, 2007. p. 278.

ZAVATTINI, J. A. A Climatologia Geográfica Brasileira, o Enfoque Dinâmico e a Noção de Ritmo Climático. **GEOGRAFIA**, Rio Claro/SP, v. 23, n. 3, p. 5 - 24, Dez. 1998.

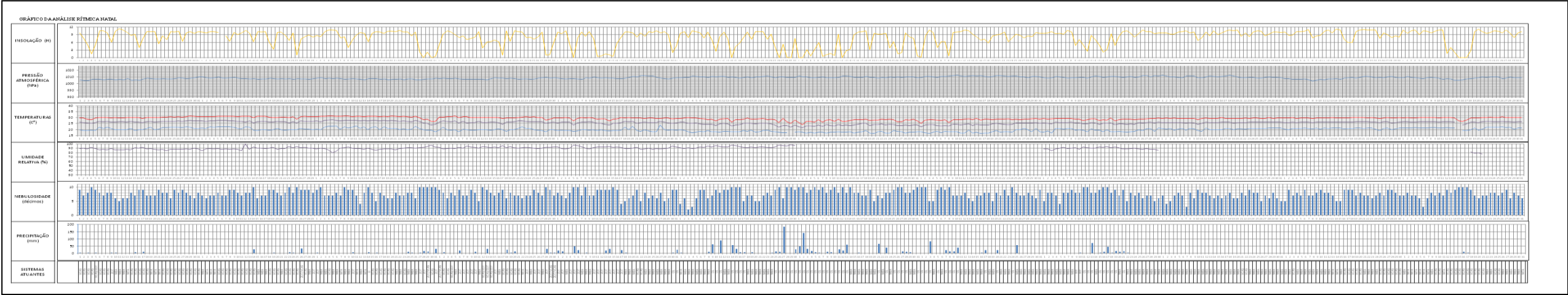
ZAVATTINI, J. A. O Paradigma da Análise Rítmica e a Climatologia Geográfica Brasileira. **GEOGRAFIA**, Rio Claro/SP, v. 25, n. 3, p. 25 - 43, Dez. 2000.

ZAVATTINI, J. A.; BOIN, M. N. **Climatologia Geográfica: teoria e prática de pesquisa**. Campinas: Alínea, 2013. p. 152.

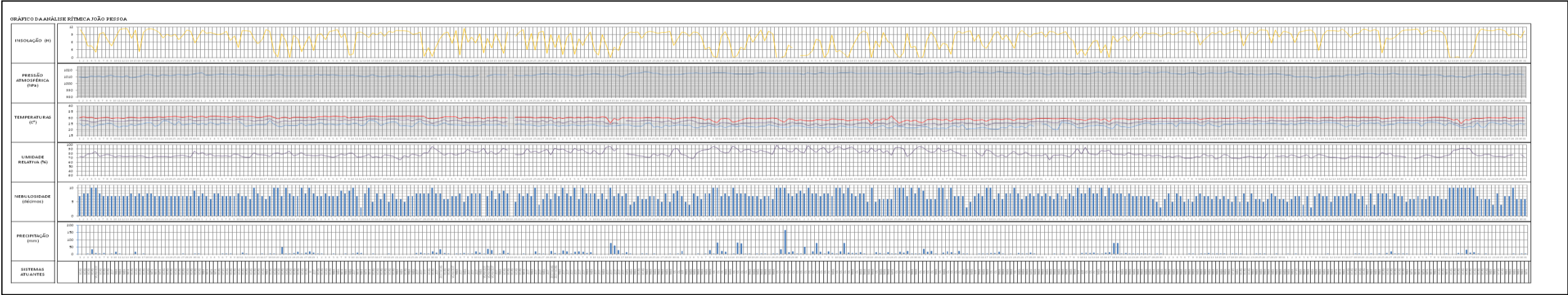
APÊNDICE A 1

GRÁFICOS DA ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO MUITO CHUVOSO 2000

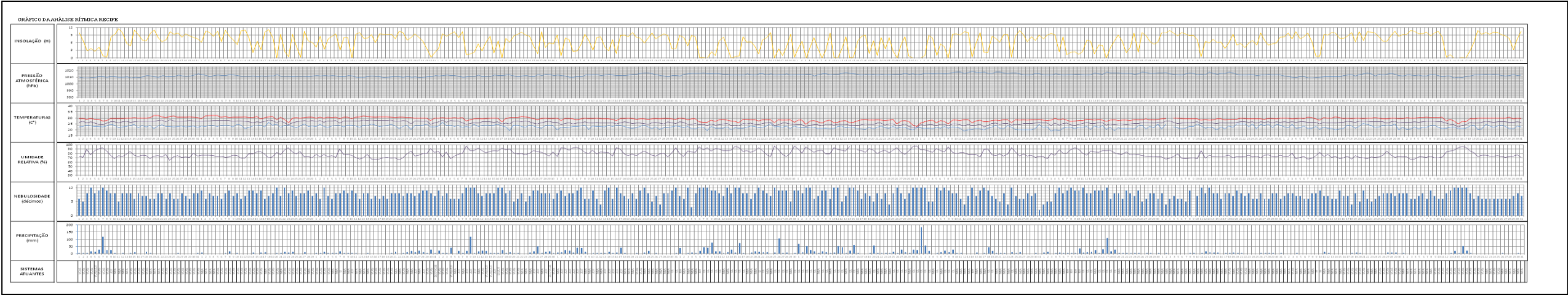
Gráficos da Análise Rítmica - Natal



Gráficos da Análise Rítmica – João Pessoa



Gráficos da Análise Rítmica – Recife



LEGENDA DO
GRÁFICO DE
TEMPERATURA

— MÁXIMA

— MÉDIA

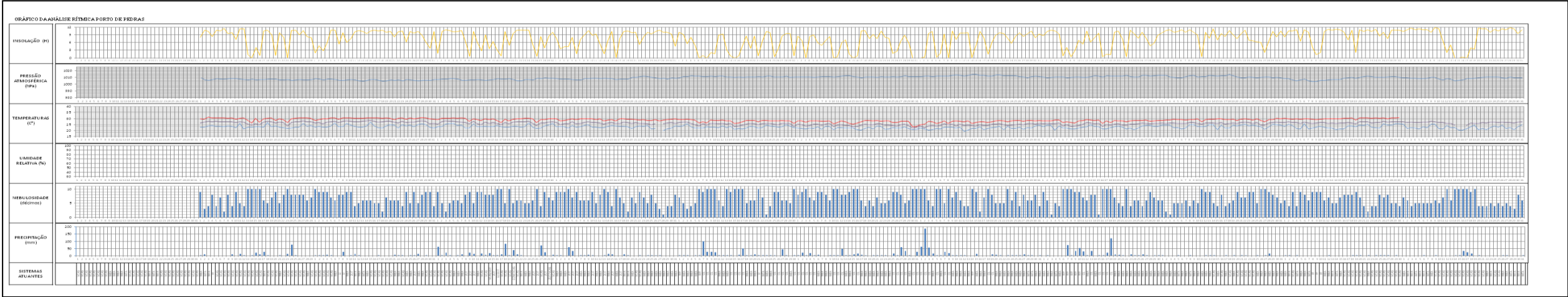
— MINIMA

Fonte dos dados Meteorológicos: INMET.

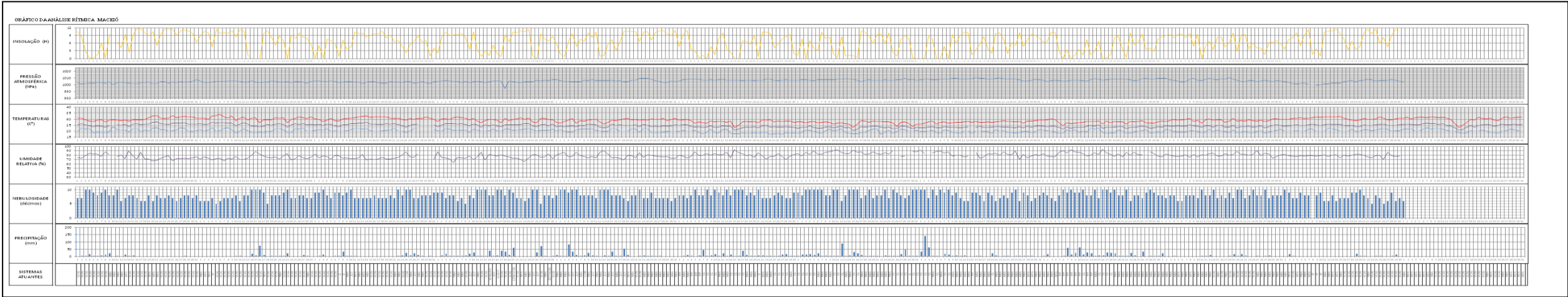
APÊNDICE A 2

GRÁFICOS DA ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO MUITO CHUVOSO 2000

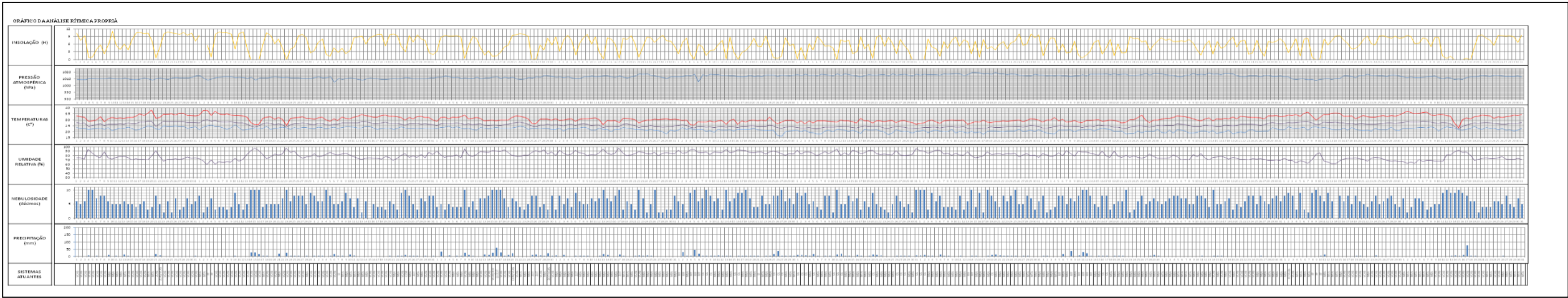
Gráficos da Análise Rítmica – Porto de Pedras



Gráficos da Análise Rítmica – Maceió



Gráficos da Análise Rítmica –Propriá



LEGENDA DO
GRÁFICO DE
TEMPERATURA

— MÁXIMA

— MÉDIA

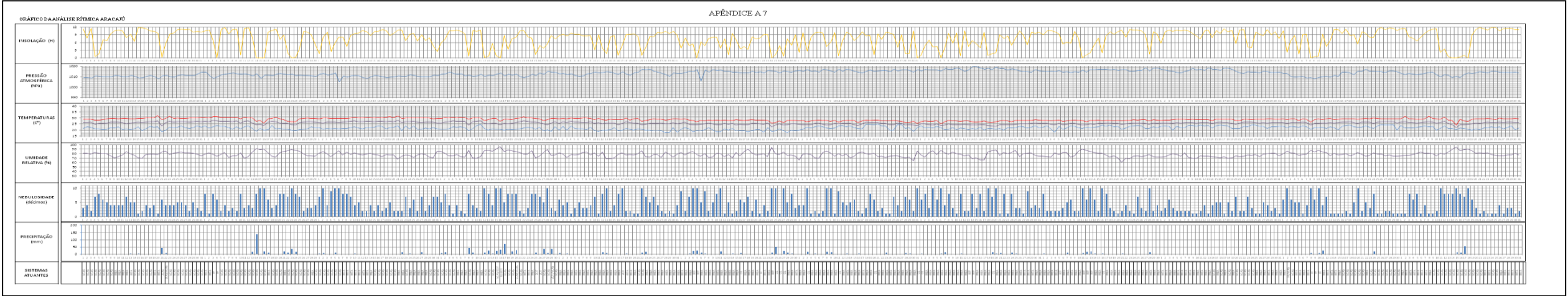
— MÍNIMA

Fonte dos dados Meteorológicos: INMET.

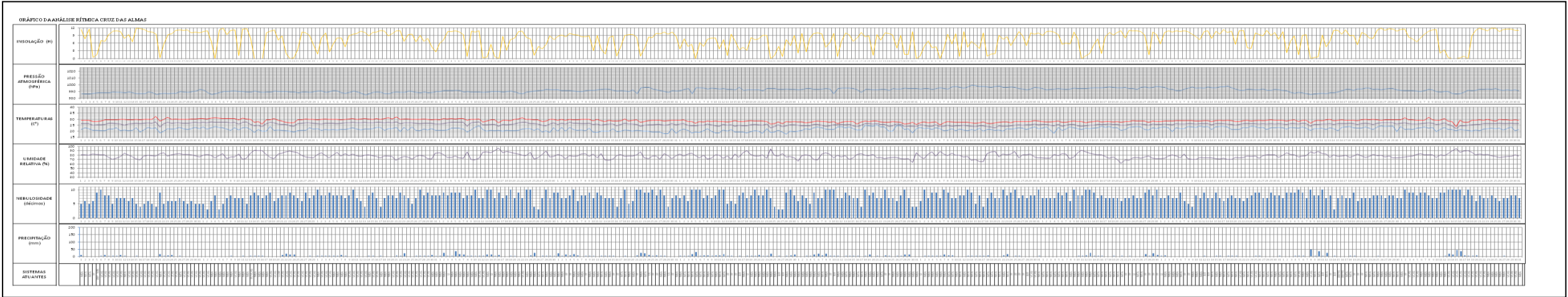
APÊNDICE A 3

GRÁFICOS DA ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO MUITO CHUVOSO 2000

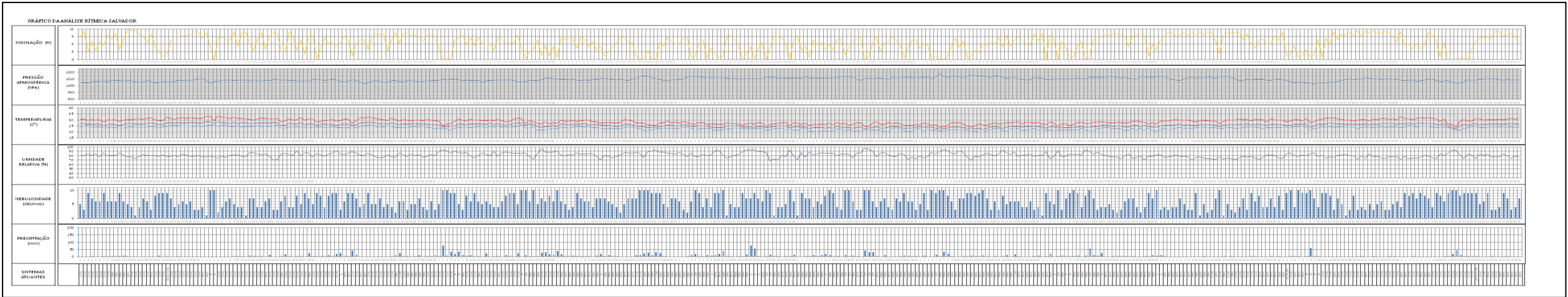
Gráficos da Análise Rítmica – Aracaju



Gráficos da Análise Rítmica – Cruz das Almas



Gráficos da Análise Rítmica – Salvador



LEGENDA DO
GRÁFICO DE
TEMPERATURA

— MÁXIMA

— MÉDIA

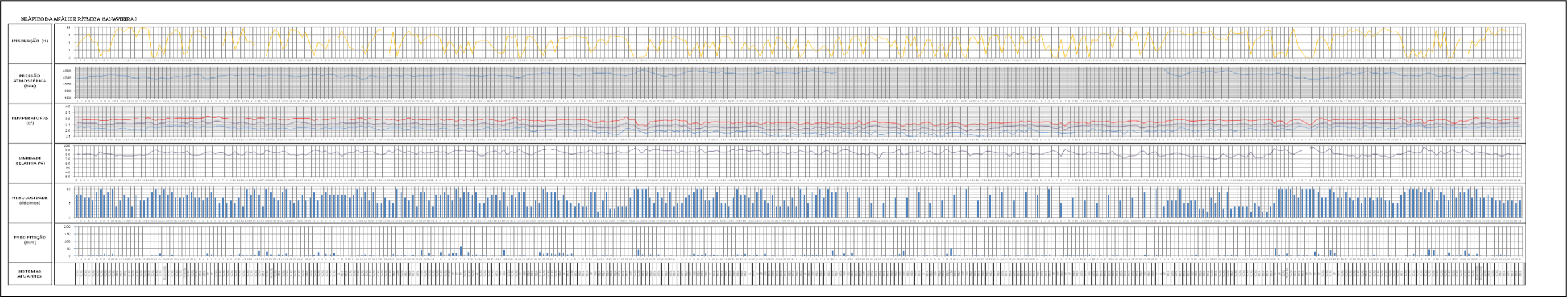
— MÍNIMA

Fonte dos dados Meteorológicos: INMET.

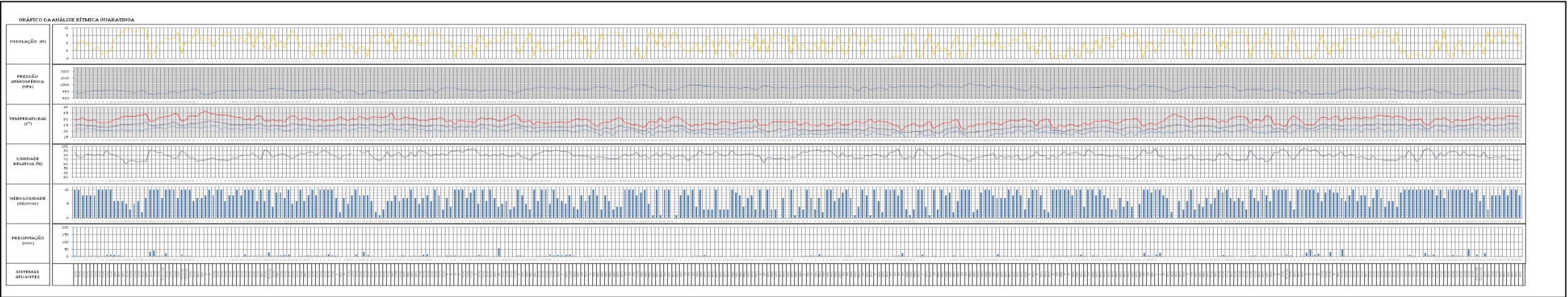
APÊNDICE A 4

GRÁFICOS DA ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO MUITO CHUVOSO 2000

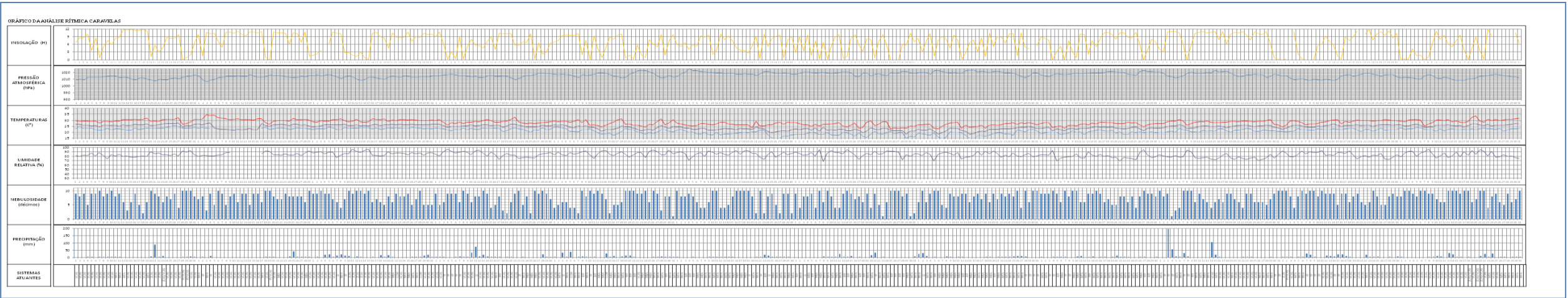
Gráficos da Análise Rítmica – Canavieiras



Gráficos da Análise Rítmica – Guaratinga



Gráficos da Análise Rítmica – Caravelas



LEGENDA DO
GRÁFICO DE
TEMPERATURA

— MÁXIMA

— MÉDIA

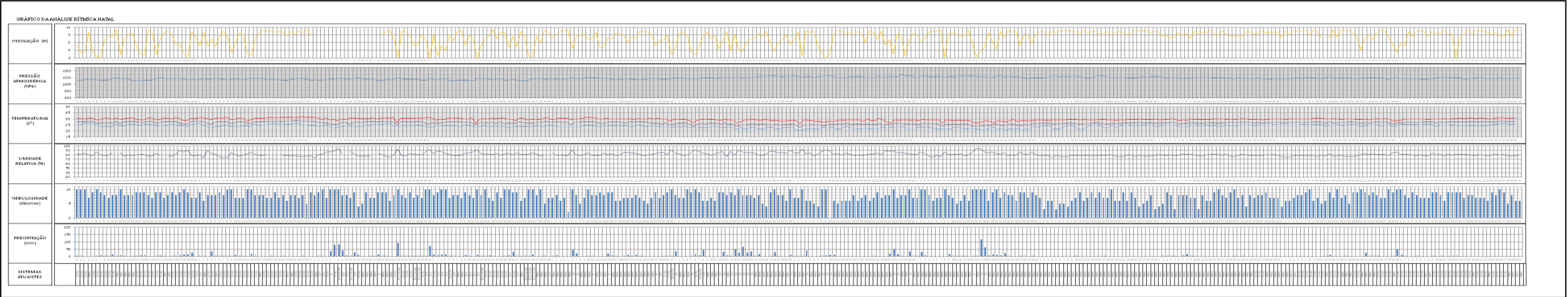
— MINIMA

Fonte dos dados Meteorológicos: INMET.

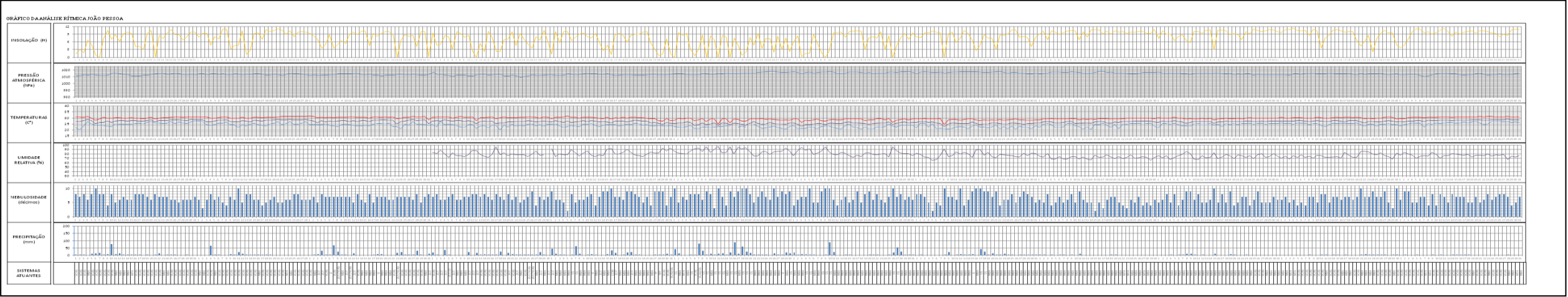
APÊNDICE B 1

GRÁFICOS DA ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO NORMAL 2002

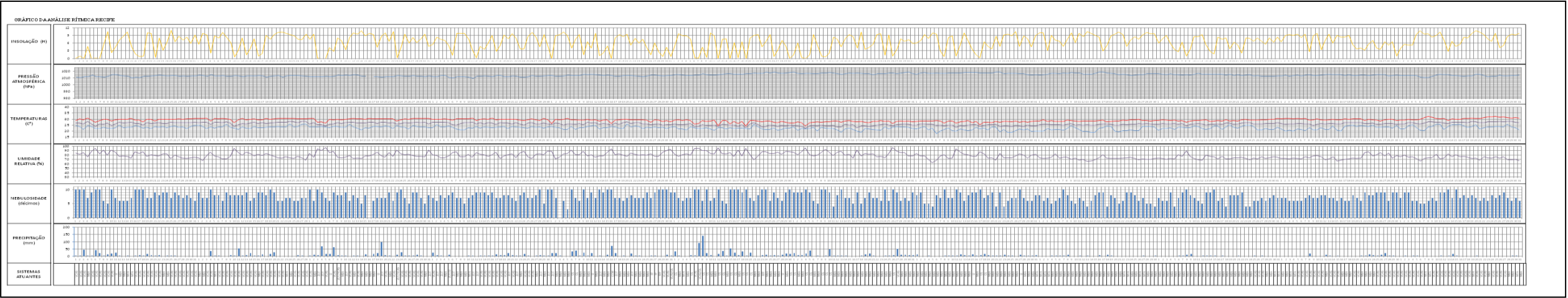
Gráficos da Análise Rítmica – Natal



Gráficos da Análise Rítmica –João Pessoa



Gráficos da Análise Rítmica –Recife



LEGENDA DO
GRÁFICO DE
TEMPERATURA

— MÁXIMA

— MÉDIA

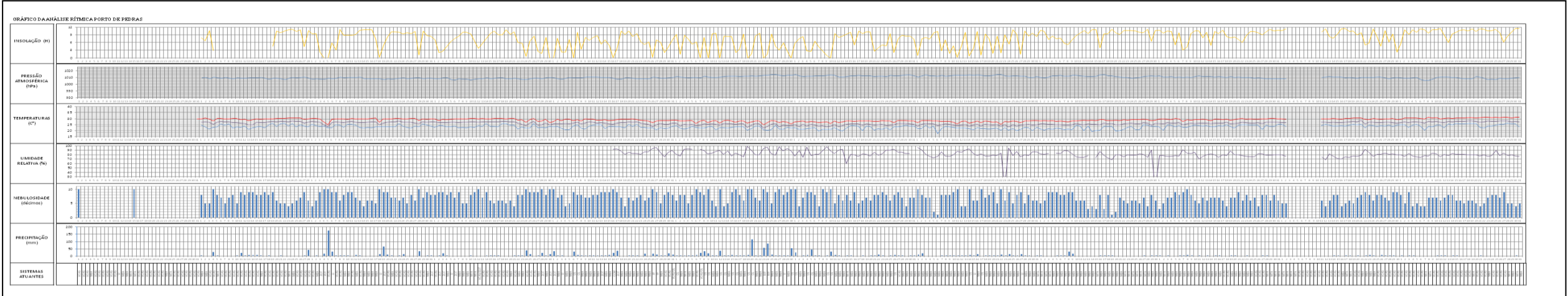
— MINIMA

Fonte dos dados Meteorológicos: INMET.

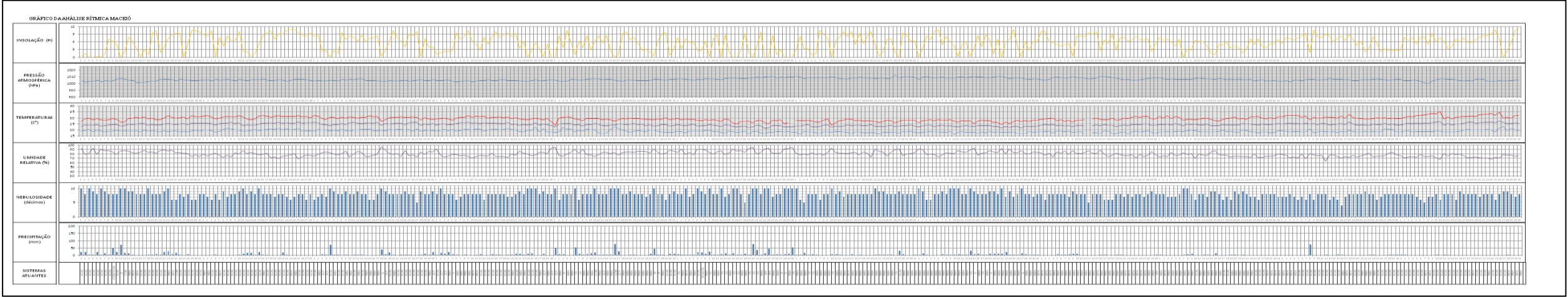
APÊNDICE B 2

GRÁFICOS DA ANÁLISE RÍTMICA PARA ANO PADRÃO NORMAL 2002

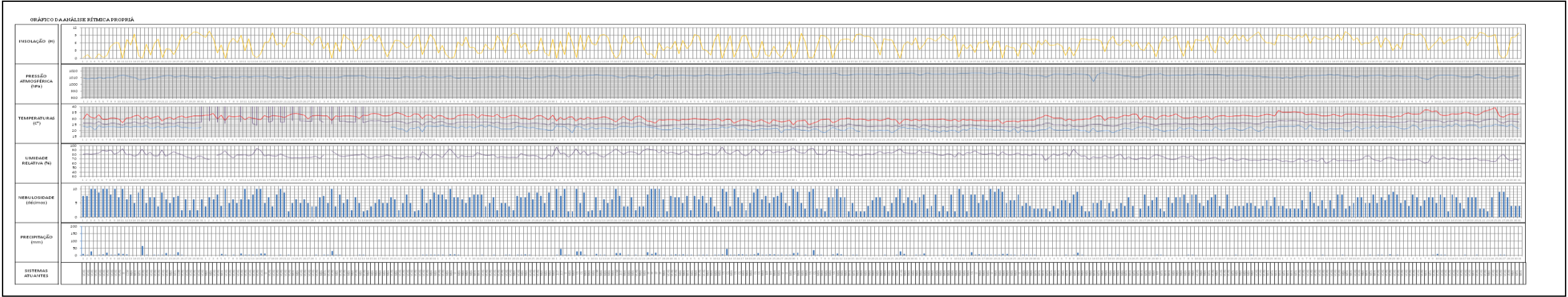
Gráficos da Análise Rítmica – Porto de Pedras



Gráficos da Análise Rítmica –Maceió



Gráficos da Análise Rítmica –Propriá



LEGENDA DO
GRÁFICO DE
TEMPERATURA

— MÁXIMA

— MÉDIA

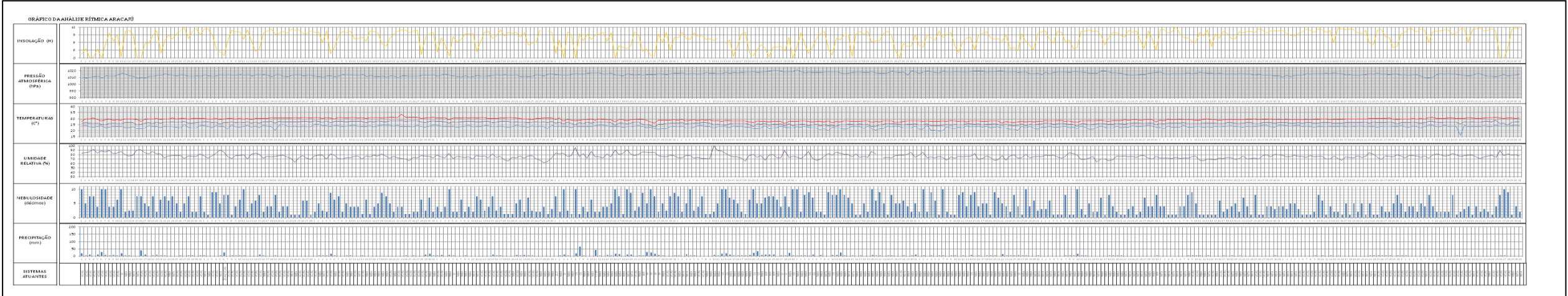
— MINIMA

Fonte dos dados Meteorológicos: INMET.

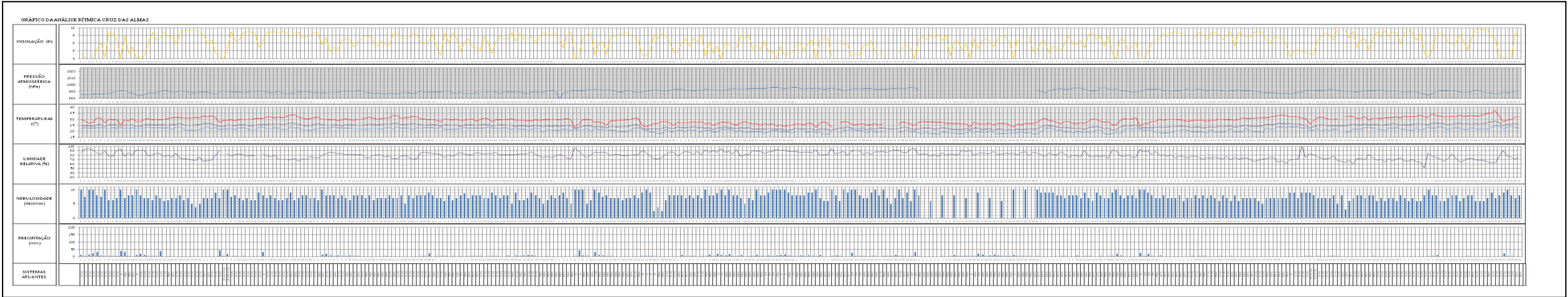
APÊNDICE B 3

GRÁFICOS DA ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO NORMAL 2002

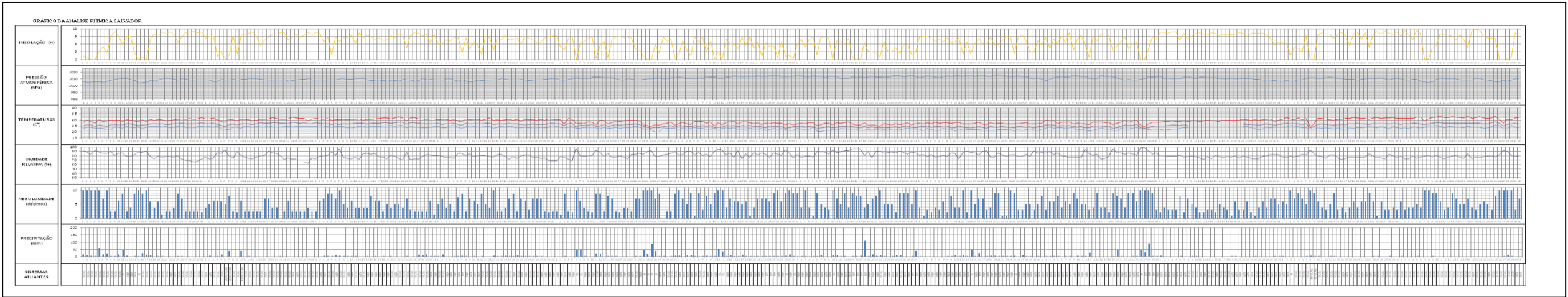
Gráficos da Análise Rítmica – Aracaju



Gráficos da Análise Rítmica –Cruz das Almas



Gráficos da Análise Rítmica –Salvador



LEGENDA DO
GRÁFICO DE
TEMPERATURA

— MÁXIMA

— MÉDIA

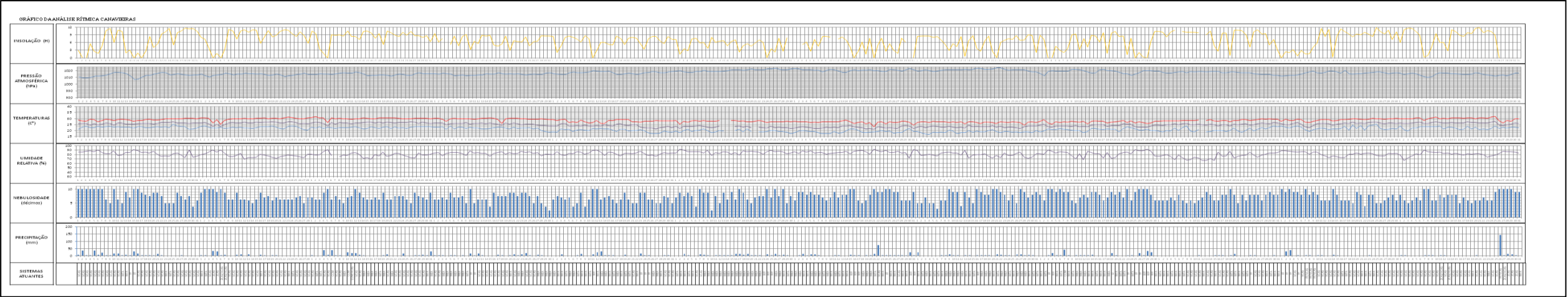
— MINIMA

Fonte dos dados Meteorológicos: INMET.

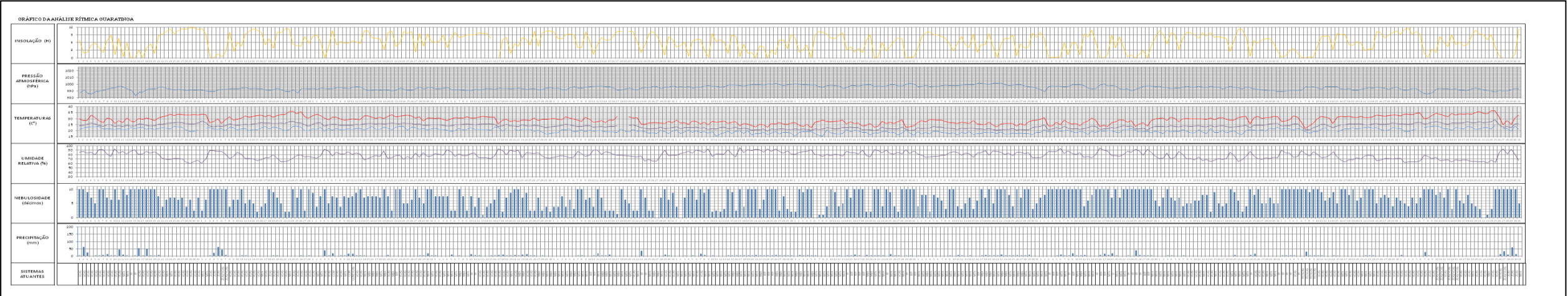
APÊNDICE B 4

GRÁFICOS DA ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO NORMAL 2002

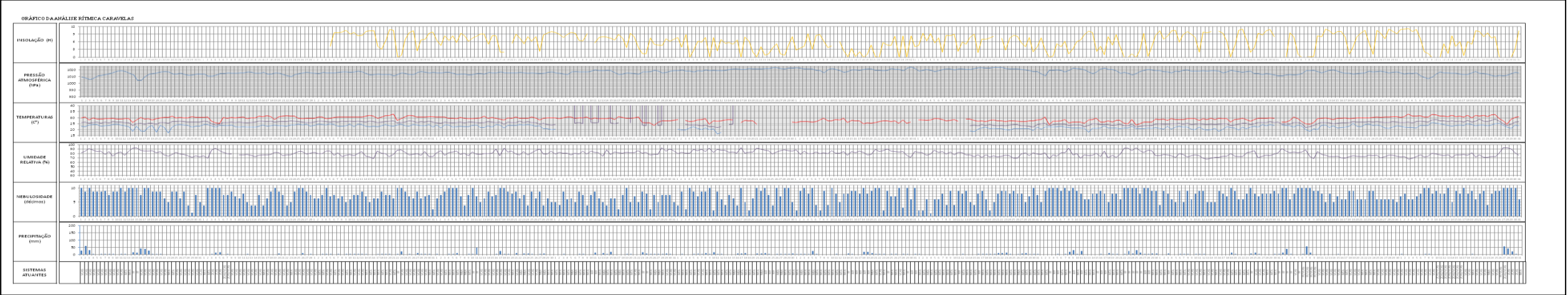
Gráficos da Análise Rítmica – Canavieiras



Gráficos da Análise Rítmica – Guaratinga



Gráficos da Análise Rítmica – Caravelas



LEGENDA DO
GRÁFICO DE
TEMPERATURA

— MÁXIMA

— MÉDIA

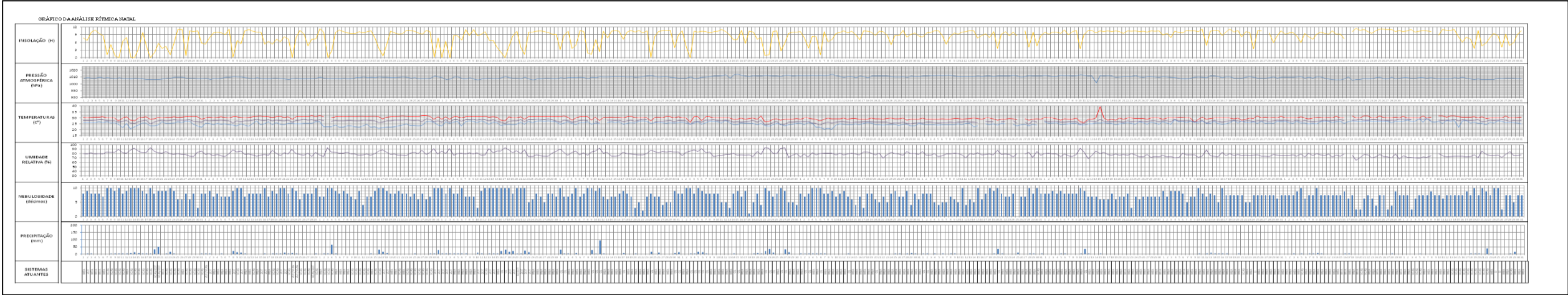
— MINIMA

Fonte dos dados Meteorológicos: INMET.

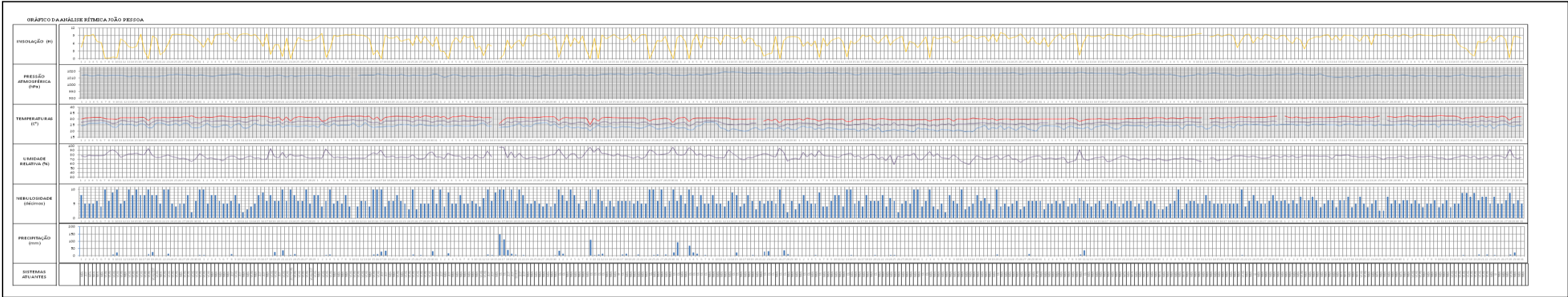
APÊNDICE C 1

GRÁFICOS DA ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO MUITO SECO 2002

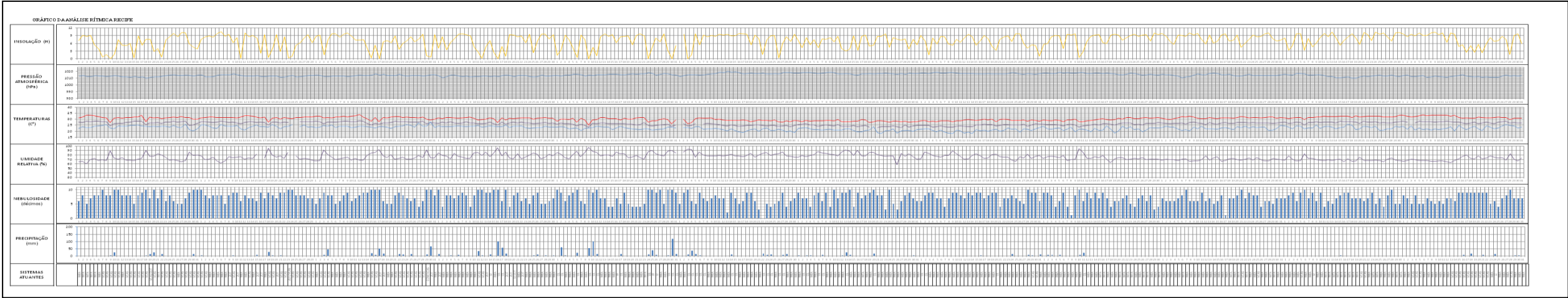
Gráficos da Análise Rítmica – Natal



Gráficos da Análise Rítmica –João Pessoa



Gráficos da Análise Rítmica – Recife



LEGENDA DO
GRÁFICO DE
TEMPERATURA

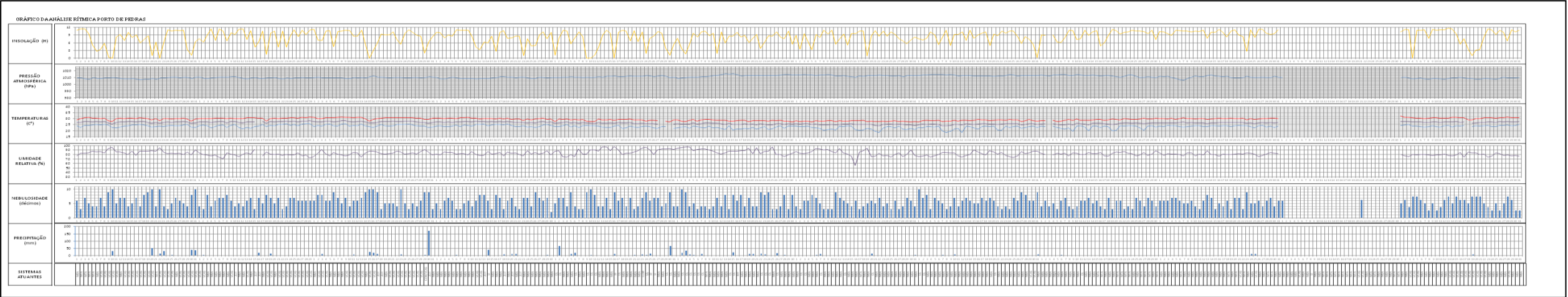
— MÁXIMA
— MÉDIA
— MINIMA

Fonte dos dados Meteorológicos: INMET.

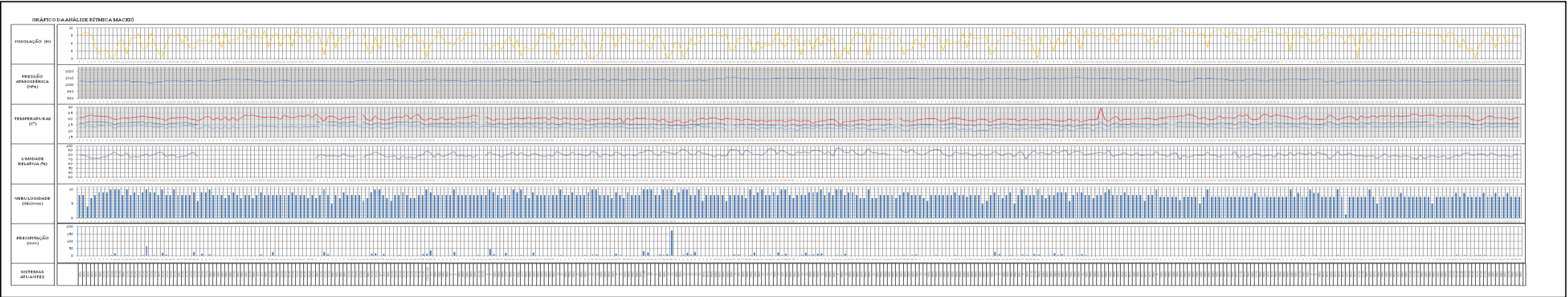
APÊNDICE C 2

GRÁFICOS DA ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO MUITO SECO 2016

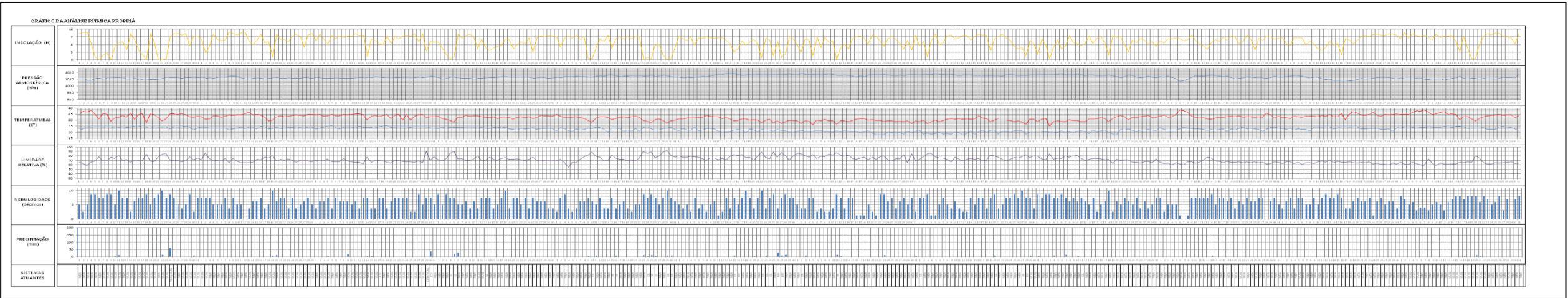
Gráficos da Análise Rítmica – Porto de Pedras



Gráficos da Análise Rítmica – Maceió



Gráficos da Análise Rítmica – Propriá



LEGENDA DO
GRÁFICO DE
TEMPERATURA

— MÁXIMA

— MÉDIA

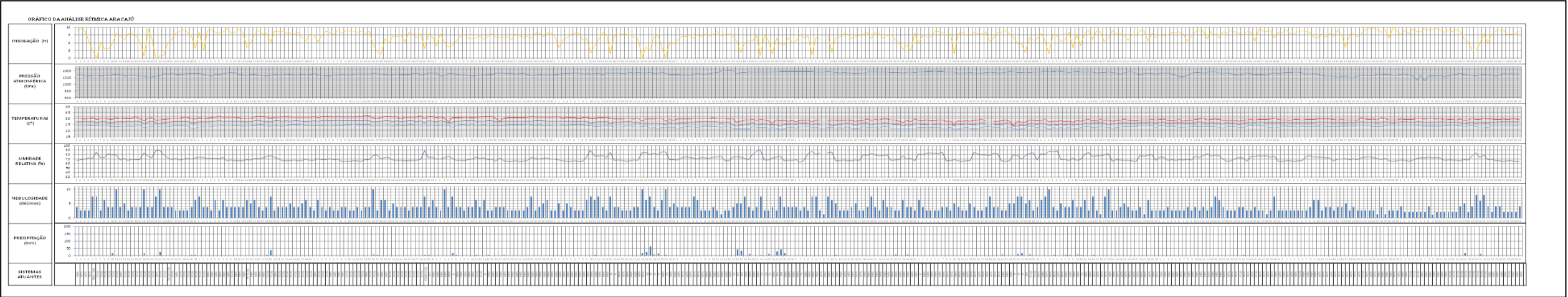
— MINIMA

Fonte dos dados Meteorológicos: INMET.

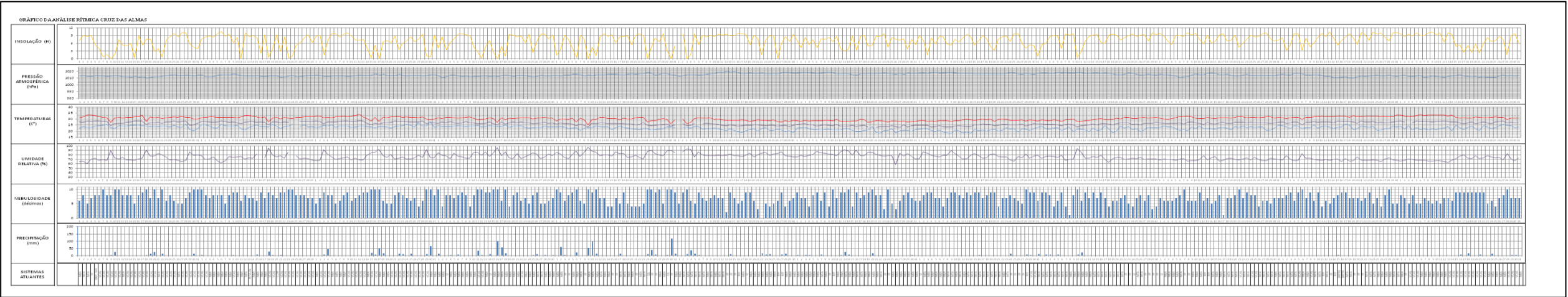
APÊNDICE C 3

GRÁFICOS DA ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO MUITO SECO 2016

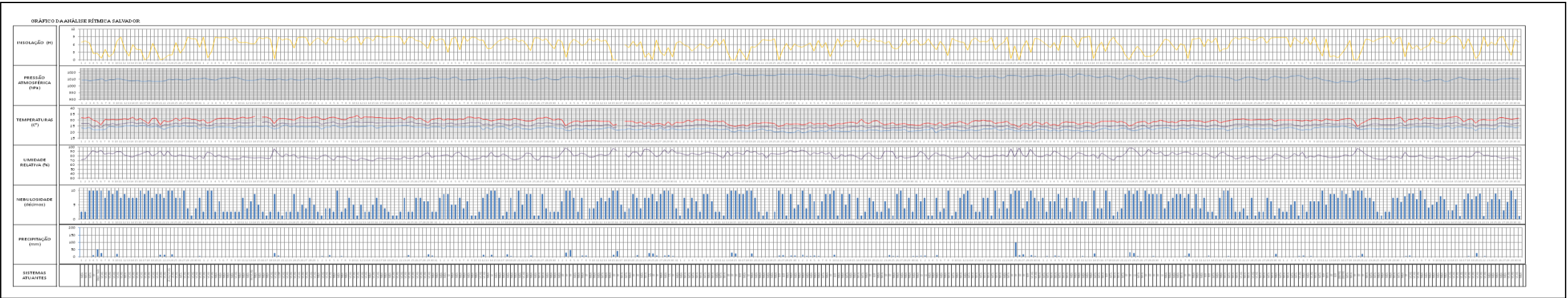
Gráficos da Análise Rítmica – Aracajú



Gráficos da Análise Rítmica – Cruz das Almas



Gráficos da Análise Rítmica – Salvador



LEGENDA DO
GRÁFICO DE
TEMPERATURA

— MÁXIMA

— MÉDIA

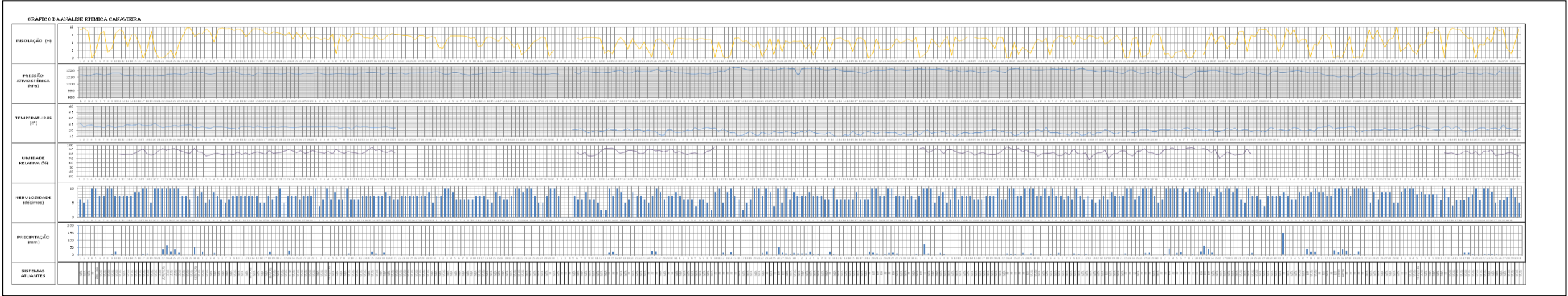
— MÍNIMA

Fonte dos dados Meteorológicos: INMET.

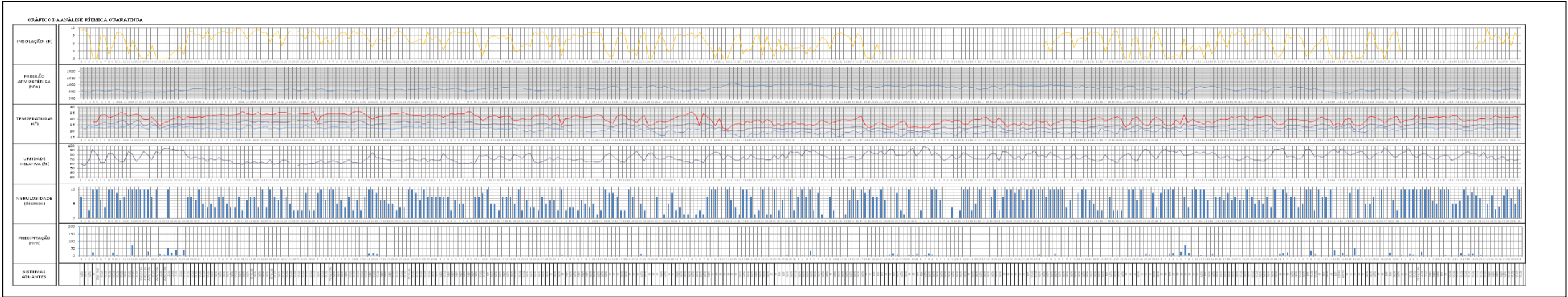
APÊNDICE C 4

GRÁFICOS DA ANÁLISE RÍTMICA PARA O ANO PADRÃO MUITO SECO 2016

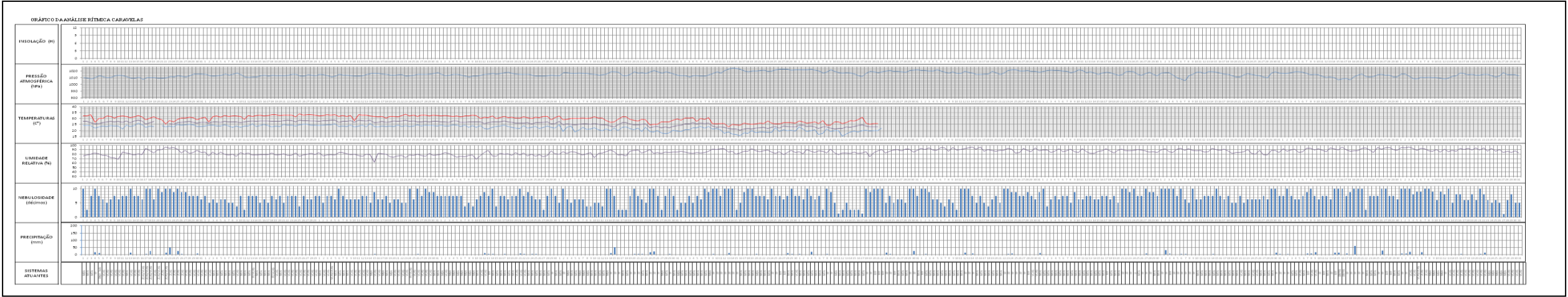
Gráficos da Análise Rítmica – Canavieiras



Gráficos da Análise Rítmica – Guaratinga



Gráficos da Análise Rítmica – Caravelas



LEGENDA DO
GRÁFICO DE
TEMPERATURA

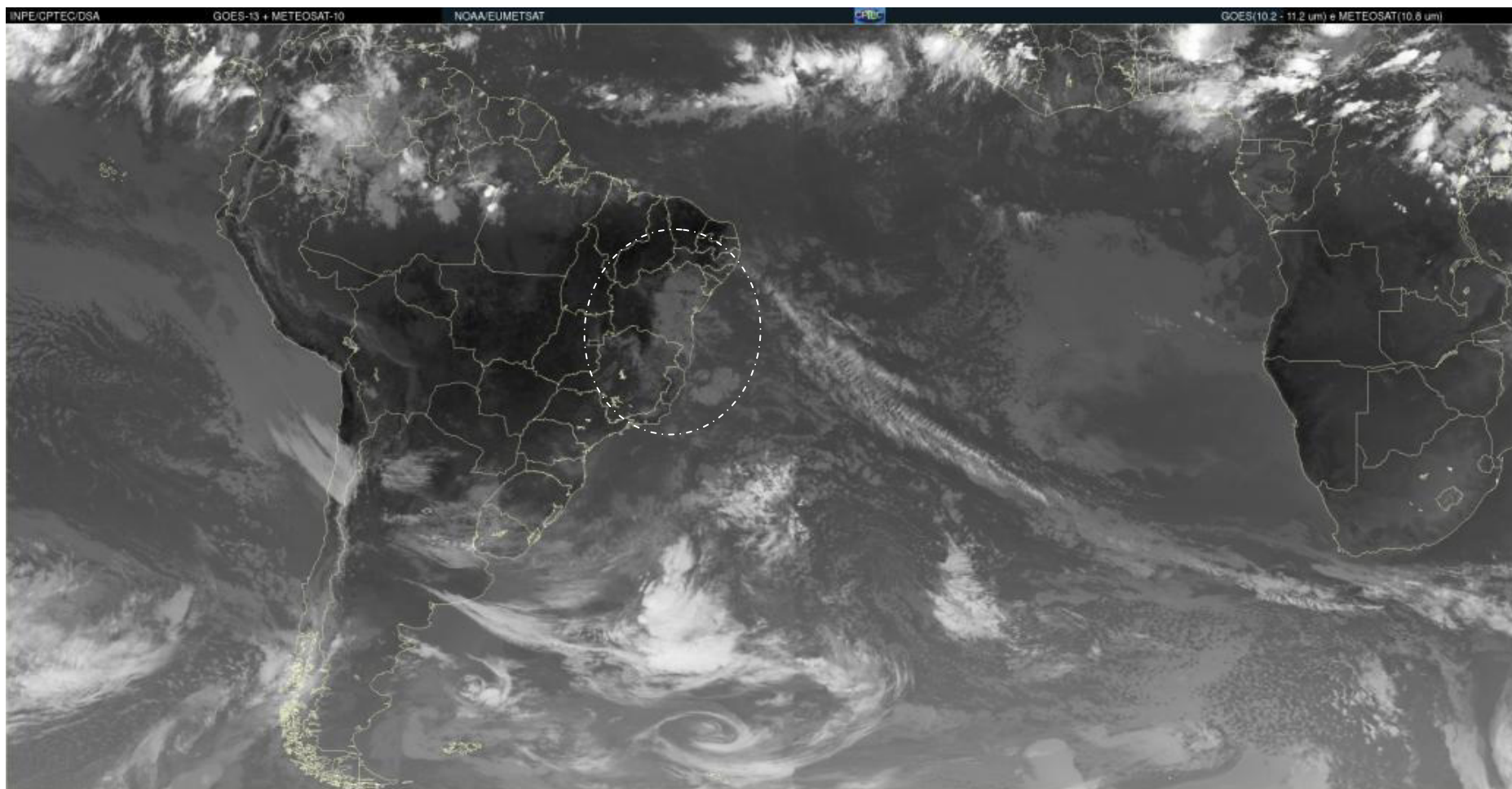
— MÁXIMA

— MÉDIA

— MINIMA

Fonte dos dados Meteorológicos: INMET.

ANEXO 1



Fonte: CPTEC/INPE. Imagem referente às 15:00 horas do dia 06 de agosto de 2016. O círculo tracejado destaca a nebulosidade sobre o litoral baiano. Essa nebulosidade não consegue ultrapassar até o interior da Bahia. É provável que este fato esteja ligado ao relevo baiano, uma vez que este pode estar impedindo de nebulosidade e umidade avançar até o interior deste Estado. Imagens do dia 5 e do dia 7 demonstram a mesma situação.