



**Universidade Federal da Bahia
Instituto de Geociências
Faculdade de Geografia
Programa de Pós-Graduação em Geografia**

Estudo das frentes de brisa em Salvador: uma avaliação da sua influência na gênese de extremos

João Victor de Souza Chaves

Salvador, 2024

JOÃO VICTOR DE SOUZA CHAVES

**ESTUDO DAS FRENTES DE BRISA EM SALVADOR: UMA AVALIAÇÃO DA SUA
INFLUÊNCIA NA GÊNESE DE EXTREMOS**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Geografia do Departamento
de Geografia do Instituto de Geociências,
Universidade Federal da Bahia como requisito
para a obtenção do título de mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Zangalli Jr.

SALVADOR-BA

2024

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Universitária de
Ciências e Tecnologias Prof. Omar Catunda, SIBI – UFBA.

C512 Chaves, João Victor de Souza

Estudo das frentes de brisa em Salvador: uma avaliação da sua
influência na gênese de extremos/João Victor de Souza Chaves. –
Salvador, 2025.

182 f.

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Zangalli Júnior

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia.
Programa de Pós Graduação em Geografia, 2025.

1. Frentes de brisa - Salvador. 2. Eventos extremos. 3.
Precipitação. 4. Gênese I. Zangalli Júnior, Paulo César. Universidade
Federal da Bahia. III. Título.


CDU: 551.515.8

TERMO DE APROVAÇÃO


BANCA DE DEFESA - DISSERTAÇÃO

ESTUDO DAS FRENTES DE BRISA EM SALVADOR: uma avaliação da sua influência na gênese de extremos


JOÃO VICTOR DE SOUZA CHAVES

Documento assinado digitalmente
 **PAULO CESAR ZANGALLI JUNIOR**
Data: 11/02/2025 15:39:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Dr. Paulo Cesar Zangalli Jr. (Orientador/Presidente)
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Documento assinado digitalmente
 **LEILA LIMBERGER**
Data: 12/02/2025 07:59:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Drª. Leila Limberger
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste)

Documento assinado digitalmente
 **NUBIA BERAY ARMOND**
Data: 12/02/2025 13:24:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Drª. Nubia Beray Armond
Indiana University

Documento assinado digitalmente
 **Lindberg Nascimento Junior**
Data: 11/02/2025 17:18:52-0300
CPF: ***.596.139-4*
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Lindberg Nascimento Junior
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Aprovada em Sessão Pública de 28 de janeiro de 2025

AGRADECIMENTOS

Quem me conhece sabe que eu não sou de florear muito as coisas, provavelmente isso ficará perceptível no decorrer da própria dissertação, então vou aos agradecimentos de forma bastante direta, com apenas alguns apontamentos da minha jornada em que eu julgar pertinente por alguma razão ou devaneio da minha mente perturbada.

Primeiramente, quero agradecer à minha avó, Dona Vera Lúcia, com quem divido profundamente grande parte da minha personalidade e da minha essência. Sem Ela, não existe Eu. Ela é minha advogada, quem me vê sem nenhum defeito, minha médica, nutricionista, é tudo que eu precisar ou que ela julgar que eu precise. Enfim, todos nós precisamos de uma Dona Vera.

Obviamente, também quero agradecer aos meus pais, que me deram todo o suporte para que eu pudesse começar um mestrado em plena pandemia, na Bahia, ganhando pouco mais de um salário mínimo e realizando ainda à distância. Também de forma óbvia, pois sei que o leitor pensou nisso nesse parágrafo, é claro que também não existe Eu sem que existam Eles.

Agradeço também à minha irmã, Mariana, minha parceria de sempre. Em quem posso aliviar meu tédio com grandes doses de perturbação, além de dividir coisas das quais despertam a curiosidade nessa futura gestora ambiental.

Ao meu Padrinho, Vagner, por também todo o apoio durante esse processo. Pelo incentivo no início. E também pela disponibilidade para fazer minha inscrição lá no começo da graduação, algo que não me lembro de ter agradecido formalmente, e que então abro aqui espaço para tal. Até porque, sem sua disponibilidade naquele começo, hoje não estaria nesse estágio de formação na maior universidade do Brasil e na maior da Bahia.

Agradeço à Sofia, pois foi quem me incentivou bastante lá no começo a realizar o processo seletivo, com bastante correria, uma vez que ainda estava finalizando o TCC. Sou muito grato por isso.

Também agradeço ao GeoClima como um todo, e a cada um dos componentes, pois essa é a minha casa na Geografia e sempre será. Inclusive, tendo construído parte dela literalmente no braço. Tal parte que usei muito enquanto pude. Um espaço físico muito desejado por nós na UFRJ, desde que insistimos em confiar que uma certa Professora nova, cujo começo da disciplina de Climatologia foi marcado por faltas da mesma, viria aparecer.

Agradeço ao Colapso, que me abriu as portas para esta pesquisa e para todo o caminho que percorri no processo de construí-la. Infelizmente, a distância e o trabalho não me permitiram me aproximar tanto quanto eu gostaria, mas tentei aproveitar as poucas reuniões que participei e agradeço pela recepção.

Agradeço também à minha namorada Thainá Guerra, que passou por grande parte desse processo final, o mais complicado, sempre buscando me motivar e evitar que eu desistisse. Uma pessoa que, diferente de mim, tem muito mais dom para a academia e me ajudou muito com a bendita ABNT e demais normas tanto de escrita quanto de formatação do trabalho.

Por fim, agradeço ao meu orientador Paulo Cesar Zangalli Jr, pra mim, Juninho, e à minha co-orientadora Núbia Beray Armond, por tudo. Ambos foram tudo na minha formação acadêmica até aqui. Se não fosse por eles, não teria encontrado o meu caminho na Geografia e muito menos estaria terminando um mestrado com apenas 25 anos. Às vezes preciso me lembrar disso, uma vez que sempre passa na minha mente perturbada a sensação de atraso. Mas foram esses dois os responsáveis diretos por esse produto. Juninho, por praticamente 4 anos, me direcionou durante todo o processo do mestrado de forma muito paciente, mesmo eu tendo dificuldade com os prazos, com as inscrições, com os processos da UFBA etc. Provavelmente não conseguiria terminar isso, nas condições em que realizei, se meu orientador fosse outro que não o “Juninho”. Queria ter podido dar mais de mim como orientando, inclusive, mas infelizmente a falta de valorização e oferta de trabalho com Geografia culminou em uma mudança de área. Por isso, fiz a maior parte do mestrado trabalhando, já que os parcos 1.500 reais de bolsa não dão para comprar nem azeite no Brasil do fundamentalismo religioso neoliberal atual. E mesmo assim, Juninho continuou me guiando firmemente nesta pesquisa. Até com Lídia fizemos reuniões, e pude contar com apontamentos pertinentes dela com toda certeza, embora ainda não desse para entender nada. Enfim, isso já se tornou floreado demais. Obrigado.

**“Tantas balas te obrigaram a ser a prova delas
Tantas perguntas tu tá sempre numa prova, né?
Tanta saudade que não cabe mais no peito, né?
Tanta vontade, mas você não é perfeito fé
Mas siga a intuição, porque ela sempre foi bússola
Sempre na estrada do ouro e inshalá
Entre passos e tropeços
Acertos e erros
No fim da carta eu te mando um beijo
Entre passos e tropeços
Bênçãos e defeitos
No fim da carta eu te mando um beijo”
(Abebe Bikila (Bk’) - Carta Aberta)**

RESUMO

A pesquisa tem como tema fundamental o estudo da relação das frentes de brisa com a precipitação extrema de Salvador (BA), passando por sua gênese e constituição. Nesse contexto, o objetivo geral da presente dissertação é investigar a influência das frentes de brisa na gênese dos eventos e episódios extremos de precipitação na cidade do Salvador (BA). Para tal, foram elencados os seguintes objetivos específicos: a) Investigar a interação da frente de brisa na gênese combinada de fenômenos de grande escala; b) Promover uma discussão sobre o que constitui uma frente de brisa e sua diferenciação com as frentes frias; c) Estudar a relação entre as frentes de brisa e a produção pluviométrica nos dias de eventos extremos.

A climatologia dos eventos extremos em cidades como Salvador (BA) se apresenta como um aspecto importante para a geografia do clima, devido ao caráter material que lhe é conferido no momento em que a pluviometria excessiva - ou não - deflagra impactos no espaço. Em vista disso, sua gênese, e as nuances nela contidas, tem sido um assunto cada vez mais efervescente enquanto objeto de estudo na academia, bem como no debate público, por conta de todo o contexto imbricado no cenário das mudanças climáticas e do, consequente, apelo midiático crescente em torno dessa temática.

Dessa forma, para que se atenda aos critérios e objetivos supracitados, utilizou-se como processos metodológicos o levantamento de dados de precipitação do CEMADEN, no período de 2014 a 2020, em recorte diário e mensal. Com isso, o uso do percentil 95 para definição dos extremos. Não obstante, também foram utilizadas imagens de satélite do canal visível do GOES para identificação e diferenciação dos sistemas atmosféricos, bem como da designação da participação das frentes de brisa em dias de eventos e episódios extremos, através dessa análise sinótica sistematizada para atender à dinâmica do clima em sua sucessão e ritmo habituais. (Monteiro, 1971 e Sorre, 1951). Por conseguinte, encontrou-se uma dinâmica genética associada em escala regional entre as frentes de brisa e as frentes frias na produção dos extremos.

Palavras-chave: Frentes de brisa. Eventos extremos. Precipitação. Salvador. Gênese.

ABSTRACT

The research's fundamental theme is the study of the relationship between breeze fronts and extreme precipitation in Salvador (BA), going through its genesis and constitution. In this context, the general objective of this dissertation is to investigate the influence of breeze fronts on the genesis of extreme precipitation events and episodes in the city of Salvador (BA). To this end, the following specific objectives were listed: a) Carry out a climatic characterization of the study area; b) Promote a discussion about what constitutes a breeze front and its differentiation from cold fronts; c) Study the relationship between breeze fronts and rainfall production on days of extreme events.

The climatology of extreme events in cities such as Salvador (BA) presents itself as an important aspect for climate geography, due to the material character given to it when excessive rainfall - or not - triggers impacts in space. In view of this, its genesis, and the nuances contained within it, has been an increasingly effervescent subject as an object of study in academia, as well as in public debate, due to the entire context intertwined in the scenario of climate change and the consequent , growing media appeal around this theme.

Thus, in order to meet the aforementioned criteria and objectives, the methodological processes were the collection of precipitation data from CEMADEN, from 2014 to 2020, on a daily and monthly basis. With this, the performance of percentile techniques to define the extremes. However, satellite images of the GOES visible channel were also used to identify and differentiate atmospheric systems, as well as to designate the participation of breeze fronts on days of extreme events and episodes, through this synoptic analysis systematized to meet the dynamics of the climate in its usual succession and rhythm. (Monteiro, 1971 and Sorre, 1951)). Finally, correlation techniques were also used to investigate how teleconnections impact this breeze-precipitation front dynamic.

Keywords: Breeze fronts. Extreme events. Precipitation. Savior. Genesis.

Lista de Figuras

Figura 1: Mapa Hipsométrico da cidade de Salvador.....	14
Figura 2: Mapa de Uso e Ocupação do solo na cidade do Salvador.....	16
Figura 3: Normais climatológicas da cidade de Salvador (BA) 1931-1960; 1961-1990;1991-2020.....	17
Figura 4: Figura representativa do fenômeno de constituição de uma brisa marítima.....	20
Fonte: Souza (2016).....	20
Figura 5: Figura representativa do fenômeno de constituição de uma brisa marítima derivada de imagem de satélite em combinação com a formação de uma frente fria no centro-sul.....	25
Figura 6: Tabela de comparação dos desempenhos dos satélites Meteosat e MSG.....	30
Figura 7a: Imagem GOES (visível) de 02/01/2017 às 18h UTC mostrando a posição da frente da brisa marítima no litoral baiano e a passagem de uma frente fria no Atlântico.....	34
Figura 7b: Imagem GOES (visível) de 1/1/2000 às 18h UTC mostrando a posição da frente da brisa marítima no Estado do Ceará.....	35
Figura 8: Imagem GOES-8 satellite (1 September 2000, 1800 UTC). Retângulo branco delimita a área de estudo e as setas brancas marcam as frentes de brisa.....	37
Figura 8a. Riscos de Alagamentos e Deslizamentos (Atual, 2030, 2050, 2100).....	45
Figura 9: Pannel de mapas de interpolação da chuva em Salvador, das figuras 9a até 9f, respectivamente.....	46
Figura 10: Mapa de interpolação dos limiares de extremos definidos pelo Percentil 95 para cada estação pluviométrica.....	46
Figura 11: Interpolação da quantidade de eventos extremos registrados para cada estação pluviométrica na série histórica estabelecida (2014-2018).....	47
Figura 12: Pannel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 08 ao 19 de maio de 2015).. 51	51
Figura 13: Pannel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 08 ao 13 de maio de 2015).. 52	52
Figura 14: Pannel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 14 ao 19 de maio de 2015).. 53	53
Figura 15: Pannel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 09 ao 20 de maio de 2016).. 56	56
Figura 16: Pannel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 09 ao 14 de maio de 2016).. 57	57
Figura 17: Pannel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 15 ao 20 de maio de 2016).. 58	58
Figura 18: Pannel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 17 ao 28 de fevereiro de 2017).....	60
Figura 19: Pannel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 14 ao 19 de fevereiro de 2017).....	62
Figura 20: Pannel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 20 ao 25 de fevereiro de 2017).....	63
Figura 21: Figura esquemática para a formação de um ciclone subtropical de 200 hpa sobre o Atlântico Sul.....	65
Figura 22: Pannel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 16 ao 28 de janeiro de 2016).....	66
Figura 23: Pannel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 16 ao 21 de janeiro de 2016).....	67
Figura 24: Pannel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 22 ao 28 de janeiro	

de 2016).....	68
Figura 25: Painel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 29 de junho ao 04 de julho de 2017).....	72
Figura 26: Painel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 05 de julho ao 10 de julho de 2017).....	73
Figura 27: Painel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 29 de junho ao 10 de julho de 2017).....	74
Figura 28: Painel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 23 de dezembro a 04 de janeiro de 2017).....	76
Figura 29: Painel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 23 a 28 de dezembro de 2016).....	78
Figura 30: Painel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 29 de dezembro de 2016 ao dia 04 de janeiro de 2017).....	79

Lista de gráficos

Gráfico 1 - Gráfico de precipitação média em Salvador, em três blocos de recorte temporal de 30 anos (Normal climatológica).....	39
Gráfico 2 - Gráfico da Soma das médias mensais de precipitação, em trimestres.....	40
Gráfico 3 - Gráfico de participação da pluviometria de cada no total anual para cada estação pluviométrica.....	41
Gráfico 4: Gráfico do total pluviométrico anual em cada estação pluviométrica para cada ano da série histórica em questão.....	42
Gráfico 6: Gráfico da precipitação diária em Ondina no recorte de 08 a 22 de maio de 2015.....	49
Gráfico 7: Gráfico da precipitação diária em Ondina no recorte de 09 a 23 de maio de 2016.....	54
Gráfico 8: Gráfico da precipitação diária em Ondina no recorte de 14 a 28 de fevereiro de 2017.....	58
Gráfico 9: Gráfico da precipitação diária em Valéria no recorte de 16 a 30 de janeiro de 2016.....	63
Gráfico 10: Gráfico da precipitação diária em Ondina no recorte de 28 de junho a 12 de julho de 2017.....	69
Gráfico 11: Gráfico da precipitação diária em Alto do Peru no recorte de 21 de dezembro de 2016 a 03 de janeiro de 2017.....	74

Lista de tabelas

Tabela 1: Tabela de definição dos Anos Padrão de Precipitação em Salvador na série histórica de 1991 a 2020).....	43
Fonte: Zangalli Júnior e Alves, 2023.....	43

Sumário

Lista de Figuras.....	10
Lista de gráficos.....	11
Lista de tabelas.....	11
Sumário.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Objetivos.....	13
1.2 Caracterização da área de estudo.....	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1 Circulações locais e a brisa.....	21
2.3. As frentes de brisa e a constituição de uma frente.....	23
2.3.1 Diferenciação primária entre frentes frias e frentes de brisa.....	24
2.4 Eventos e Episódios extremos.....	27
3. METODOLOGIA.....	30
3.1 MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO DE FRENTES E DE BRISAS VIA SATÉLITE.....	30
3.2 Dados.....	32
3.2.1 Imagens de satélite.....	32
3.2.2 Dados de precipitação do CEMADEN.....	32
3.2.3 Parâmetros para a identificação de eventos extremos.....	33
3.2.4 Análise rítmica através das imagens de satélite.....	33
3.3 Tratamento dos dados.....	33
3.4 Procedimentos metodológicos utilizados para a identificação das frentes de brisa e das frentes frias e determinação dos episódios.....	35
3.5. Qualificação das estações pluviométricas.....	37
4. A PRECIPITAÇÃO HABITUAL EM SALVADOR.....	38
4.1 As chuvas no período 1961-2020.....	38
4.2 As chuvas no período 2014-2018.....	40
5. ANÁLISE SINÓTICA DE EVENTOS E EPISÓDIOS.....	48
5.1. Eventos extremos de chuva e a relação com as frentes de brisa.....	49
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77

1. INTRODUÇÃO

A presente pesquisa tem como base o estudo da relação entre as frentes de brisa e os eventos extremos de precipitação em Salvador, à vista de produzir conhecimento acerca dos sistemas atmosféricos envolvidos nessa dinâmica feitora de excepcionalidades.

O interesse por esse assunto emerge da necessidade de se compreender, de modo mais aprofundado, a gênese dos fenômenos responsáveis por produzir índices de pluviosidade muito acima da média, bem como sua concentração em uma escala de tempo bastante reduzida (dias e horas). Diante disso, inserido em um cenário de cada vez maior preocupação com as mudanças climáticas, os eventos extremos têm em si um caráter protagonista na forma material e, de certo modo, imediata com a qual esse fenômeno global se apresenta e gera impactos na vida humana.

Nesse sentido, durante a elaboração do presente trabalho, houve - no sul do estado da Bahia - um conjunto de desastres de grande magnitude produzido a partir de fenômenos extremos de chuva. Doravante o contexto de aumento na intensidade desses eventos, segundo o relatório mais recente divulgado pelo IPCC (ANO) (*Intergovernmental Panel On Climate Change* - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), o estudo de sua dinâmica genética não apenas cresce de importância, como também serve como plano base para uma série de discussões que serão suscitadas sobre a forma com a qual esses fenômenos climáticos se originam.

Logo, é diante disso que as frentes de brisa ganham caráter central na lógica de investigação da gênese da precipitação em Salvador (BA), uma vez que é de conhecimento da climatologia, bem como da meteorologia, o impacto massivo que as circulações de brisa marítima promovem na constituição da chuva na capital baiana.

Isto posto, a pesquisa busca responder às seguintes questões formuladas:

Há influência significativa das frentes de brisa na produção dos eventos e episódios extremos? Se sim, de que modo essa atuação se apresenta? Quais são as particularidades que diferenciam as frentes de brisa das frentes frias?

1.1 Objetivos

Geral

Investigar a influência das frentes de brisa na gênese dos eventos e episódios extremos na cidade de Salvador (BA).

Específicos

- a) Investigar a interação da frente de brisa na gênese combinada de fenômenos de grande escala.

- b) Promover uma discussão sobre o que constitui uma frente de brisa e sua diferenciação com as frentes frias.
- c) Estudar a relação entre as frentes de brisa e a produção pluviométrica nos dias de eventos extremos.

Justificativa

O presente trabalho visa contribuir com a produção acadêmica (Planchon, 1997; 2004; 2006; Silvestre, 2016; Souza, 2016; Teixeira, 2008; Vemado, 2012) sobre os fenômenos das frentes de brisa, que se constitui a partir da brisa, fenômeno muito comum em um país de grande magnitude litorânea. Mesmo com a presença latente da brisa, a literatura em português acerca desse assunto ainda é escassa, principalmente no caso específico das frentes de brisa. Não obstante, a definição da área de estudo se dá por conta desse panorama, pois Salvador é uma cidade costeira, margeada pelo Oceano Atlântica e pela Baía de Todos os Santos. E, assim sendo, sofre demasiada influência dos fenômenos de brisa durante todo o ano.

Nesse sentido, ainda se exprime uma necessidade de compreender melhor os sistemas produtores de chuva em Salvador, uma vez que o município recebe grande volume de precipitação todos os anos e essa dinâmica costuma se materializar no espaço físico na figura de desastres, impactando diretamente a vida de milhares de seus habitantes.

1.2 Caracterização da área de estudo

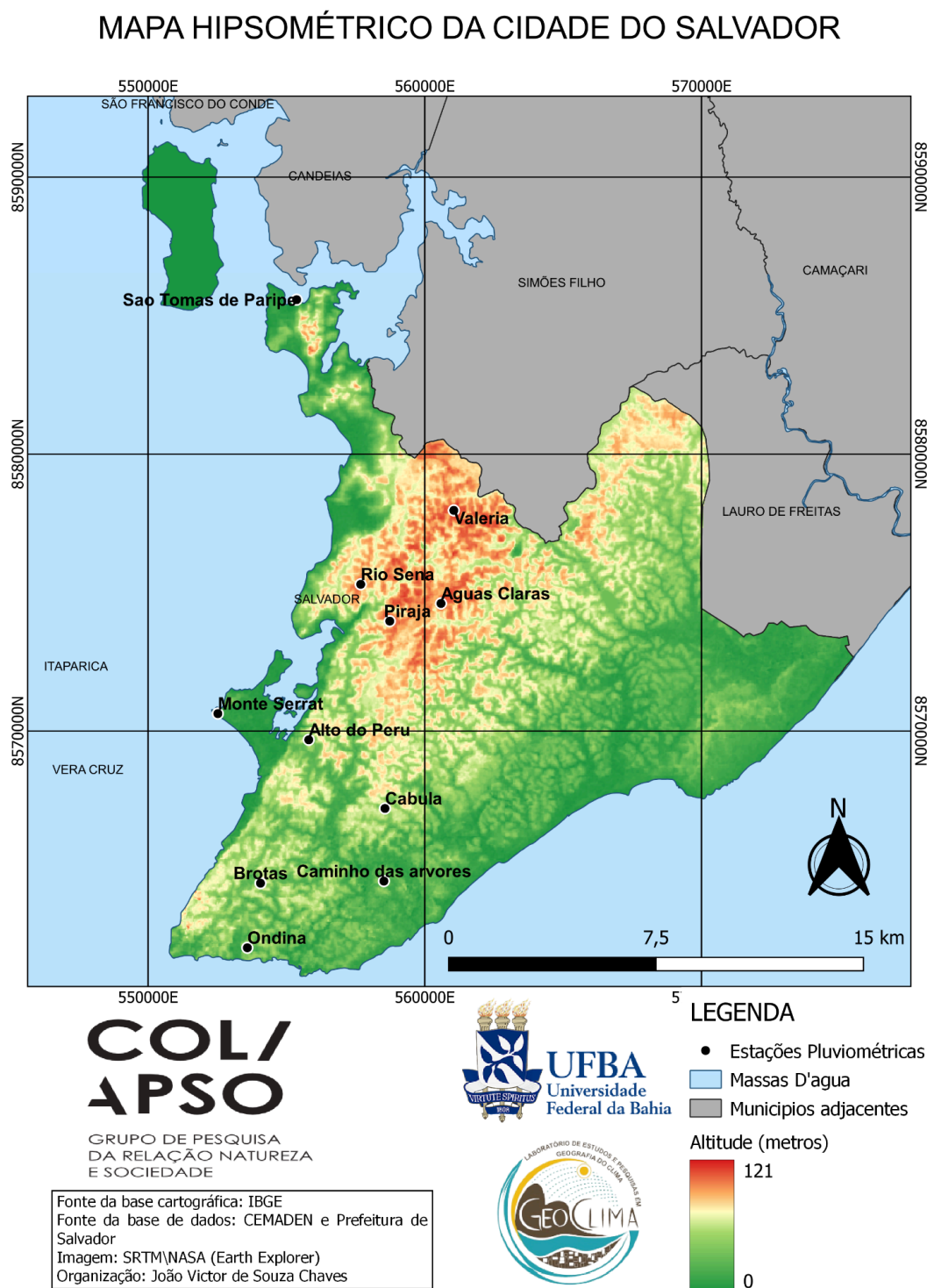
De acordo com Monteiro (1999), quando se define que o clima de um lugar é a resultante do comportamento dinâmico mais habitual ou recorrente da atmosfera, cronologicamente desenvolvido (tempo) sobre aquele dado lugar, tem-se o problema de definir que lugar é este. Nesse sentido, em primeiro plano, é importante situar como o lugar escolhido neste trabalho - no caso, Salvador - será abordado dentro do estudo climático a que este projeto se propõe.

Sendo Salvador uma cidade projetada para ser uma metrópole desde a sua fundação em 1549, na época em que os portugueses a instituíram como a primeira capital da colônia com o objetivo de administrar as demais, a produção de seu sítio urbano com base na desigualdade não só remonta há muitos séculos, como perdura nos dias atuais. Não obstante, destacada como a capital do estado da Bahia e localizada no litoral leste do estado, Salvador (12°55'S, 38°31'W) é o município mais populoso da região nordeste do Brasil e o 5º colocado no ranking de todo o país, atrás apenas de São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília e Fortaleza. São cerca de 2.900.319 habitantes, segundo estima o IBGE (2021). No último censo, realizado em 2010, a população girava em torno de 2.675.656 habitantes. A cidade se caracteriza por ser costeira, devido à

posição à leste do estado, sendo banhada pelo oceano Atlântico, além de ser detentora de uma das maiores baías do território brasileiro, a Baía de Todos os Santos (BTS)..

Com relação à vegetação, predomina a mata atlântica, em associação com grandes áreas de mangue, restinga e outros tipos de vegetações litorâneas. Nesse cenário, a altitude máxima do município se encontra a 121 metros acima do nível do mar, com uma extensas áreas baixas adjacentes, próximas à BTS e ao litoral marítimo (Figura 1).

Figura 1: Mapa Hipsométrico da cidade de Salvador.



Fonte: Organizado pelo autor.

O relevo acidentado de Salvador é outro ponto de destaque da capital baiana. Diante disso, alguns autores divergem sobre a caracterização da sua geologia. Barbosa e Dominguez (2006) e Barbosa et al. (2005) irão apresentar a região onde se localiza a região metropolitana

como sendo subdividida em três domínios geológicos principais: a Bacia Sedimentar do Recôncavo, a Margem Costeira Atlântica e o Alto de Salvador (Souza, 2008). Por outro lado, Santo (2003) apud Machado (2008), estabelecem que essa mesma região compreende cinco domínios geológicos distintos: Alto Cristalino de Salvador, parte da bacia sedimentar do Recôncavo baiano, Zona da Falha de Salvador, Baía de Todos os Santos e Planície Costeira Quaternária (Santos, 2003 apud Machado, 2008).

De todo modo, a cidade é dividida pelas denominações Cidade Alta e Cidade Baixa, uma vez que o município é repartido entre essas áreas de contraste altimétrico, com estreitas planícies litorâneas e territórios elevados pela grande escarpa na qual a cidade foi edificada. Tal fato foi, inclusive, preponderante para o desenvolvimento da cidade após seus primeiros anos de fundação.

Segundo Andrade e Brandão (2009, p. 32),

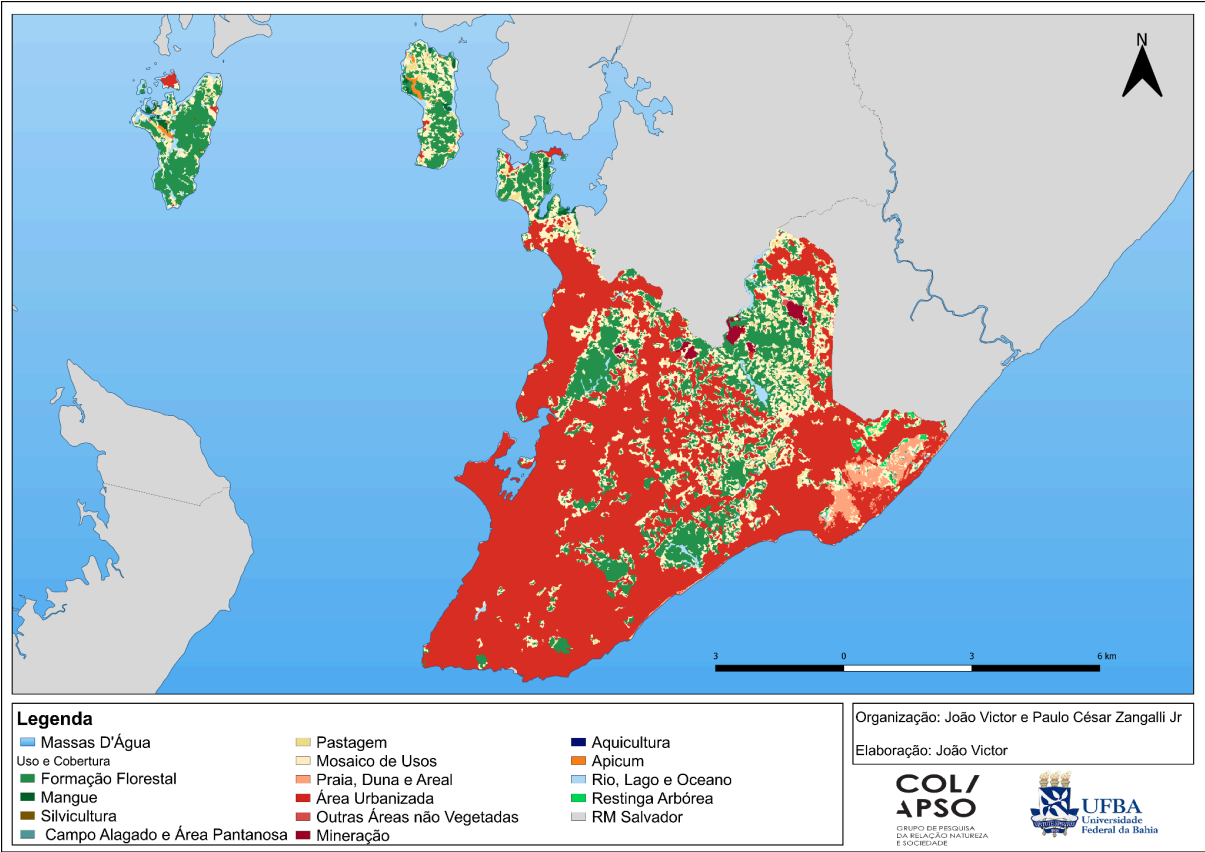
O desenvolvimento da cidade foi fortemente influenciado pela escolha do sítio urbano, que obedeceu a uma lógica defensiva: como era comum ao urbanismo português de então, Salvador foi edificada sobre uma escarpa, em acrópole, opondo-se ao porto, localizado na parte baixa, o que produziu uma primeira dualidade: Cidade Alta e Cidade Baixa.

A importância do relevo na estruturação do sítio urbano, portanto, torna-se evidente não apenas na questão de como se dará o desenvolvimento do local em questão, como também no clima, uma vez que a divisão entre Cidade Alta e Cidade Baixa escancara uma desigualdade sócio-espacial.

Não obstante, o relevo da cidade também foi um aspecto fundamental para sua escolha e desenvolvimento durante e após o período da colonização portuguesa no Brasil. Por ter sido, inclusive, capital do país até o século XVIII, Salvador se tornou um dos polos principais de ocupação, o que levou a um processo intenso de urbanização, que se intensificou na década de 1950 por conta da industrialização. (Santos, 2011, p.195).

Nesse contexto, a partir da década de 50, Salvador, assim como várias capitais brasileiras nesse período, começa a receber um aparato desenvolvimentista destacado pela implantação da Petrobras e das posteriores instalações do Centro Industrial de Aratu (CIA) e do Complexo Petroquímico de Camaçari (COPEC). Aliado a isso, a queda do comércio agrícola relativo ao cultivo de cana, fumo e de outros produtos, gera uma robusta mobilidade populacional em direção à capital do estado da Bahia. Um panorama que acaba por gerar essa grande e predominante área urbana no solo municipal (Carvalho e Pereira, 2008 e Santos, 2011) (Figura 2).

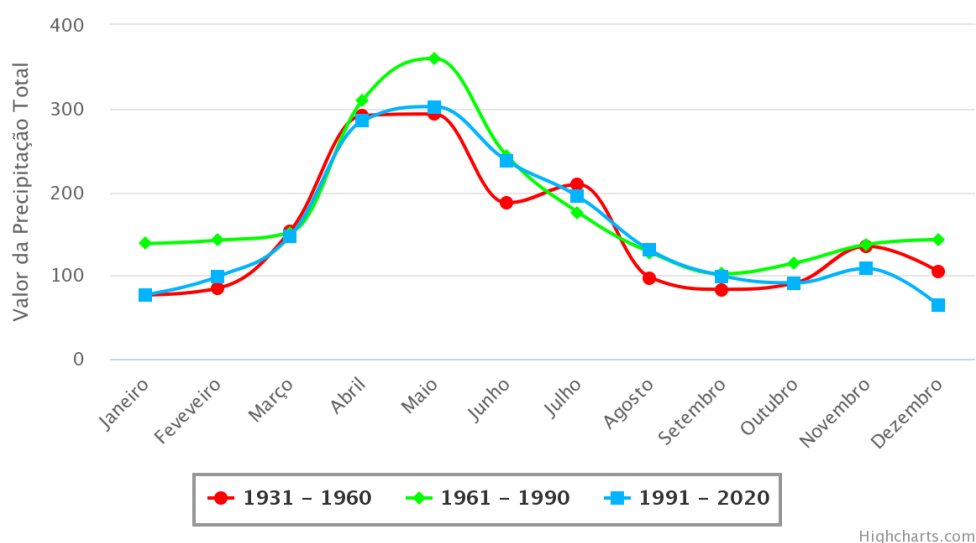
Figura 2: Mapa de Uso e Ocupação do Solo na cidade de Salvador.



Fonte: Organizado pelo autor.

Quanto ao clima de Salvador, conta-se com uma média de 1.832 milímetros de chuva anualmente na normal climatológica estabelecida pela série 1991-2020 na estação meteorológica de Ondina (Figura 3).

Figura 3: Normais climatológicas da cidade de Salvador (BA) 1931-1960; 1961-1990;1991-2020.



Fonte: INMET.

A região nordeste como um todo possui um regime de precipitação influenciado direta e indiretamente pelo oceano atlântico, sobretudo a partir das interações entre atlântico sul e norte, e entre atlântico e pacífico (NIMER, 1989; SANTOS, 2013). Os fenômenos El Niño e La Niña são o demonstrativo mais concreto dessa relação entre TSM e dinâmica climática do nordeste, apesar de as anomalias de TSM nem sempre se expressarem durante a ocorrência desses fenômenos, sobretudo quando se aborda as anomalias de temperatura do atlântico (SANTOS, 2013).

Dito isso, a dinâmica climática da cidade de Salvador é baseada na tropicalidade. Nesse sentido, a principal massa de ar atuante no município é a MTA (Massa Tropical Atlântica), que costuma trazer estabilidade, com tipos de tempos firmes, quentes e úmidos. Por se tratar de um município litorâneo, Salvador não possui estação seca, recebendo um aporte relevante de precipitação em praticamente todo o ano (NIMER, 1989). A MTA é um exemplo de sistema atmosférico que perdura durante todos os meses do ano, variando de intensidade, mas, via de regra, trazendo umidade do oceano para a região. Contudo, não é o único (NIMER, 1989; SANTOS, 2013; PALMA, 2010).

A estação chuvosa - de abril a julho - se origina de uma conjunção da MTA com as frentes frias, os fenômenos de brisa marítima e as DOLs (Distúrbios Ondulatórios de Leste) (NIMER, 1989; PALMA, 2010).

Com o ASAS no oceano, as frentes frias conseguem ultrapassar o Trópico de Capricórnio com maior frequência e rumar em direção à mais próximo do Equador, chegando a atingir o estado de Pernambuco em algumas ocasiões (NIMER, 1989). De modo concomitante, o afastamento temporário desse vórtice anticiclônico permite que as brisas marítimas e as DOLs ganhem mais instabilidade ao perturbar a atmosfera com mais intensidade. Outrossim, vale salientar que as DOLs também são fortalecidas pela variação acima do normal da TSM do Atlântico tropical durante os meses de maio a agosto. Por conseguinte, o resultado dessa dinâmica costuma ser precipitações acumuladas mensais da ordem de 100 a 350 milímetros (Nimer, 1989; Palma, 2010).

Na estação menos chuvosa (setembro a março), a incursão das frentes frias, das brisas, das DOLs e da MTA até Salvador reduz de frequência, por conta da posição mais a leste do ASAS e do consequente fortalecimento do seu caráter anticiclônico nas imediações litorâneas do nordeste brasileiro (NIMER, 1989). O aumento de radiação na primavera e no verão dificultam a passagem das frentes frias para além do trópico, fazendo-as estacionarem e retrocederem como frentes quentes. No entanto, esse processo ainda produz chuva na Bahia ao gerar Linhas de Instabilidade (NIMER, 1989). Como Serra (1948, 1952 e 1953 apud NIMER, 1989) aponta uma relação entre a passagem das frentes frias e as ondulações no Rio de Janeiro com as DOLs no litoral leste nordestino, esse se torna mais um fator para a redução da ocorrência do último nessa época do ano.

As chuvas, dessa forma, retornam em quantidade a partir do meio para o final do verão, com base no posicionamento mais à nordeste da ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul). No entanto, há de se ressaltar que, em caráter de eventos extremos - os primeiros meses de verão podem ser característicos em época de La Niña, trazendo volumes de precipitação muito acima da média para Salvador e a porção mais ao sul da Bahia em virtude do incremento em umidade e na frequência aumentada da ZCAS próxima a latitudes mais baixas gerado pelos efeitos da La Niña. Além disso, no verão é comum a formação dos VCANs (Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis) que ajudam no fornecimento de chuvas durante esse período (NIMER, 1989; PALMA, 2010).

Portanto, o fator maritimidade não só aparece como um regulador do clima em escala regional - fator semelhante para a maior parte da região nordeste - como também local na cidade de Salvador. A presença dos fenômenos de brisa são um ponto fundamental para a ausência de estação seca no município, haja vista que as frentes de brisa acontecem em grande parte do ano. Somente essa fração litorânea pequena em comparação à dimensão territorial da região nordestina não possui sequer um mês considerado seco.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Circulações locais e a brisa

As circulações locais são definidas pela escala diária com grandeza espacial da ordem de algumas centenas de quilômetros, que se enquadra na mesoescala e podem ser originadas por forçantes mecânicas e térmicas (ORLANSKI, 1975 apud VEMADO, 2012).

Como exemplo de forçante térmica diretamente relacionada com a brisa no ambiente urbano há o alto volume de construções, pavimentação extensa do solo urbano e demais elementos de origem antropogênicas (carros, motos, caminhões e outros veículos). Dessa forma, tal combinação resulta em um ambiente de bastante condutividade de calor, bem como de retenção da radiação na figura da transformação em calor sensível e armazenado sob a superfície, enquanto apenas uma pequena parte escapa para níveis maiores da atmosfera na forma de calor latente (FREITAS E DIAS, 2005 apud VEMADO, 2012. p. 21).

No contexto local de Salvador, as brisas possuem um papel determinante para a ausência de mês seco no município. Algo que se assemelha em boa parte do litoral nordestino, cuja área é uma das poucas na região que não possui estação seca, ou seja, as brisas trazem chuva nos meses, nos quais a falta dela deveria ser a regra (NIMER, 1989).

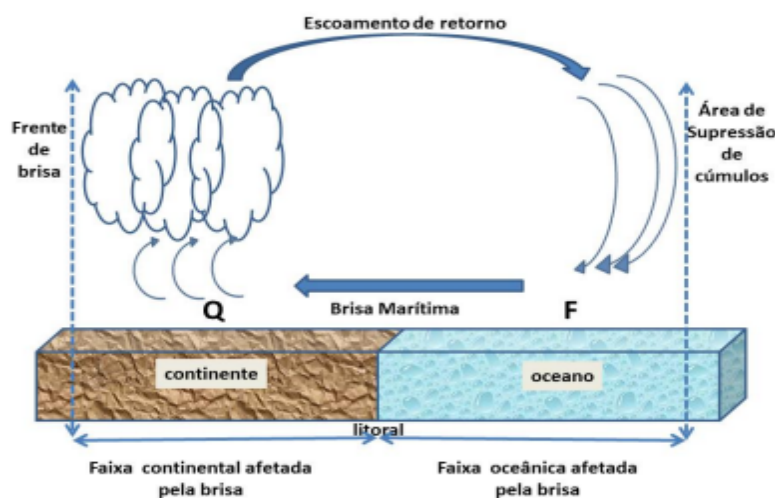
Segundo trabalhos desenvolvidos por Wexler (1946), Defant (1951), Atkinson (1981) e Simpson (1994), a faixa continental afetada pela brisa gira em torno de 20 a 50 km em latitudes médias, podendo alcançar os 300 km em regiões tropicais (SOUZA, 2016). Não obstante, os fatores geográficos do clima (topografia, relevo, presença de grandes corpos d'água...) também podem influenciar a intensidade e a extensão dos fenômenos de brisa marítima e terrestre (MONTEIRO, 1999; SOUZA, 2016).

Nesse sentido, Souza (2016) explicita o fenômeno das brisas da seguinte forma: De dia, o maior aquecimento da superfície em relação ao oceano gera um gradiente de pressão que conduz os ventos do oceano para o continente, gerando um escoamento denominado de brisa marítima. À noite, o processo se inverte, mas na mesma dinâmica. O maior resfriamento do continente gera um gradiente de pressão que conduz os ventos do continente em direção ao mar, produzindo um escoamento definido como brisa terrestre.

Por extensão, à frente desse escoamento ocorre convergência e formação de um arco (ou banda) de nebulosidade, a qual recebe o nome de frente de brisa. Na retaguarda da frente, há divergência e formação de uma área de alta pressão, suprimindo a nebulosidade (área de

supressão de cúmulos). Logo, a célula se fecha com o escoamento de retorno, conforme demonstrado na Figura 4 (SOUZA, 2016).

Figura 4: Figura representativa do fenômeno de constituição de uma brisa marítima.



Fonte: Souza (2016).

Diante disso, as brisas são mais propícias nos trópicos do que nas latitudes médias por conta da aceleração menor da força de coriolis nessa porção do planeta. Em latitudes maiores, essa maior aceleração desvia o vento, inibindo a ocorrência desse fenômeno. Assim, tem-se um caráter nítido de tropicalidade relacionado aos fenômenos de brisa e frentes de brisa. (DECARIA, 2005 apud TEIXEIRA, 2008).

Contudo, os fenômenos de brisa marítima são bem mais amplamente estudados, no que se refere à influência nos regimes de precipitação no continente, que a brisa terrestre. Espera-se que a brisa terrestre impacte mais as chuvas no oceano, o que nem sempre ocorre (TEIXEIRA, 2008).

Logo, o fato de Salvador estar localizada em uma zona de latitude baixa corrobora com a forte incidência dos fenômenos de brisa e frentes de brisa ao longo de todo o ano, embora sua participação na produção de eventos extremos ainda seja uma incógnita a ser averiguada. O

potencial tanto da brisa marítima como da brisa terrestre na pluviometria soteropolitana carece de contribuições na literatura geográfica.

2.3. As frentes de brisa e a constituição de uma frente

Ao se debruçar sobre o tema “Frentes de brisa”, é comum encontrar citações ao fenômeno em trabalhos com enfoque na análise de sua dinâmica através de um viés estatístico-descritivo.

Em Dias e Freitas (2004, p. 2), por exemplo, a frente de brisa é, inclusive, demarcada por um coeficiente matemático, a razão de mistura, que é expressa pela razão da massa de vapor de água por quilograma de ar seco em uma parcela de atmosfera qualquer. Em vista disso, essa delimitação se alicerça em uma das variáveis fundamentais para o estudo da brisa: a umidade. Em outras publicações, o fenômeno é descrito a partir das características morfológicas da nebulosidade que se assume após a constituição da brisa.

Segundo Clarke (1981 apud MASTER, 2010), a interação da frente de brisa com a camada de inversão noturna gera linhas de instabilidade no litoral da Austrália. Em Teixeira (2008, p.2), uma análise de imagens de satélites meteorológicos fornecidas pela NOAA e geradas na FUNCEME demonstrou que a nebulosidade associada à linhas de convergência e às brisas no litoral se manifesta na forma de linhas ou de arcos de nuvens, correlacionadas com as frentes de brisa.

Vincent Dubreuil et al (2004, p.1-11) apontam para a frente de brisa permitindo a formação de uma linha de nuvens do tipo cumuliforme, paralela à costa e frequentemente detectável a partir da observação de imagens de satélite. NEWTON et. al (1972) apud SINHORI (2015) define frente como sendo uma faixa estreita da camada atmosférica com pelo menos três quilômetros de altura. No plano horizontal, ocorre uma mudança térmica brusca de no mínimo 3 graus nas regiões subtropicais, e de 4 a 5 graus nas latitudes médias e nos polos. Nesse sentido, isso suscita um paralelo com outros tipos de frentes, como as frentes de rajada e as frentes frias, as últimas sendo o tipo mais clássico, estudado e teorizado desse fenômenos.

Nesse contexto, uma proposta teórico-conceitual para o que se entende como frente foi desenvolvida por Bjerknes e Solberg, em 1922, cujos autores desenvolvem uma ampla teoria acerca da participação dos ciclones extratropicais na frontogênese, bem como formulam a teoria da frente polar, sendo até os dias atuais um dos trabalhos fundamentais para a noção acerca da definição, das características basais e dos diferentes tipos de frente. Desse modo, segundo Bjerknes e Solberg (1922), uma frente é qualificada como uma faixa, zona ou superfície, de

transição entre duas massas de ar de características diferentes, principalmente térmicas. Seus tipos são descritos conforme os movimentos relativos a essas massas de ar durante o encontro. Por exemplo, a frente estacionária se constitui quando não há o avanço de ar frio, tampouco de ar quente. Enquanto, uma frente oclusa se caracteriza pelo deslocamento mais rápido de uma frente fria, de modo que a mesma ultrapasse uma frente quente do lado leste do ciclone (MASTER, 2010).

2.3.1 Diferenciação primária entre frentes frias e frentes de brisa

A categoria de frentes que possui um impacto e distribuição maior pelo Brasil é a de frentes frias, sendo um fenômeno de bastante abrangência pelo território, podendo chegar até a porção mais ao leste do litoral, bem como penetrar pelo centro-sul de modo a atingir a região norte em momentos de maior intensidade desse fenômeno. Não obstante, a frente estacionária é conhecida por ocasionar elevados índices de precipitação nas regiões sudeste e sul durante a maior parte do ano (MATTOS, 2002 e NIMER, 1989).

Diante dessa conjuntura, as frentes frias geralmente estão associadas ao desenvolvimento de ciclones extratropicais, que se estruturam através de uma área de baixa pressão com núcleo fechado, gerando convergência em superfície, facilitando o encontro de massas de ar frio com massas de ar quente, e movimentos ascendentes de ar, os quais giram no sentido horário no Hemisfério Sul (e anti horário no Hemisfério Norte) (MASTER, 2010; MATTOS, 2002; NIMER, 1989).

Quanto a origem da massa de ar frio, componente fundamental para o estabelecimento das frentes frias e das frentes polares, é de conhecimento difundido o ponto de partida próximo ao continente antártico, na latitude 90° L, de onde elas invadem o oceano, se aquecendo e umedecendo muito rapidamente (NIMER, 1989). Com o desaparecimento da subsidência, essas massas de ar polar se tornam instáveis e invadem o continente sulamericano, seguindo três trajetórias diferentes, de acordo com cada centro de ação (NIMER, 1989).

Ainda segundo Nimer (1989), a trajetória do ar polar pelo leste dos andes, sob a forma de grandes anticiclones, produz uma descontinuidade térmica resultante do encontro entre os ventos frios da massa polar com os ventos quentes do sistema tropical, constituindo a FPA. Dessa maneira, condicionada pelo contraste térmico, a frente se divide em duas: uma que segue pelo rumo a oeste do maciço brasileiro em direção à depressão do Chaco e outra que percorre o caminho à leste desse maciço, pelo oceano Atlântico. Nessa subida em direção ao Equador, o mais comum é que a frente perca força por conta do contato com os ventos alísios de SE.

Contudo, no inverno, graças ao forte gradiente térmico Equador-Pólo, as massas de ar frio podem atingir latitudes mais baixas, penetrando pelo litoral nordestino (NIMER, 1989; 1966.).

Alguns autores, como Kousky (1979), Nimer (1989) e Veber (2011) mostram que, em latitudes mais baixas, uma das consequências da presença das frentes polares é o aumento nos índices de precipitação, sobretudo no nordeste brasileiro.

Logo, uma vez no litoral baiano as frentes polares constituem-se como um dos sistemas atmosféricos responsáveis por um considerável incremento na pluviometria, inclusive coincidindo com dias de eventos de extremos de chuva na cidade, como aconteceu no mês de abril de 2022, no qual áreas de instabilidade associadas a chegada de uma frente fria contribuíram para acumulados acima dos 100 mm na capital (INMET, 2022).

Na literatura, as frentes de brisa, por outro lado, geralmente estão associadas diretamente ao fenômeno da brisa marítima, ao invés dos ciclones extratropicais, como é o caso das frentes frias (WEXLER, 1946; DEFANT, 1951; ATKINSON, 1981; SIMPSON, 1994; DUBREUIL, 2005; TEIXEIRA, 2008; SOUZA, 2016). Nesse sentido, depreende-se que as frentes de brisa são um fenômeno de circulação local, enquanto as frentes polares possuem um caráter regional mais proeminente, podendo a mesma frente fria atingir uma porção muito maior do território brasileiro (ORLANSKI, 1975 apud VEMADO, 2012; NIMER, 1971 e 1999).

Dessa forma, embora trate-se de dois fenômenos contidos na categoria de frente, suas dinâmicas de formação e atuação são bastante distintas, bem como a escala de cada uma, apesar de se convergirem na responsabilidade de serem produtores de precipitação por onde passam. Contudo, os fenômenos de brisa geralmente produzem um total pluviométrico baixo se comparado aos sistemas frontais de origem extratropical. Além disso, não costumam trazer consigo massas robustas de ar frio, que causariam declínios acentuados de temperatura, como é o caso das frentes frias e polares (NIMER, 1971 e 1999; SOUZA, 2016).

Enquanto a frente fria é capaz de penetrar pelo continente brasileiro tanto pelo litoral quanto pelo centro-oeste, atingindo porções inclusive amazônicas no fenômeno conhecido como “friagem” e chegando bem próxima ao Equador em alguns eventos menos comuns, as frentes de brisa são oriundas de uma diferença no gradiente de pressão entre oceano e continente, não se estendendo para além das centenas de quilômetros na imensa maioria de suas ocorrências (MATTOS, 2002; NIMER, 1971 e 1999; SOUZA, 2016).

Quanto ao ciclo de vida das frentes frias e das brisas, na primeira, normalmente, a duração se exprime em um recorte de dias, raramente perdurando por mais de uma semana em atividade convectiva, a depender da velocidade do seu escoamento. Contudo, seus efeitos, como o ar frio que se estabelece na retaguarda com o impulso da alta pressão pós frontal, podem durar

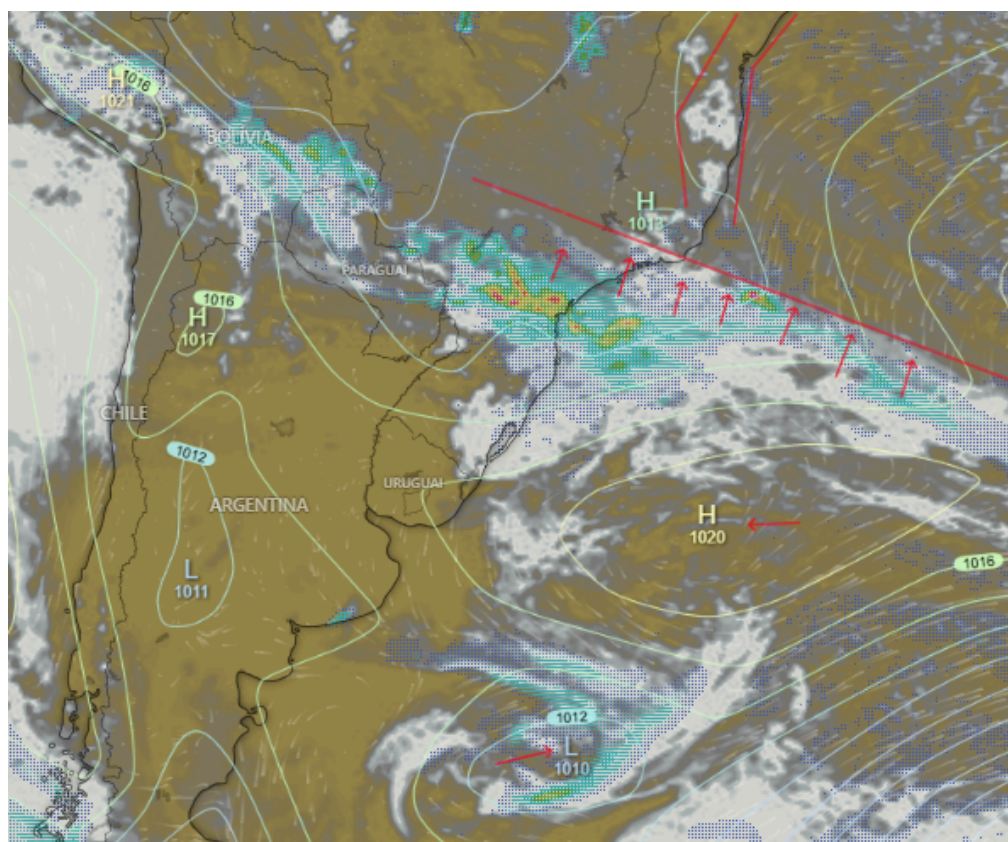
mais de uma semana, sobretudo se ocorrer a passagem de sistemas frontais em semanas consecutivas. Já as frentes de brisa, por outro lado, possuem uma duração diária, uma vez que, por sua natureza atrelada fundamentalmente à incidência de radiação solar, depende da mesma para se constituir e, sem ela, se dissipa. Logo, é comum o fenômeno começar pela manhã, atingir o seu auge no período da tarde, quando o contraste térmico é máximo, e desaparecer durante a noite pela ausência de radiação após o pôr do sol (NIMER, 1989 e 1999; MATTOS, 2002; FREITAS E DIAS, 2005 apud VEMADO, 2012; TEIXEIRA, 2008; SOUZA, 2016.)

Quanto à estrutura vertical desses fenômenos, geralmente as frentes frias atingem altitudes da ordem dos quilômetros, com nuvens de grande desenvolvimento vertical devido à intensa atividade convectiva gerada pelo encontro de uma massa de ar frio com uma massa de ar quente (BJERKNES; SOLBERG, 1922; NIMER, 1989; SELUCHI et. al 2016). De outro modo, as nuvens provenientes da frente de brisa também conseguem chegar a altitude dos quilômetros, embora em boa parte das ocasiões se limitem às centenas de metros, como exposto em trabalhos de Vemado (2012), onde identifica duas frentes de brisa em um intervalo de um mês entre a aparição de uma e de outra, com a primeira se restringindo aos 800 metros de altura, ao passo que a posterior alcança os 1.600 metros de altitude.

Conforme mencionado anteriormente, a brisa é um fenômeno gerado pelo contraste barométrico. Essa brisa, portanto, só se designa uma frente de brisa no momento em que há processo convectivo estruturante de nebulosidade (Figura 4). A maioria dos autores (trazidos para essa discussão converge nesse sentido (MATTOS, 2002; FREITAS E DIAS, 2005 apud VEMADO, 2012; TEIXEIRA, 2008; SOUZA, 2016.)

As frentes frias também contém no contraste barométrico um elemento importante para a sua formação (Figura 5) - por conta da baixa pressão que a configura em latitudes maiores e a alta pressão que se estrutura na retaguarda da sua nebulosidade durante o caminho rumo ao Equador - mas a escala de ambos os fenômenos é o que os distingue. Enquanto a Frente de Brisa se estrutura localmente, as Frentes Frias abrangem centenas de quilômetros em um processo de formação muito mais complexo e robusto. Em contrapartida, o que assemelha ambos os fenômenos parece ser a presença de convecção, de uma banda de nebulosidade associada.

Figura 5: Figura representativa do fenômeno de constituição de uma brisa marítima derivada de imagem de satélite em combinação com a formação de uma frente fria no centro-sul.



Fonte: Aplicativo Windy..

2.4 Eventos e Episódios extremos

Para entender de que modo as frentes de brisa impactam na precipitação deflagradora de extremos - episódios e eventos - em Salvador, se faz necessário principiar, e posteriormente aprofundar, a discussão em torno dessa forma de compreender tais fenômenos de tempo e clima caracterizados pelos limiares acima dos habituais.

A categoria de evento extremo aparece em alguns autores a partir da configuração de uma excepcionalidade meteorológica, na qual o método para sua identificação consiste em valores de desvio-padrão acima da média, ou do valor estabelecido para os eventos extremos (neste trabalho, admitiu-se 25,5 mm de chuva em 24h no percentil 95), geralmente com base na técnica de percentis, ou ainda, de acordo com a persistência do fenômeno, considerando o levantamento de dias consecutivos com chuva (ARMOND, 2014; 2017; CHAVES E CAVALCANTI, 2000).

Neste cenário, os eventos extremos de precipitação, mesmo se configurando enquanto excepcionalidades em relação à média, são constituintes do ritmo de um lugar, uma vez que as flutuações - positivas e negativas - em torno desses limiares habituais e conhecido compõem o que se entende como aceito ou suportado dentro da variabilidade climática de um determinado local. Dessa forma, um dos sintomas presentes no paradigma das mudanças climáticas é o provável aumento das ocorrências de eventos extremos de tempo e clima. (VICENTE, 2005 e ANGELOCCI e SENTELHAS, 2007).

No entanto, a partir da existência da variabilidade, a análise dos eventos extremos de chuva cresce em complexidade, pois a variabilidade não é a mesma através das diferentes escalas espaciais, bem como também considera o ritmo (MONTEIRO, 1962; 1971 e 1991) . Logo, através desse viés a geografia buscou compreender tais fenômenos com bastante eficiência justamente pela consideração do “movimento”, no qual os eventos extremos são o produto final, isto é, da análise em torno da dinâmica climática local e regional em sua sucessão habitual, o que pressupõe uma representação concomitante de vários dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo diárias (ARMOND, 2017; MONTEIRO, 1962 , 1971 E 1991; SANT'ANNA NETO, 2001; ZAVATTINI, 2000).

É preponderantemente deste modo que se é possível revelar a gênese desses fenômenos, o que, por sua vez, geralmente apresenta uma multiplicidade de sistemas atmosféricos atuando em simbiose e particularidade representativa de cada posição no espaço geográfico (MONTEIRO, 1971). A análise dos eventos extremos de precipitação em Salvador, por exemplo, é substancialmente diferente da análise dos eventos extremos de chuva em Porto Seguro, por exemplo, pois, apesar de serem municípios do mesmo estado, alguns dos elementos fundamentais do clima são substancialmente diferentes. Dentro da dinâmica local de cada um, os sistemas atmosféricos produzem interações também distintas com o sítio dessas cidades.

Entretanto, a perseguição dos eventos extremos tão incrementada pelo paradigma das mudanças - ou alterações climáticas suscitou novas abordagens dentro da ciência geográfica, uma vez que a sua materialidade se torna o grande foco da questão.

Quando Sant'anna Neto (2001, p. 53) diz que,

Além disso, muitas dificuldades têm sido encontradas pelos geógrafos estudiosos da Climatologia em relação à incorporação de novas tecnologias provenientes, principalmente, da Meteorologia e necessidade de mudanças, em relação às novas demandas de um mundo globalizado e tão necessitado de novas respostas para as novas questões colocadas neste início de um novo século.

e ainda que,

Há que se considerar, também, que a concepção de ação antrópica, além de demonstrar uma visão extremamente naturalista da relação sociedade–natureza, tende a minimizar os aspectos de ordem social, econômica e ideológica do processo de intervenção e apropriação dos recursos naturais. Além disto, antropizar o território significa mascarar as reais intenções dos agentes do sistema econômico hegemônico neste processo de apropriação, desviando as atenções da questão primordial, apropriação–utilização–reprodução da natureza, para uma questão secundária: demonstrar os diferentes graus de intervenção dos agentes envolvidos – os homens – desconsiderando-se sua organização social estabelecida numa sociedade de classes.

aponta-se para uma limitação da categoria de eventos extremos para responder aos questionamentos de uma sociedade que sofre, em sua maioria, por essa materialidade que a chuva - por si só - não provoca, ou melhor, não provoca para uma parcela dessa sociedade, que é mascarada pela concepção generalista de ação antrópica.

É nesse sentido que a categoria de episódios extremos se manifesta em alguns autores como o próximo passo para a geografia no âmbito do estudo da climatologia.

Nesse contexto, em Armond e Sant’anna Neto (2017), o conceito de episódios extremos exprime aqueles eventos que deflagraram impactos relacionados ao espaço urbano, uma vez que nem todas as ocorrências de eventos extremos de precipitação produzem impactos. Outrossim, o método de identificação abarca a consideração dos valores acima dos limiares médios definidos para a localidade em questão, com o acréscimo dos impactos.

Essa categoria de episódios extremos, por sua vez, gerou uma perturbação na produção geográfica de tal forma que alguns horizontes se abriram em torno dessa “nova” abordagem para a ciência do clima. Outros autores como Berezuk (2012), portanto, buscaram trazer concepções concomitantes e concordantes com a noção de que a chuva não se mantém limitada ao processo físico da precipitação dentro da atmosfera, haja vista que, uma vez precipitada no espaço, e este sendo geográfico, pode aparecer como fator de domínio e reprodução de uma sociedade.

Mesmo na meteorologia, autores como Vicente (2005) e Kates (2000) também caminham para o estudo além da precipitação como fenômeno físico-atmosférico, alertando para a diferença significativa de magnitude nos impactos provenientes das chuvas extremas, fundamentalmente a partir da consideração da vulnerabilidade social e econômica como um fator determinante.

Contudo, é importante ressaltar que, dentro da bibliografia, eminentemente a geográfica, a categoria de episódios extremos convoca para o debate - como ponto fundamental para a análise - a noção de produção e reprodução do espaço de maneira desigual, no qual seus agentes

são cientes e ativos enquanto classe que constrange uma outra classe. Logo, há um caráter essencialmente político-ideológico que também compõe a análise de um fenômeno climático (SANT'ANNA NETO, 2001; ARMOND, 2014 e 2017; ARMOND E SANT'ANNA NETO, 2017).

Quando Monteiro (1991) alerta para o caráter geográfico das excepcionalidades do clima, o faz justamente por conta da representação socioespacial que a materialidade desses fenômenos expressa. Esse é o predicado que une a climatologia com a geografia enquanto objeto de estudo dessa ciência, segundo o autor.

Nesse sentido, os episódios extremos são também uma forma de qualificar metodologicamente a análise dos eventos extremos em um determinado espaço geográfico, uma vez que a complexidade deste tema revela panoramas, em teoria, contraditórios entre si. Os episódios revelam, algumas vezes, desastres deflagrados sem a ocorrência de precipitações excepcionais, bem como o contrário também acontece, onde alguns eventos extremos de chuva estatisticamente validados como tal podem não ocasionar impactos significativos no espaço. Para descortinar o que a sombra da análise estática esconde, a abordagem dinâmica das repercussões espaciais que a precipitação ajuda a deflagrar deve se somar como método de análise e compreensão do fenômeno climático (MONTEIRO, 1969; 1971; ARMOND, 2014).

Em suma, todo esse arcabouço teórico em que se propõe uma separação dos extremos em eventos e episódios se denomina Geografia do Clima (ARMOND, 2014 E 2017; SANT'ANNA NETO, 2001 E ARMOND E SANT'ANNA NETO, 2017), paradigma que o presente trabalho terá como norteador para identificar de que modo as frentes de brisa participam na dinâmica de extremos em Salvador.

3. METODOLOGIA

3.1 MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO DE FRENTES E DE BRISAS VIA SATÉLITE

Com o intuito de atender aos objetivos específicos elencados para a realização deste trabalho, uma série de procedimentos quantitativos e qualitativos serão empregados. A maioria à luz do paradigma do ritmo climático proposto por Monteiro (1971).

De acordo com Fedorova e Carvalho (2000 apud SINHORI, 2015), os principais métodos de identificação de frentes utilizam de informações obtidas pelos dados de satélite e de diferentes campos atmosféricos, como pressão, linhas de corrente, temperatura, umidade, espessura, laplaciano da pressão e outros.

Os satélites geoestacionários asseguram, desde 1977, uma cobertura quase global do globo terrestre, somente as elevadas latitudes são excluídas. Nos dias atuais, há alguns conjuntos de satélites geoestacionários em operação no Planeta Terra, dos quais se destacam os seguintes grupos: O METEOSAT - de origem europeia; o GOES - americano; o GOMS - originário de missões russas; o INSAT - missões indianas; e o GMS de origem japonesa (DUBREUIL, 2005).

Assim, desde 2002 o programa METEOSAT entrou em nova fase, com o lançamento de MSG (Meteosat Segunda Geração). O desempenho aumentou com novas bandas espectrais, com a resolução quilométrica no visível e com a frequência de aquisição de imagem a cada 15 minutos (DUBREUIL, 2005).

Diante dessa conjectura, vários foram os estudos em que as imagens satelitares se exprimiram como um método eficiente para investigação dos comportamentos dos fenômenos associados à brisa e dos sistemas frontais de origem polar. Em Pielke (1984), as imagens foram usadas para sustentar uma análise de convecção de nuvens e tempestades relacionadas à frente de brisa na Flórida. Em Cautenet e Rosset (1989 apud Dubreuil, 2004), houve o uso das imagens do espectro visível do satélite METEOSAT para elucidar observações relativas à inserção das frentes de brisa durante a estação menos chuvosa na região do Golfo da Guiné (Figura 6).

Figura 6: Tabela de comparação dos desempenhos dos satélites Meteosat e MSG.

Comparação dos desempenhos de Météosat e de MSG:		
	Météosat	MSG
Visível	um canal (5 km)	4 canais (HRV 1 km)
Infravermelho meio	um canal (10km)	3 canais (3km)
Infravermelho térmico	um canal (10km)	5 canais (3km)
Repetitividade das imagens	30 minutos	15 minutos

Fonte: Dubreuil et al (2004).

Em Dubreuil et. al (2004), entende-se que a frente de brisa marítima permite a formação de uma linha de nebulosidade com nuvens do tipo cumuliforme, paralela à costa e frequentemente detectável a partir das imagens de satélite. No entanto, a teledeteção é restritiva, uma vez que nem todas as formações de brisa marítima são associadas a formação de uma frente de nuvens, dependendo de aspectos como nível de umidade e do próprio padrão de nuvens. Dessa forma, as imagens satelitares são uma forma de monitoramento apropriada para as

situações de brisa em que há uma frente de nuvens diretamente ligada à ela. A partir disso, é possível averiguar aspectos como a localização e a morfologia dessa descontinuidade.

Em Silva, Aragão e Correia (2013), foram utilizadas, como segunda etapa metodológica do estudo das rajadas de vento na cidade de Salvador, imagens dos satélites METEOSAT e GOES-E no canal infravermelho a fim de observar os sistemas atmosféricos relacionados aos casos de rajadas de vento de maior potência.

3.2 Dados

Nesse contexto, para a constituição dessa pesquisa foram utilizados os seguintes dados:

- Imagens de satélite
- Dados de precipitação do Centro de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN)

3.2.1 Imagens de satélite

Para este trabalho, foram utilizadas imagens do satélite GOES-13 no canal do visível para os horários das 15:00 às 16:30 da tarde, seguindo aquilo que se entende como um dos períodos do dia de maior ativação e penetração da nebulosidade associada aos fenômenos decorrentes da brisa marítima (Dubreuil et al 2004; Planchon et al 2006; Planchon, 2003, 2009).

As imagens encontram-se disponíveis no DSA do CPTEC/INPE <http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/meteosat.formulario.logic>.

3.2.2 Dados de precipitação do CEMADEN

Quanto aos dados de precipitação retirados do CEMADEN, estes foram levantados na série histórica de 2013 a 2020, contendo 29 estações pluviométricas espalhadas por todo o município. Nesse sentido, destas 29, foram utilizadas apenas 11 estações para os demais procedimentos estatísticos, haja vista que as outras 19 estações atmosféricas continham vazios em grande parte da série histórica.

Tais dados foram tratados a partir do uso do *software Excel* para a tabulação e análise climatológica dos mesmos, bem como foram espacializados através da utilização do *software Qgis* para o melhor entendimento das áreas de maiores e menores valores de precipitação e ocorrência de eventos extremos.

3.2.3 Parâmetros para a identificação de eventos extremos

Uma das determinações para o limiar dos eventos extremos em Salvador foi determinada por Barreto et al (2008) após a aplicação das técnicas de utilização de percentis em uma série histórica diária de dados de precipitação compreendida entre os anos de 1964-2007 (Machado, 2008).

A partir disso, foram definidos como eventos extremos aqueles em que a pluviosidade excedeu ou se igualou ao percentil 97 = 50 mm.

Para este trabalho, no entanto, foi definido o limiar para a consideração de eventos extremos no município de Salvador com base no percentil 95 = 25,5 mm, com o objetivo de também verificar se esse valor definido compreende de maneira satisfatória a precipitação extrema dentro da dinâmica climática do município do Salvador.

3.2.4 Análise rítmica através das imagens de satélite

Para responder ao objetivo específico relativo à diferenciação dos sistemas atmosféricos atuantes na área de estudo nas respectivas datas de ocorrência dos eventos extremos, foi realizada uma análise rítmica (MONTEIRO, 1971) dos tipos de tempo em sua sucessão habitual em escala diária, com um recorte temporal que abrange o período dos sete dias anteriores à deflagração do evento extremo de precipitação até os sete dias posteriores do episódio escolhido. Ou seja, cada análise episódica será constituída de um total de 15 imagens de satélite para observação, a fim de que seja mais fidedigna a análise acerca dessa variabilidade da brisa e os sistemas atmosféricos adjacentes que possam vir a exprimir algum tipo de relação genética.

No entanto, vale salientar alguns procedimentos adicionais: Com o fato de o acervo de imagens do CPTEC/INPE contar com algumas falhas, essas foram ignoradas, como é possível observar no Episódio 4 dos eventos extremos (pág 55) e no Episódio 2 dos episódios extremos (pág 65).

3.3 Tratamento dos dados

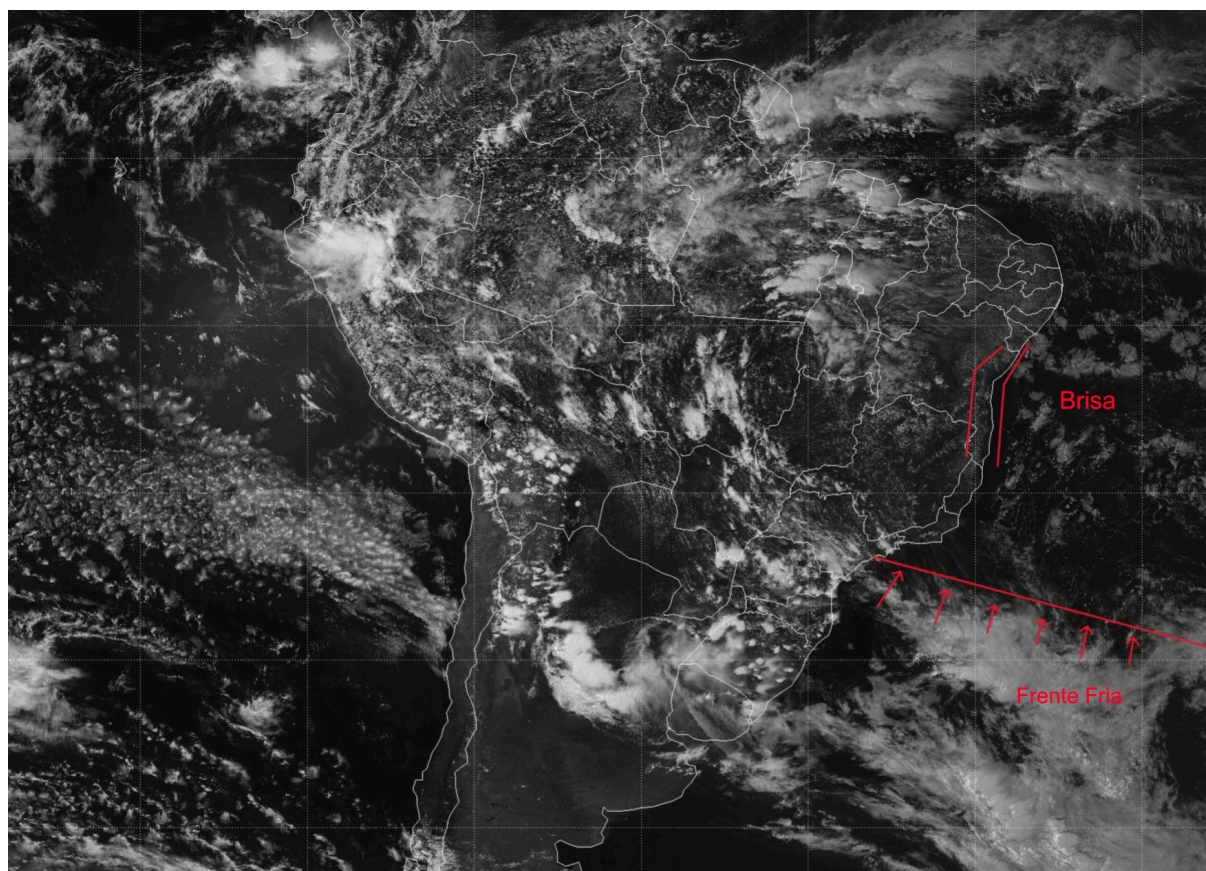
Para a análise da dinâmica habitual das chuvas em Salvador foram utilizados os dados de precipitação do CEMADEN e do INMET, os quais foram tratados no software Microsoft Excel e, a partir disso, especializados no Qgis.

Esse procedimento contou ainda com a elaboração de gráficos para uma completa visualização das nuances dentro desse regime de precipitação, como as diferenças entre períodos distintos de 30 anos de dados, os meses e trimestres mais ou menos chuvosos etc.

No que tange aos mapas elaborados no Qgis, conta-se com 8 mapas relativos à precipitação anual para cada ano da série histórica admitida com base nos dados do CEMADEN (2014-2018), bem como para os valores do percentil 95 e o total pluviométrico de 2014 a 2018, todos considerando cada estação pluviométrica.

Não obstante, com relação ao tratamento das imagens de satélite, foi utilizado o recurso *Microsoft Design* para as marcações, bem como para os recortes de zoom e a sinalização de cada dia respectivo à cada imagem. A figura 7a evidencia um modelo seguido, com base também na metodologia observada em Dubreuil et al (2004) e Planchon et al (2006), a qual será exposta no tópico a seguir.

Figura 7a: Imagem GOES (visível) de 02/01/2017 às 18h UTC mostrando a posição da frente da brisa marítima no litoral baiano e a passagem de uma frente fria no Atlântico.



Fonte: CPTEC/INPE (Organizado pelo autor).

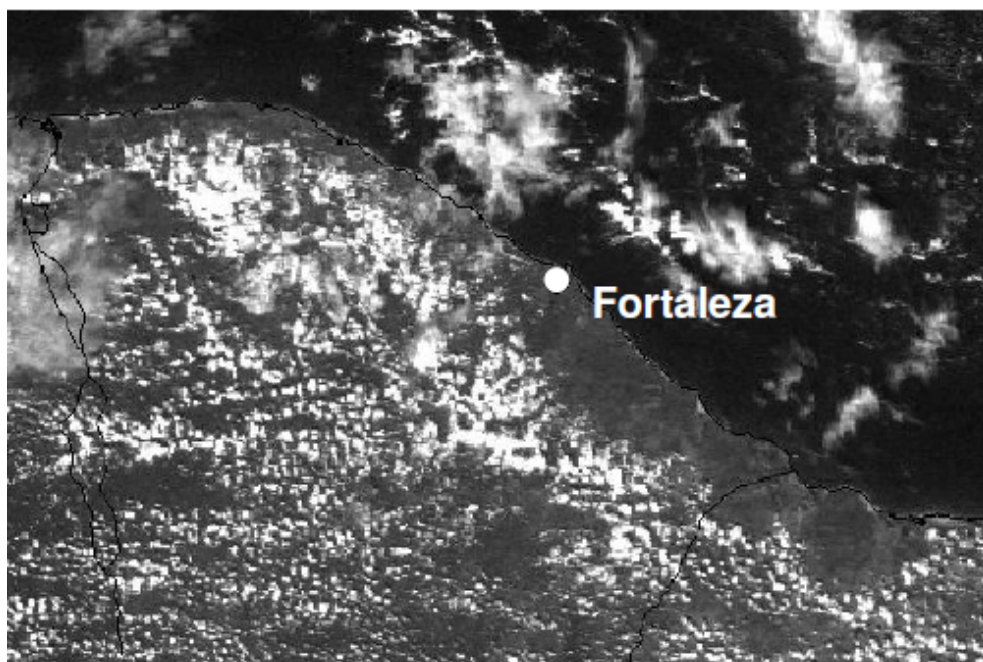
A imagem acima ilustra a marcação base dos principais sistemas atmosféricos alvo deste trabalho, as frentes de brisa e as frentes polares. O estilo de demarcação utilizado para reconhecimento e assinalamento de cada uma é o mesmo que será usado para toda a avaliação das imagens em que os fenômenos se apresentem no capítulo referente aos resultados dessa pesquisa.

3.4 Procedimentos metodológicos utilizados para a identificação das frentes de brisa e das frentes frias e determinação dos episódios

A partir da utilização das imagens satelitares do GOES 13 para identificação das ocorrências de frentes frias e de brisa, fez-se necessário adotar alguns procedimentos para a determinação desses fenômenos nas imagens, bem como para a escolha dos episódios a serem analisados.

Isto posto, seguindo Dubreuil (et al 2004), as imagens visíveis foram escolhidas no comprimento de onda entre os valores 0,58 e 0,68, haja vista que os registros realizados nesses comprimentos de onda permitem diferenciar os tipos de nuvens em função do seu albedo. Com isso, torna-se possível discernir as nuvens baixas das demais, que geralmente estão associadas ao fenômeno de frente de brisa e seu caráter circulatório local. Nesse sentido, o alinhamento de nuvens cúmulos paralelas à costa do continente é um dos indicadores observáveis de determinação de uma frente de brisa (Figura 7b).

Figura 7b: Imagem GOES (visível) de 1/1/2000 às 18h UTC mostrando a posição da frente da brisa marítima no Estado do Ceará.



Fonte: DUBREUIL et al, 2004.

Por conseguinte, também serão esses tipos de imagens de satélite que sustentarão as análises dos episódios de eventos extremos, com o intuito de identificar e diferenciar os variados sistemas que compõem a dinâmica climática de Salvador em escala local e regional nos dias definidos para a execução da análise rítmica.

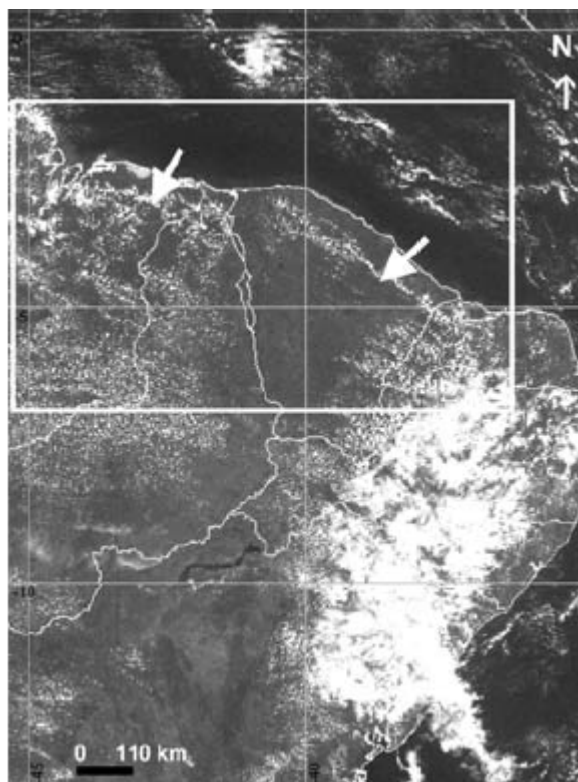
Para tal, foram estabelecidos os seguintes critérios para a definição das datas referentes aos episódios, que por sua vez orientam a escolha das imagens de satélite:

- Dias em que a precipitação suplantou o limiar definido pelo percentil 95 para a definição de eventos extremos;
- Alternância entre estação chuvosa e menos chuvosa;
- Dias em que a precipitação não suplantou o limiar definido pelo percentil 95, para análise dos episódios através dos desastres.

Por fim, será justamente o indicador mostrado na imagem acima que será utilizado nos resultados deste presente trabalho, buscando o padrão de nuvens baixas alinhados em paralelo à costa com uma área de tempo limpo na retaguarda, uma vez que se depreende já a passagem da frente de brisa pelos primeiros metros de costa. Essa metodologia, portanto, se baseia no trabalho

de Dubreuil (2005), Dubreuil et al (2004) e Planchon et al (2006), cujas marcações nas imagens (Figura 8) contribuíram para a identificação do fenômeno observado seguindo a lógica supracitada. O retângulo branco delimita a área de estudo e as setas brancas marcam as frentes de brisa.

Figura 8: Imagem GOES-8 satellite (1 September 2000, 1800 UTC).



Fonte: Planchon et al (2006).

3.5. Qualificação das estações pluviométricas

Nesta seção, será explicitado as características das áreas nas quais cada estação pluviométrica está localizada.

Em primeiro plano, Águas Claras encontra-se em altitude aproximada de 105 metros, nas coordenadas: -12.8933 (latitude) e -38.4415 (longitude). Locada na Embasa Parque; a estação de Alto do Peru está situada em altitude aproximada de 73 metros, nas coordenadas: -12.93788 (latitude) e -38.4855 (longitude). Situada na Escola Municipal Assistencial Nossa Senhora de

Guadalupe; a estação de Brotas encontra-se localizada em altitude aproximada de 65 metros, nas coordenadas: -12.98473 (latitude) e -38.50148 (longitude) e estabelecida no CEDAP 2.

A estação de Cabula se localiza em altitude aproximada de 56 metros, nas coordenadas: -12.96024 (latitude) e -38.46005 (longitude). Não foi possível identificar a instituição associada à sua localização; a estação de Caminho das árvores encontra-se situada na altitude aproximada de 33 metros, nas coordenadas: -12.98397 (latitude) e -38.46036 (longitude); Não foi possível identificar a instituição associada à sua localização; a estação de Monte Serrat está localizada na altitude aproximada de 19 metros, nas coordenadas: -12.92939 (latitude) e -38.51581 (longitude). Não foi possível identificar a instituição associada à sua localização.

A estação de Ondina se encontra situada na altitude aproximada de 59 metros, nas coordenadas: -13.00583 (latitude) e -38,50583 (longitude) e está fixada no Parque Zoobotânico Getúlio Vargas; a estação de Pirajá encontra-se localizada na altitude aproximada de 106 metros, nas coordenadas: -12.89908 (latitude) -38.45859 (longitude). Estabelecida na EMBASA Pirajá.

A estação de Rio Sena está situada na altitude aproximada de 97 metros, nas coordenadas: -12.88707 (latitude) e -38.46829 (longitude). Não foi possível identificar a instituição associada à sua localização; A estação de São Tomé de Paripe está localizada na altitude aproximada de 2 metros, nas coordenadas: -12.79416 (latitude) e -38.48983 (longitude). Não foi possível identificar a instituição associada à sua localização; A estação de Valéria está situada na altitude aproximada de 111 metros, nas coordenadas: -12.86286 (latitude) e -38.43733 (longitude). Não foi possível identificar a instituição associada à sua localização.

4. A PRECIPITAÇÃO HABITUAL EM SALVADOR

4.1 As chuvas no período 1961-2020

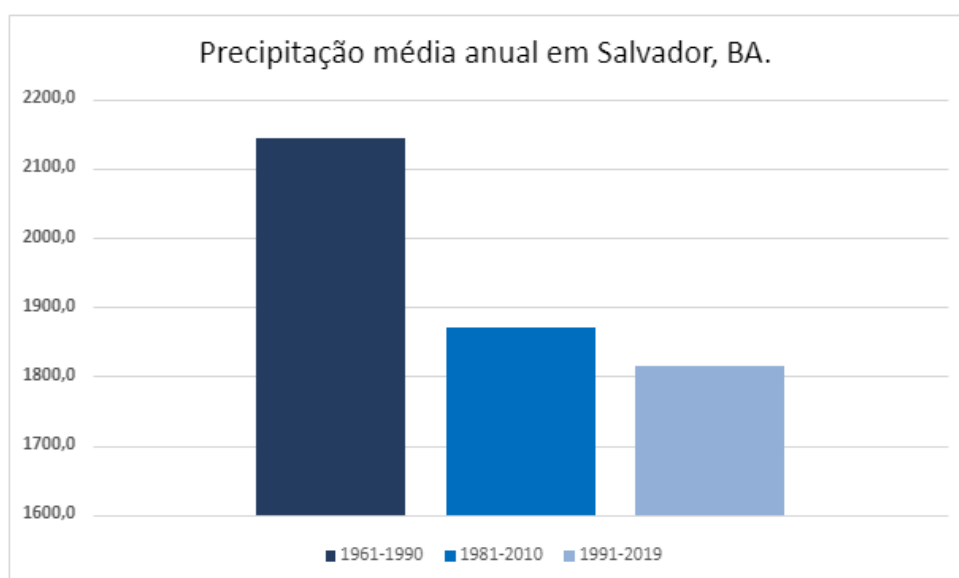
Antes de iniciar a análise rítmica dos eventos e episódios extremos, é importante evidenciar o que se caracterizou como variabilidade climática (interanual, sazonal e mensal) na cidade do Salvador, uma vez que se parte do regime habitual para que se possa identificar aquilo que ocorreu de excepcional na área de estudo do presente trabalho.

Utilizando a estação pluviométrica de Ondina para esta análise por motivos relativos à completude e regularidade de dados, é possível observar que abril e maio se caracterizam como os meses mais chuvosos dentro da série histórica.

Por outro lado, quanto aos meses menos chuvosos, nota-se Setembro e Outubro como destaques no período de primavera-verão (estação menos chuvosa), com a pluviometria de ambos ultrapassando os 100 mm somente em Outubro no recorte de 1961 a 1990.

Quando analisa-se a precipitação média anual para os três períodos (1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020), o que se verifica é o primeiro período como o mais chuvoso (2144 mm), suplantando os demais e se qualificando como o único a ultrapassar os 2000 milímetros de chuva (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Gráfico de precipitação média em Salvador, em três blocos de recorte temporal de 30 anos (Normal climatológica).



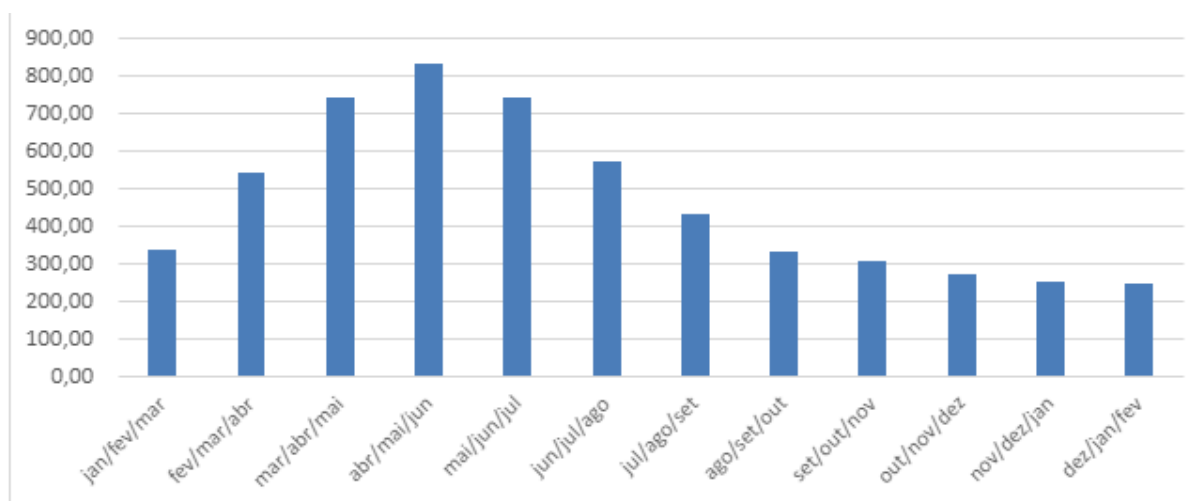
Fonte: Elaborado pelo autor.

Também vale salientar que quanto ao período mais recente, de 1991 a 2020 se notabilizou como o de menor precipitação (1832 mm), indicando uma queda na normal climatológica em Salvador, de acordo com INMET.

Nesse contexto, ao avaliar o regime de precipitação desse mesmo período mais recente supracitado a partir da separação em trimestres, conforme propôs Serra e Ratisbonna (1941) e Sant'anna Neto (2005), identificou-se como trimestre mais chuvoso os meses de Abril - Maio - Junho, sendo essa a estação chuvosa (EC) e o trimestre Dezembro - Janeiro - Fevereiro como os trimestres menos chuvosos (EMC) - Estação menos chuvosa (Gráfico 2).

Dessa forma, de acordo com a caracterização climática explicitada anteriormente, seguindo a dinâmica baseada na tropicalidade e maritimidade, devido à posição litorânea, a precipitação na cidade do Salvador ocorre durante todo o ano.

Gráfico 2 - Gráfico da Soma das médias mensais de precipitação, em trimestres.



Fonte: Elaborado pelo autor.

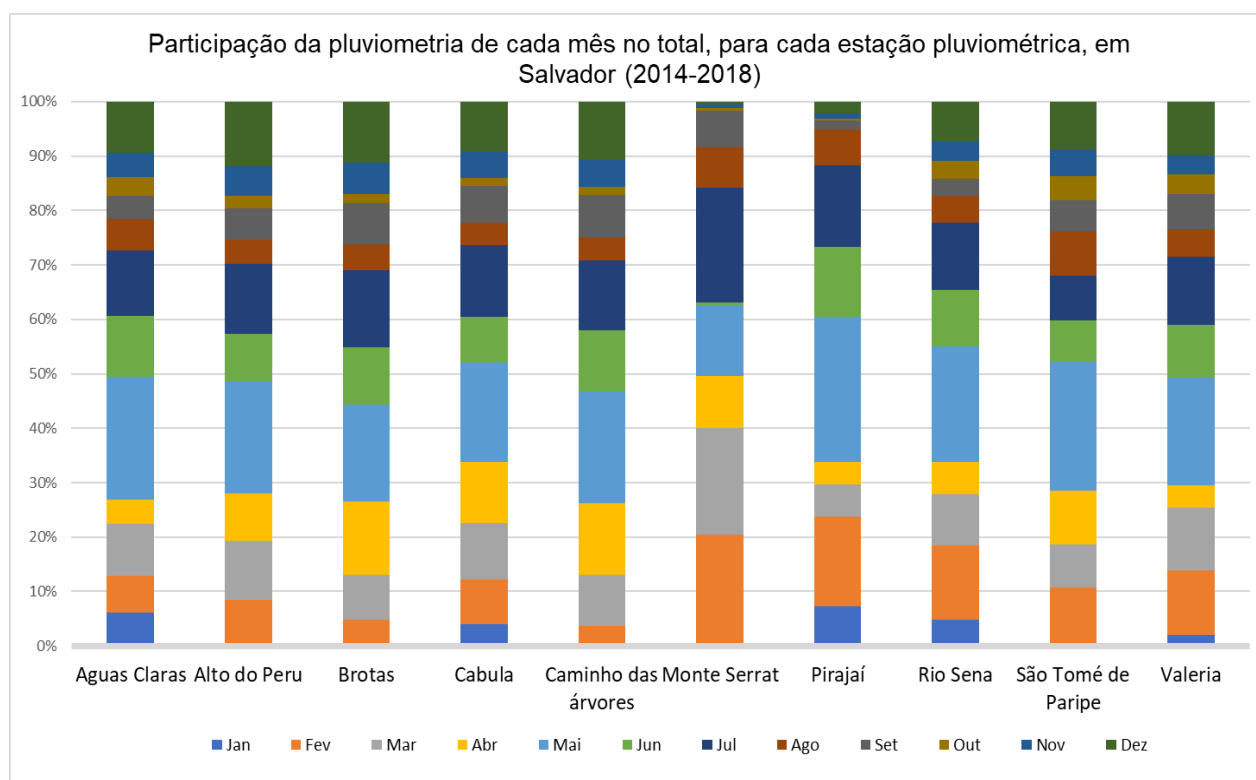
No entanto, há irregularidade na distribuição anual da chuva, bem como no recorte trimestral, apontando os trimestres março - abril - maio, abril - maio - junho e maio - junho - julho como os mais chuvosos. Por outro lado, tem-se outubro-novembro-dezembro, novembro-dezembro-janeiro e dezembro-janeiro-fevereiro como os trimestres menos chuvosos dentro do regime pluviométrico habitual de Salvador.

4.2 As chuvas no período 2014-2018

Dentro da série histórica considerada para este trabalho, no que se refere aos dados utilizados para a análise rítmica, bem como para a identificação dos eventos extremos, foram consideradas as seguintes estações pluviométricas no município de Salvador: Águas Claras, Alto de Peru, Brotas, Cabula, Caminho das árvores, Monte Serrat, Pirajaí, Rio Sena, São Tomé de Paripe, Valéria e Ondina.

Quanto à variabilidade intrasazonal de Salvador, a figura abaixo (Gráfico 3) também evidenciou os meses de Abril a Julho com bastante participação na pluviometria anual. Entretanto, também nota-se uma representativa aparição do mês de março e de fevereiro, embora este último com variações grandes de estação para estação.

Gráfico 3 - Gráfico de participação da pluviometria de cada no total anual para cada estação pluviométrica.

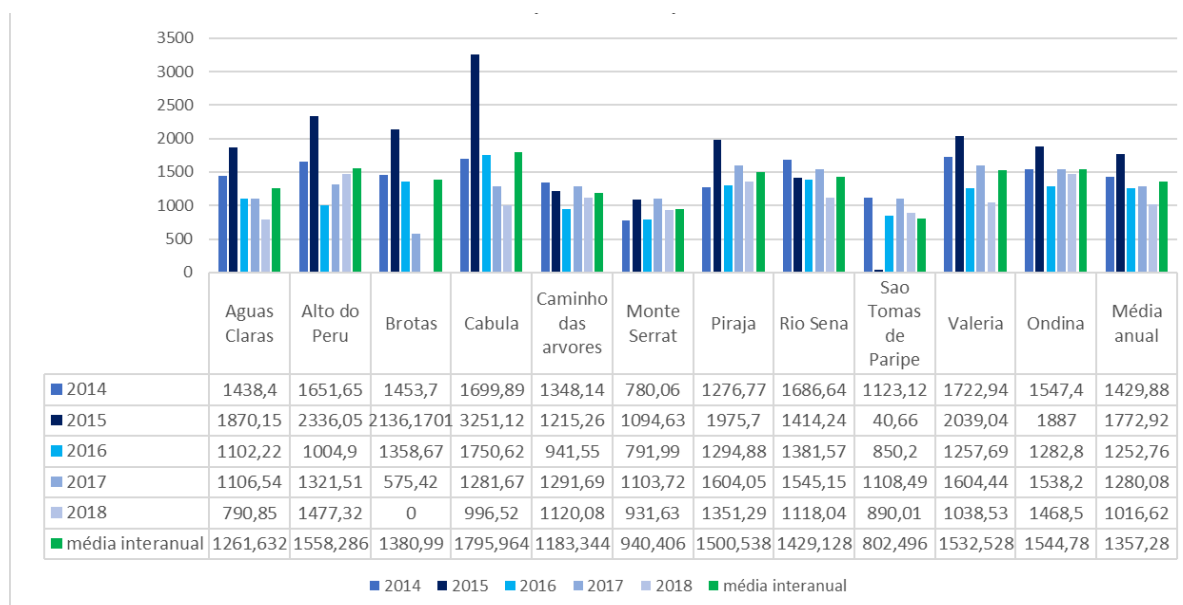


Fonte: Elaborado pelo autor.

No que se refere aos meses de menor participação na precipitação anual, há os meses de primavera e verão, com apenas dezembro possuindo certa relevância durante o período de Agosto a Janeiro. Nos casos de Monte Serrat e Pirajá, por exemplo, a precipitação nos meses de Dezembro e Janeiro é inexpressiva.

Quanto a climatologia anual da capital baiana, a análise gráfica (Gráfico 4) do regime de precipitação em cada estação expôs o ano de 2015 como o mais chuvoso da série nas estações Agua Clara, Alto do Peru, Brotas, Cabula, Pirajá, Valéria e Ondina. Isso se deve pela ocorrência do fenômeno ENOS no ano em questão.

Gráfico 4: Gráfico do total pluviométrico anual em cada estação pluviométrica para cada ano da série histórica em questão.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em 2015-16, o El Niño esteve presente em força histórica, sendo o segundo mais forte em 66 anos (NASA, 2015). Com o aquecimento das águas do pacífico equatorial nessa magnitude, o que se esperaria para Salvador seria uma queda da precipitação, uma vez que, em grande escala, o fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) (ROPELEWSKI E HALPERT, 1987), costuma ser responsável por uma diminuição da pluviosidade na região nordeste. No entanto, o ano de 2015 não seguiu a tendência de anos secos dessa série histórica, sendo classificado como um ano habitual, segundo a classificação proposta por Zangalli Jr, Magalhães e Gonçalves (2023) (Tabela 1).

Tabela 1: Tabela de definição dos Anos Padrão de Precipitação em Salvador na série histórica de 1991 a 2020).

Classes de Precipitação (mm)		
$x_i \leq 1337$	Extremo Seco	1993, 2007, 2012, 2016
$1337 < x_i \leq 1677,6$	Seco	1992, 1997, 2008, 2014, 2017, 2018
$1677,6 < x_i \leq 1927,8$	Habitual	1991, 1995, 1998, 2000, 2001, 2002, 2009, 2010, 2015, 2019
$1927,8 < x_i \leq 2297,6$	Chuvoso	1994, 1996, 2003, 2004, 2011, 2013
$x_i \geq 2297,6$	Extremo Chuvoso	1999, 2005, 2006, 2020

Fonte: Zangalli Júnior e Alves, 2023.

No entanto, também vale salientar que o ano de 2015 excedeu os parâmetros pluviométricos estabelecidos para a classificação como Habitual em cinco das onze estações pluviométricas. São elas: Cabula (3251,17 mm), Alto do Peru (2336,05 mm), Brotas (2136,17 mm), Pirajá (1975,70 mm) e Valéria (2039,04 mm).

Na média de todas as estações para cada ano, os valores, na classificação definida por Zangalli jr, Magalhães e Gonçalves (2023) indicam cada ano como sendo: 2014 (1429,88 mm) - Seco; 2015 (1772,92 mm) - Habitual; 2016 (1252,76 mm) - Extremo Seco; 2017 (1280,08 mm) - Extremo Seco e 2018 (1016,62 mm) - Extremo Seco¹.

Quando compara-se com a tabela (figura acima), apenas os anos de 2017 e 2018 não se equiparam à definição, sendo considerados como Extremos Secos nas estações utilizadas no presente trabalho, ao invés de Secos, conforme o trabalho dos autores em questão.

Outrossim, o que pode explicar o cenário em que 2015 foi o único ano habitual, embora tenha sido um ano de El Niño muito forte é a noção de que a TSM do Atlântico Sul possui tanta - ou mais - influência na precipitação nordestina quanto o fenômeno ENOS (Oscilação Sul) - El Niño e La Niña (Moura et.al, 2000 e Santos et.al, 2015).

Nesse sentido, no estudo de Moura (et al 2000), no qual os autores procuraram verificar em que medida a precipitação dos estados do leste do nordeste brasileiro sofre influência das TSMs do Atlântico e do Pacífico, há como uma das conclusões, uma predominância das correlações entre a precipitação dos estados em questão com a TSM do Atlântico Sul, com apenas o Rio Grande do Norte possuindo correlação significativa com a área ENOS 3. Não obstante, foi observado também que a Bahia também é um dos estados que sofre com influências

¹ O ano de 2018 conta com falhas na estação Brotas, que não registrou precipitação no ano em questão. Excluindo esta estação, a média se configura em 1118,28 milímetros de chuva, classificando-o da mesma forma como Extremo Seco.

da TSM do Atlântico Sul na precipitação. Não obstante, essa porção do Atlântico seria a região que explicaria melhor o comportamento das chuvas no leste do nordeste, apontando para a importância de sistemas atmosféricos como as ondas de leste e as brisas, além dos sistemas frontais.

No que tange à variabilidade espacial da chuva em Salvador na série histórica utilizada neste trabalho (2014-2018), observa-se uma predominância na porção do território referente às regiões administrativas de Liberdade/São Caetano - onde se localiza a estação pluviométrica de Alto do Peru - e em Cabula/Tancredo Neves - onde se encontra a estação de Cabula, assim como na parte mais setentrional do município, cujas regiões administrativas contidas são as de Subúrbio/Ilhas e a de Valéria, conforme figura 9f.

Não obstante, na região administrativa de Barra/Pituba, onde se localiza a estação de Ondina, bem como o bairro de mesmo nome, também se registram totais pluviométricos relevantes.

Observando o comportamento da precipitação para cada ano (Figura 9a até 9e), o que se apresenta é a confirmação da região próxima a BTS como uma zona de menor pluviosidade, principalmente nas estações pluviométricas de Monte Serrat e São Tomé de Paripe. Não obstante, Brotas e Caminho das Árvores também estruturam uma zona de menor precipitação, evidenciada em maior medida nos anos de 2017 e 2018.

Quanto às áreas de maior pluviosidade, o que se depreende da interpolação é uma configuração na qual Ondina, próximo ao mar, concentra um volume de chuva relevante em todos os anos, com maior destaque também em 2017 e 2018. Aliado a isso, onde a hipsometria aponta as maiores elevações do município também é possível observar uma presença latente das chuvas, sobretudo nas estações de Valéria, Rio Sena e Pirajá, com somente Águas Claras como uma descontinuidade desse padrão.

No que tange ao comportamento dos eventos extremos no espaço de Salvador (Figura 11), dada essa mesma série histórica, observa-se uma distribuição relevante quantitativamente em toda a porção do território soteropolitano, com destaque para a estação pluviométrica de Cabula, que apresenta uma concentração maior do volume desses fenômenos. Aliado a isso, São Tomé de Paripe também evidencia uma quantia considerável de eventos no noroeste da BTS. Por outro lado, Valéria e Monte Serrat apresentaram valores mais baixos, se comparadas às demais estações pluviométricas.

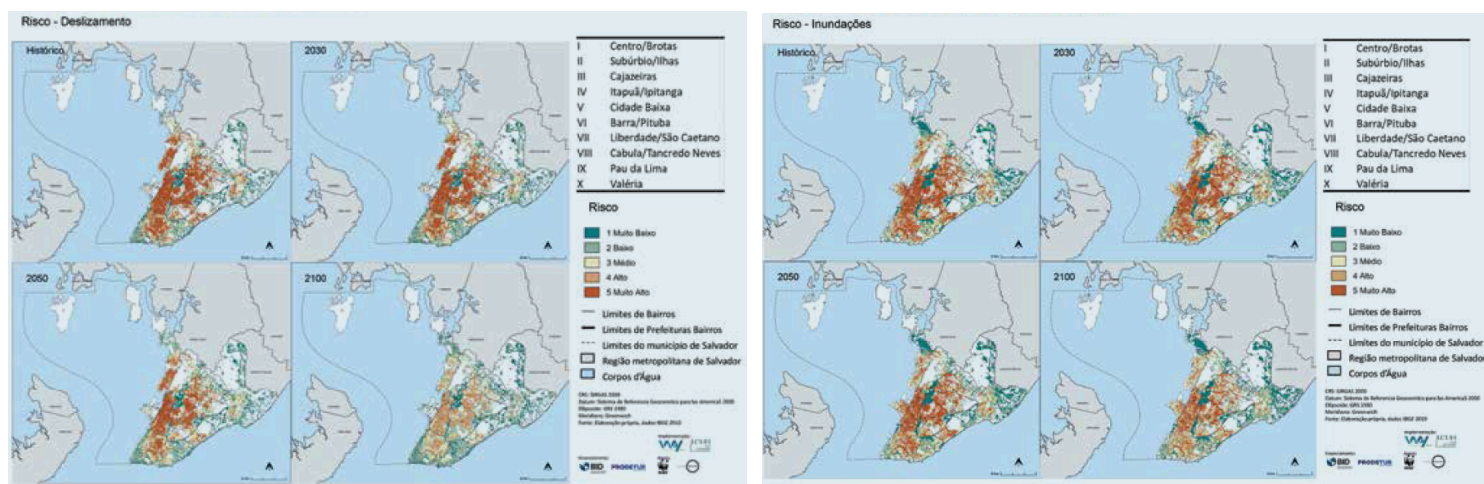
Dessa forma, o panorama se mantém de maneira bem semelhante na observação dos limiares de eventos extremos, mostrando as diferenças de valores do percentil 95 entre cada uma delas (Figura 9h).

Os limiares do percentil 95 definidos para cada estação utilizada foram: Águas Clara, 24,1 mm; Alto do Peru, 23,5 mm; Brotas, 25,2 mm; Cabula, 27,8 mm; Caminho das Árvores, 19,5 mm; Monte Serrat, 17,9 mm; Ondina, 22,2 mm; Pirajá, 22,4 mm; Rio Sena, 23,6 mm; São Tomé de Paripe, 16,4 mm; Valéria, 27 mm.

O que se depreende desse cenário, portanto, são as estações de Cabula e Valéria com valores maiores para extremos nessa série histórica, com base no percentil 95, enquanto Caminho das árvores, Monte Serrat e São Tomé de Paripe evidenciam os menores valores. Percebe-se que tais valores são baixos para um limiar de evento extremo, o que pode gerar como consequência padrões distintos de episódios diante de diferentes espaços produzidos.

O fato é que as áreas supracitadas da cidade concentram maiores riscos à eventos extremos de precipitação e isso é decorrente de dois processos: 1) a necessidade de menores acumulados e; 2) o resultado de processos de produção do espaço historicamente desiguais. O resultado é que os episódios extremos são maiores nessas áreas notadamente chamadas de subúrbio e miolo da cidade que concentram os maiores riscos futuros de alagamentos e deslizamentos, conformes podemos verificar nos mapas da figura X, publicadas no Plano de Ação Climática de Salvador (2020).

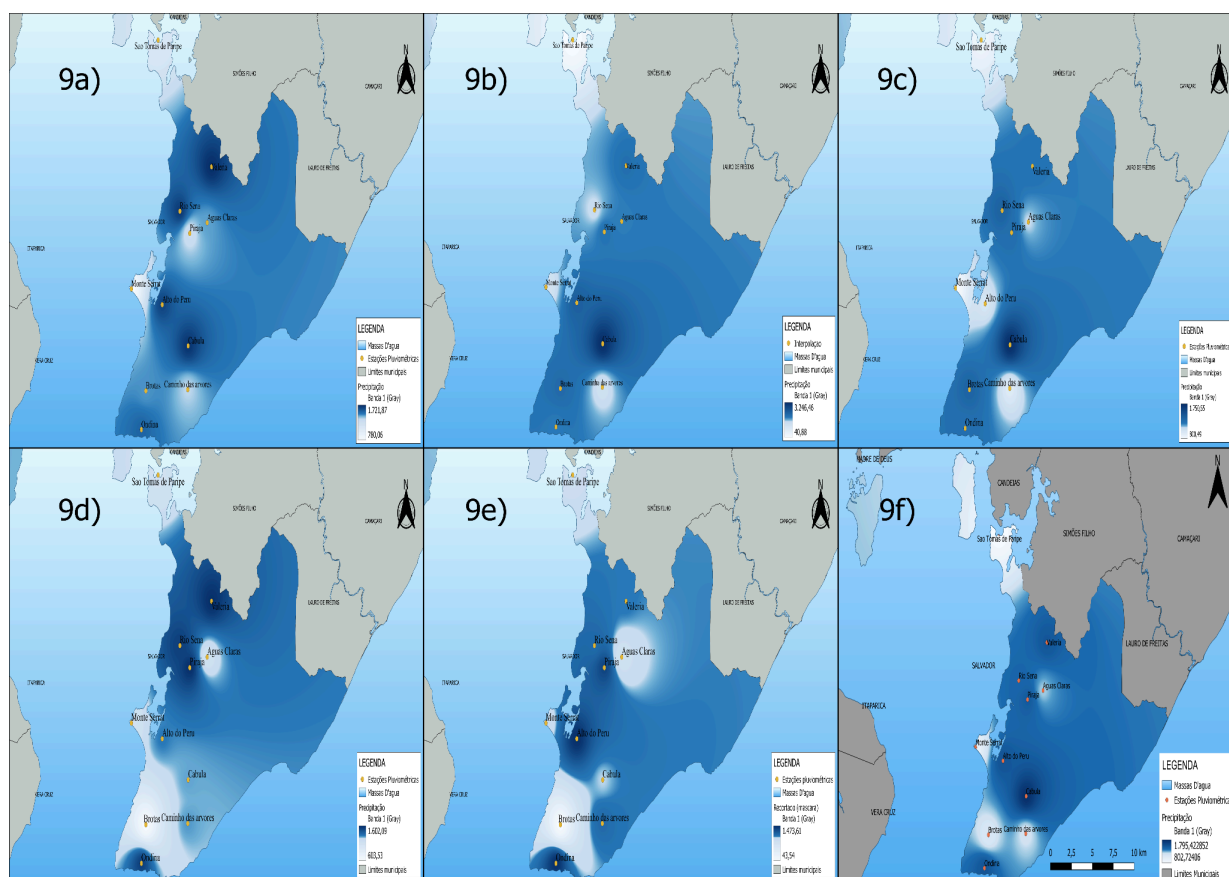
Figura 8a. Riscos de Alagamentos e Deslizamentos (Atual, 2030, 2050, 2100).



Fonte: PMAMC, 2020, p. 73-74.

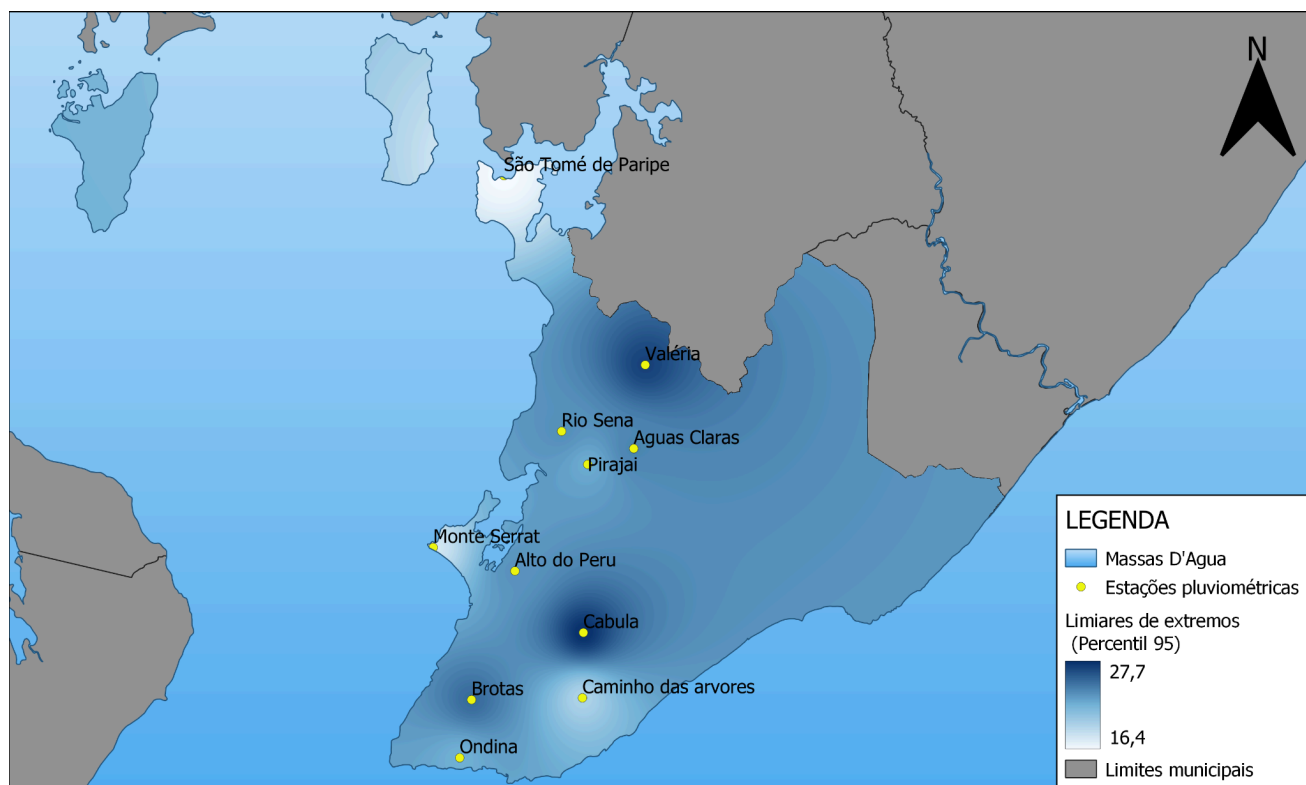
Aqueles locais em Ondina, por exemplo, que possuem melhor infraestrutura dificilmente lidarão com episódios de muita gravidade, ao passo que em áreas periféricas a dinâmica se dará da maneira contrária.

Figura 9: Painel de mapas de interpolação da chuva em Salvador, das figuras 9a até 9f, respectivamente.



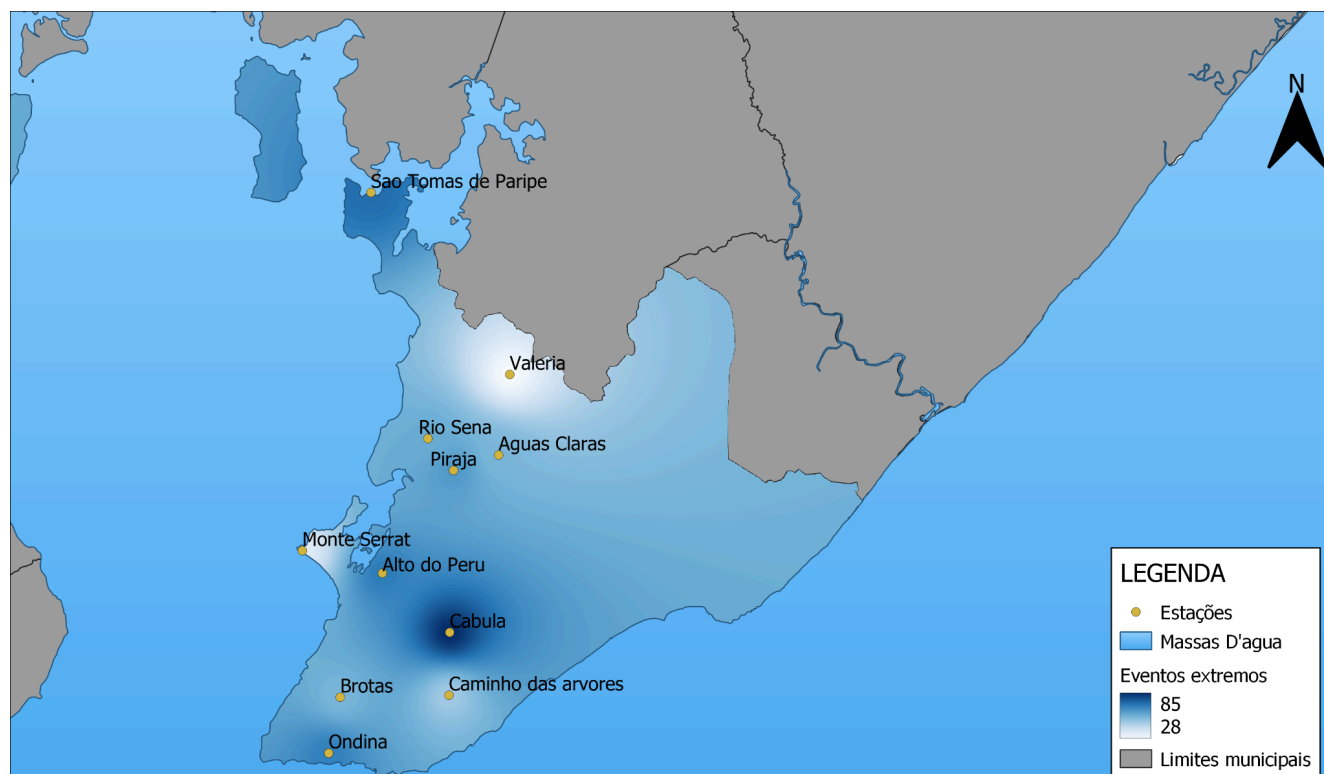
Fonte: Organizado pelo autor.

Figura 10: Mapa de interpolação dos limiares de extremos definidos pelo Percentil 95 para cada estação pluviométrica



Fonte: Organizado pelo autor.

Figura 11: Interpoção da quantidade de eventos extremos registrados para cada estação pluviométrica na série histórica estabelecida (2014-2018)



Fonte: Organizado pelo autor.

5. ANÁLISE SINÓTICA DE EVENTOS E EPISÓDIOS

Nesta seção serão apresentados os resultados da análise episódica realizada para os eventos e episódios extremos definidos como exemplos para a descrição da inter-relação genética entre as frentes de brisa e os sistemas produtores de chuva na cidade de Salvador (BA). Dessa forma, serão explicitadas imagens de satélite do canal 2 do GOES, as quais foram retiradas com base na metodologia proposta por Monteiro (1971; 1999) para a elaboração de uma análise rítmica, tendo como procedimento a avaliação de 14 dias e 12 imagens (sete dias antes e sete dias depois do dia escolhido).

As imagens serão expostas em dois formatos distintos, prosseguindo da seguinte maneira: Um formato de dois painéis compostos por 6 imagens cada e um com as 12 imagens contidas, uma vez que priorizou-se esses 12 dias em que os fenômenos analisados apareciam de maneira mais representativa e por causa do encaixe no painel para melhor apresentação dos resultados, apesar de serem 14 as imagens utilizadas para observação. Outrossim, as marcações foram definidas pela cor vermelha com setas indicando a direção de deslocamento/posição de cada fenômeno. A linha reta singular indica bandas de nebulosidade, ao passo que as que

possuem setas na retaguarda apontam para o fenômeno das frentes frias. Ainda, foram utilizadas figuras geométricas para demarcar células mais robustas e localizadas em Salvador.

5.1. Eventos extremos de chuva e a relação com as frentes de brisa

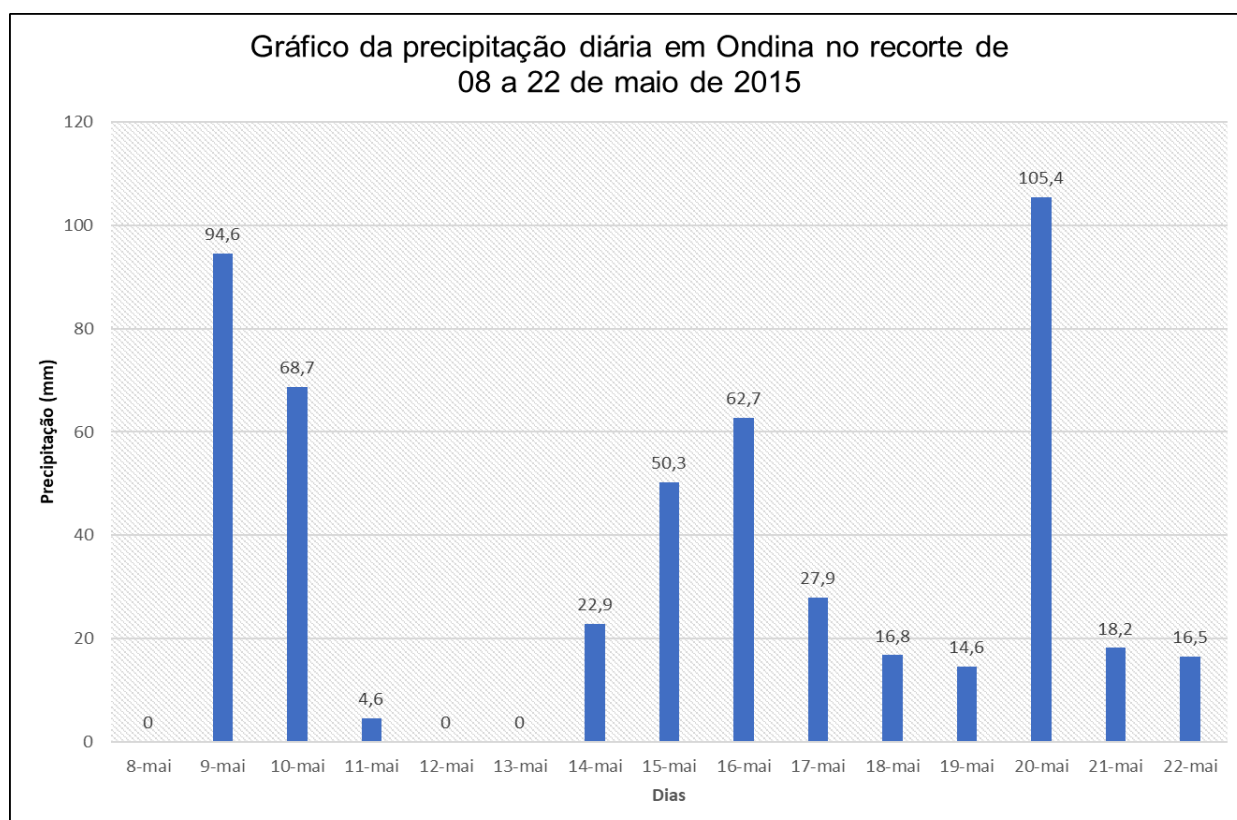
Os eventos extremos climáticos, de maneira geral, têm sido o tema alvo das mais variadas áreas do conhecimento, inclusive das relacionadas não só ao estudo das ditas “ciências duras”, como também nas ciências humanas. Tal panorama se traduz pela grande capacidade que esses fenômenos possuem de deflagrar impactos no espaço socialmente produzido. Na busca pela compreensão dessa temática em uma das cidades mais populosas do país, a gênese dos eventos extremos de chuva apresentou neste trabalho uma dinâmica combinada entre sistemas atmosféricos de escalas distintas.

- **Episódio 1 - 15/05/2015 - Ondina (105,44 mm) - EC**

Neste episódio, há a ocorrência de grandes sistemas produtores de precipitação em Salvador, justificando a altíssima pluviometria e os dias consecutivos de chuva (Gráfico 6), no qual pode-se destacar as passagens de sucessivas frentes frias. Não obstante, no início do recorte para o evento, mais especificamente no dia 09 de maio (Figura 12) já se observa uma proeminente faixa de nebulosidade associada à uma frente fria bastante robusta sobre a cidade, cuja pluviometria registrada foi de 108,53 milímetros de chuva.

A partir da entrada em frontólise dessa primeira frente no dia 10 de maio, obtém-se ainda uma relevante camada de nuvens, que continua a gerar chuva por vários dias. Inclusive, este é um episódio cuja precipitação ocorreu por praticamente todos os sete dias anteriores e posteriores à data do evento escolhido, com exceção dos dias 08, 12 e 13 de maio.

Gráfico 6: Gráfico da precipitação diária em Ondina no recorte de 08 a 22 de maio de 2015.



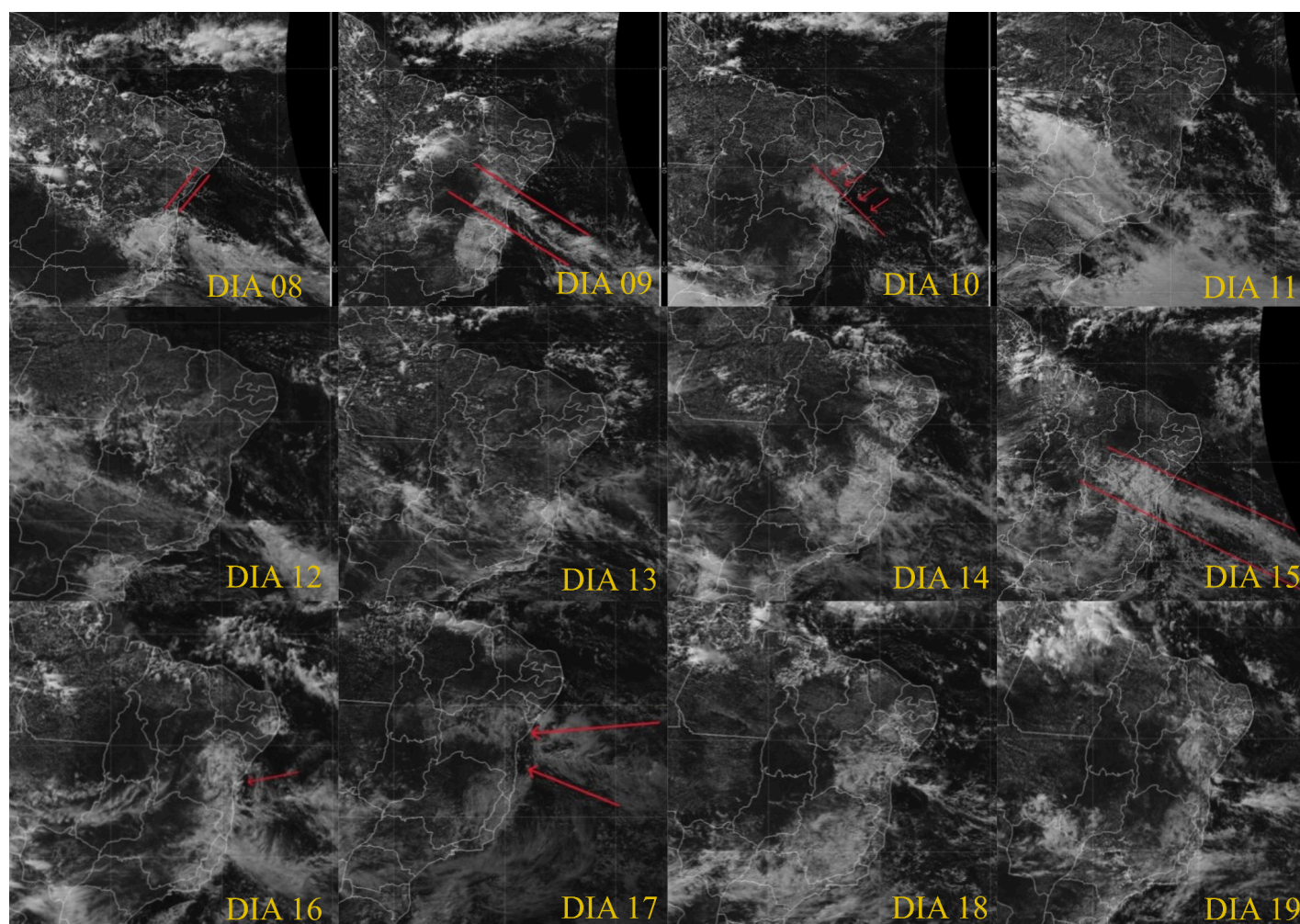
Fonte: Elaborado pelo autor.

Ainda, nos dias 09, 14, 15 (evento), 16, 17, 18, 20 e 21, os índices registrados se encontram acima do limiar de extremos definido pelo percentil para a estação de Ondina (22,2 mm).

Em um evento de tanta magnitude, os grandes sistemas se fizeram presentes de maneira latente. Por conseguinte, o fenômeno da frente de brisa somente se observou no dia 08 de maio, porém sem registro de chuva para este dia. No dia 10 de maio, desse modo, observa-se uma frente adentrando o território do sul do estado da Bahia, poucos dias depois do aparecimento do fenômeno da frente de brisa. Novamente, portanto, essa dinâmica se repete na gênese de um evento extremo em Salvador, com a brisa se estabelecendo em período pré passagem de um sistema frontal no município, e também no estado.

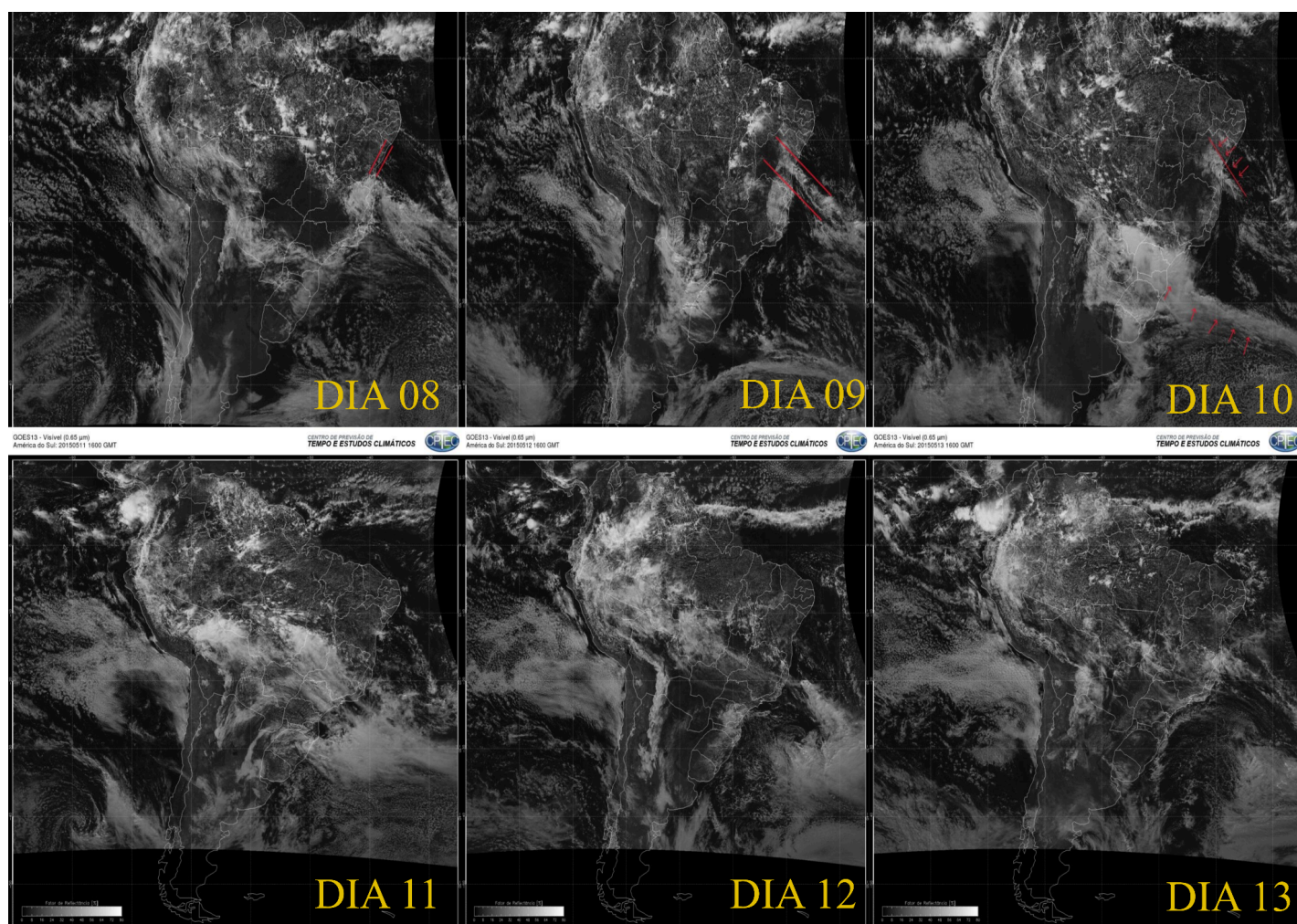
No dia do evento propriamente dito, o que se tem nas imagens de satélite é uma frente fria também muito robusta, chegando a alcançar, dentro da sua orientação noroeste-sudeste, porções bem ao oeste do estado da Bahia, levando umidade também para uma pequena área fronteira do Piauí. Posteriormente, no dia 16, ainda há parte da sua nebulosidade estacionada sobre o centro norte e o centro-sul da Bahia, o que se mantém até dia 17, terceiro dia após o evento. Do 18 em diante, a precipitação se mantém sob a cidade do Salvador por conta da entrada de umidade e nebulosidade vindas do mar, provavelmente associadas às chamadas Ondas de Leste.

Figura 12: Pannel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 08 ao 19 de maio de 2015)



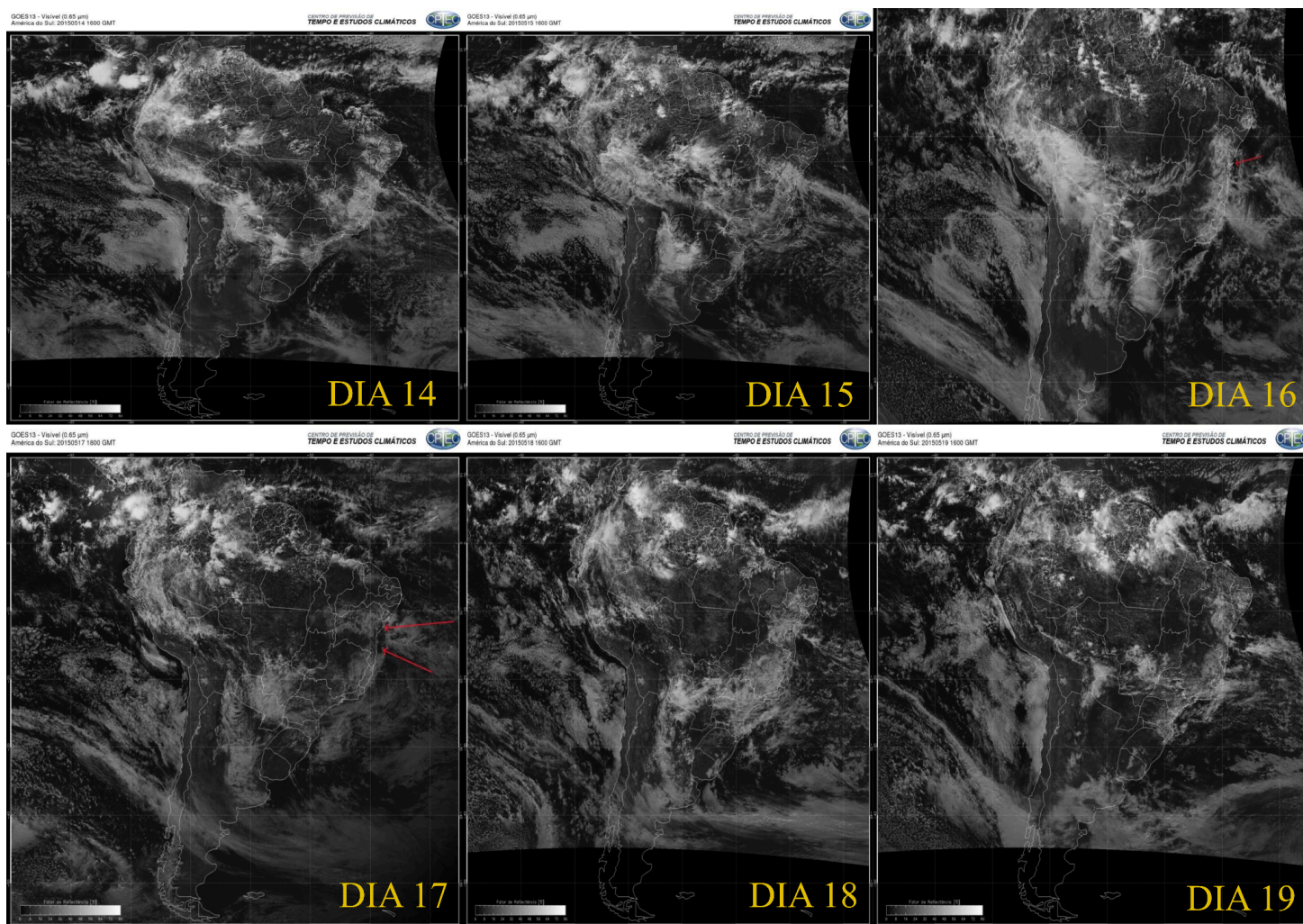
Fonte: CPTEC/INPE - Organizado pelo autor

Figura 13: Painel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 08 ao 13 de maio de 2015)



Fonte: CPTEC\INPE - Organizado pelo autor

Figura 14: Pannel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 14 ao 19 de maio de 2015)



Fonte: CPTEC/INPE - Organizado pelo autor

- **Episódio 2 - 16/05/2016 - Ondina (38,9 mm) - EC**

Neste episódio, o evento extremo ocorreu no dia 16 de maio (Figura 15), gerado por uma frente fria que estacionou em Salvador após entrar no dia 15.

No entanto, não se trata de um sistema tão robusto quanto o evento anteriormente analisado no presente trabalho, o que corrobora com a baixa pluviosidade quando ambos são comparados. Ao observar as imagens de satélite, portanto, nota-se uma quantidade maior de dias em que se aparenta a presença do fenômeno de brisa. Novamente, este se dá em situação pré frontal, no caso durante os dias 13 e 12.

Entretanto, no dia 09 também se observou uma frente de brisa estruturada no litoral da Bahia, embora não tão demarcada especificamente no território soteropolitano. No dia 10, nessa perspectiva, há a entrada de uma grande nebulosidade vinda de nordeste em latitudes menores da

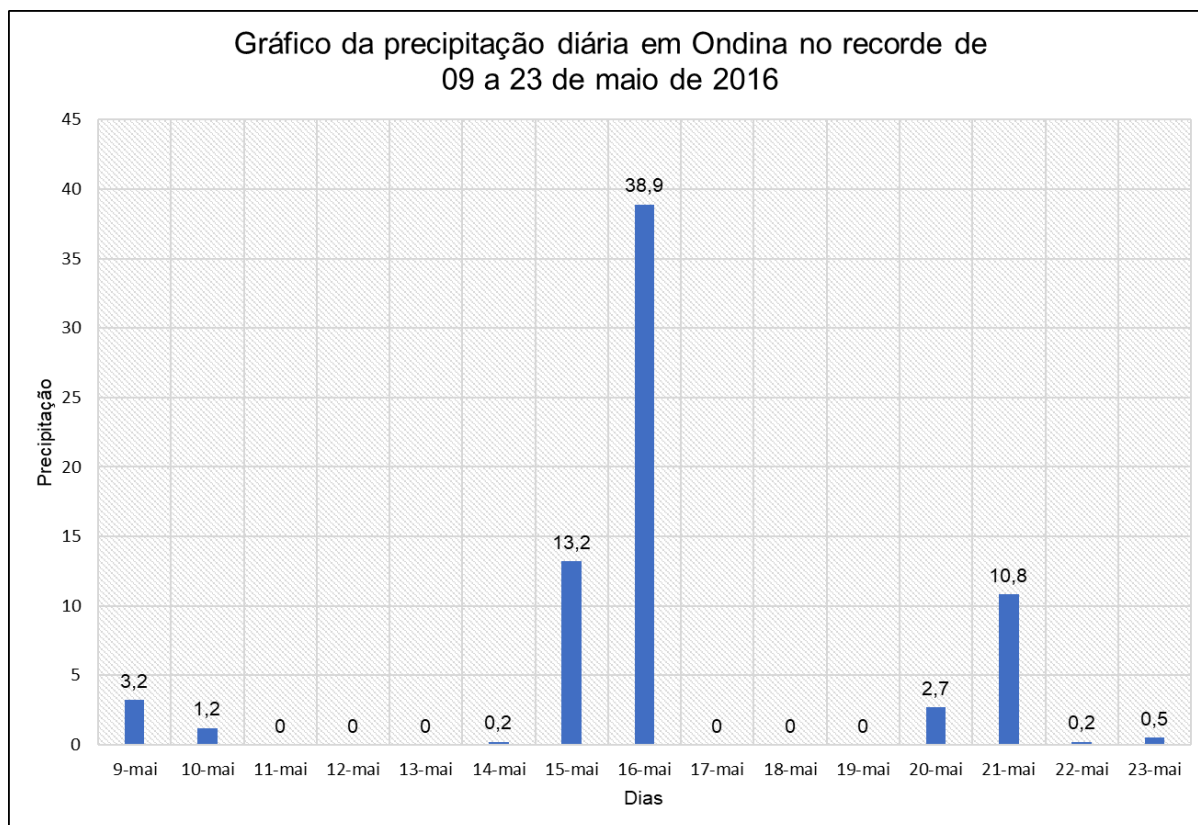
região de mesmo nome. Em Salvador, tal nebulosidade não provoca grandes acumulados de chuva, registrando apenas 1,2 mm. Novamente, portanto, se denota a aparição do fenômeno de brisa nas vésperas de um sistema de maior perturbação na atmosfera.

Retornando ao evento principal, estendo o prisma de observação para todo o caminho que as frentes polares costumam percorrer desde sua origem até a iminência do equador, o que se tem é um novo sistema frontal estabelecido no centro sul do Brasil no dia 12 e que no dia 13 já se encontra próximo ao território baiano. Contudo, nesses dias não há registro de precipitação relevante, com apenas 0,2 mm no dia 14, quando a frente começa a se posicionar sob Salvador. Após a passagem da frente fria, é importante mencionar que há uma conjunção de fatores, dos quais podem ou não estar interligados, mas valem o registro dentro dessa análise episódica.

No dia do evento, bem como na data posterior, há novas configurações de sistemas frontais no centro sul, com uma frente robusta associada a um ciclone extratropical na altura do Rio de Janeiro. No entanto, esta permanece estacionada sob essa latitude e não continua o seu caminho em direção ao Equador. Esse panorama se mantém até o dia 20 de maio, quando a mesma entra em frontolise, mas sua nebulosidade continua bastante destacada. Quando se averigua a situação em Salvador, o que se verifica é a presença bem demarcada dos fenômenos de brisa justamente nesses dias 20, 21 e 22 de maio em que há ocorrência de precipitação da ordem de 2,7, 10,8 e 0,2, respectivamente.

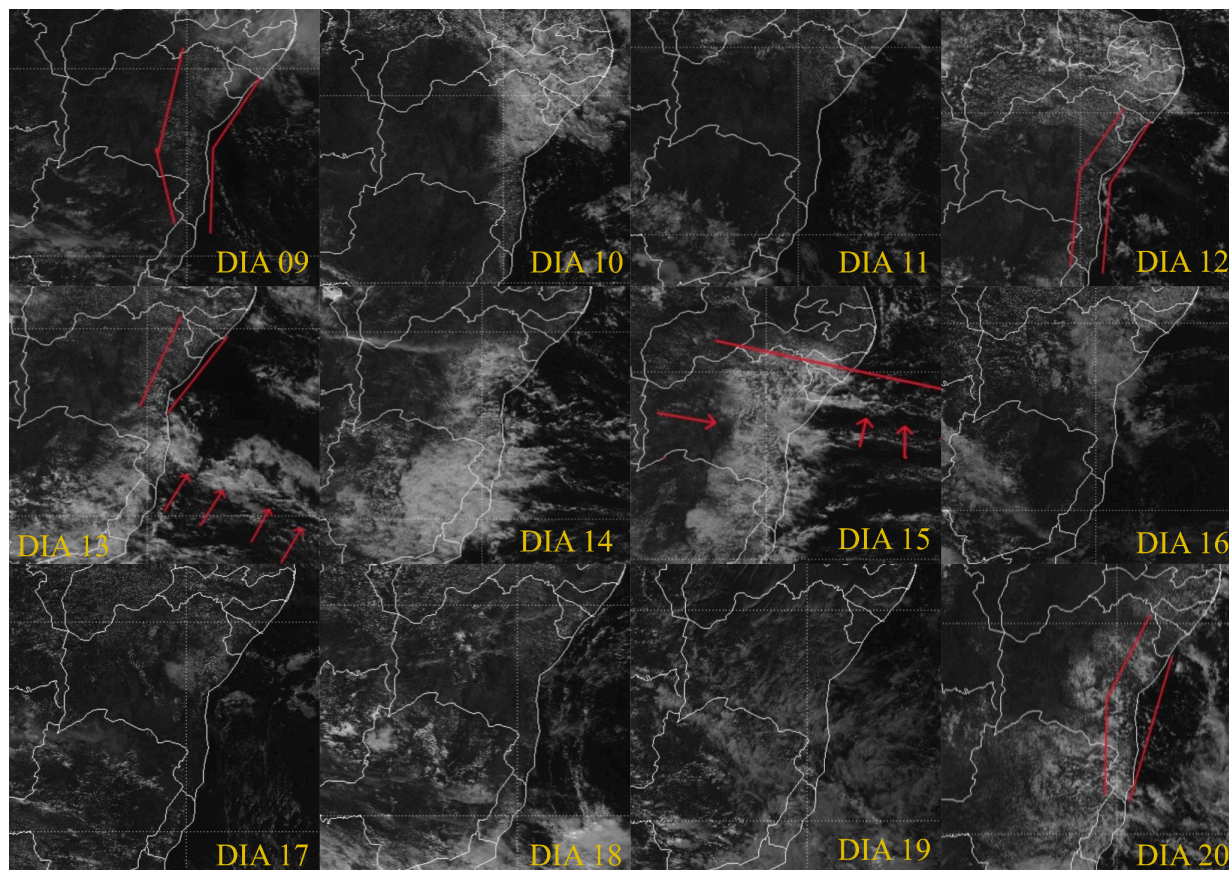
Nesse sentido, no sétimo dia posterior ao evento, último da análise, novamente adentra o território nordeste, e dentro disso, baiano, outra nebulosidade vinda de leste, que produzirá um outro evento extremo no dia 24.

Gráfico 7: Gráfico da precipitação diária em Ondina no recorte de 09 a 23 de maio de 2016.



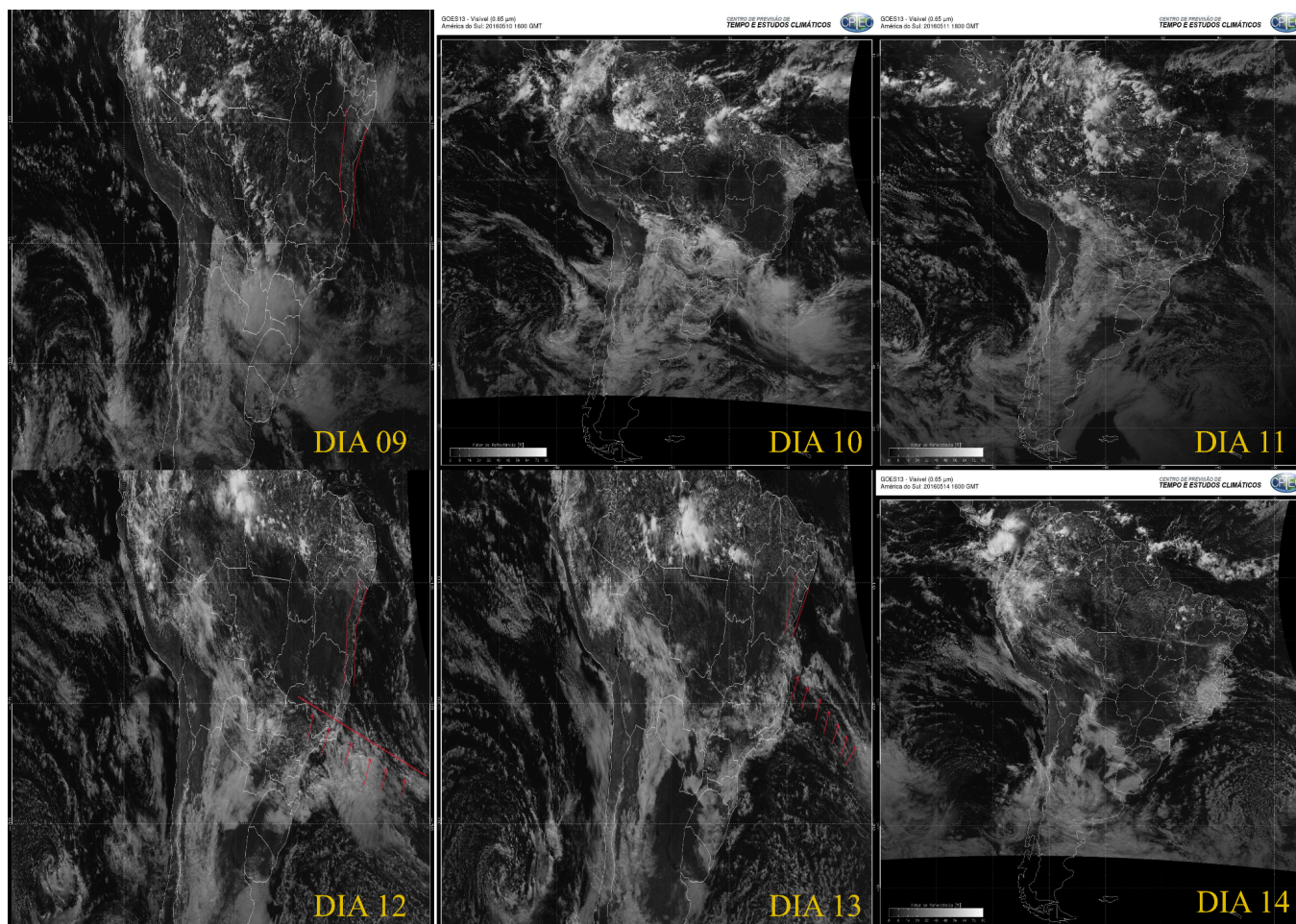
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 15: Painel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 09 ao 20 de maio de 2016)



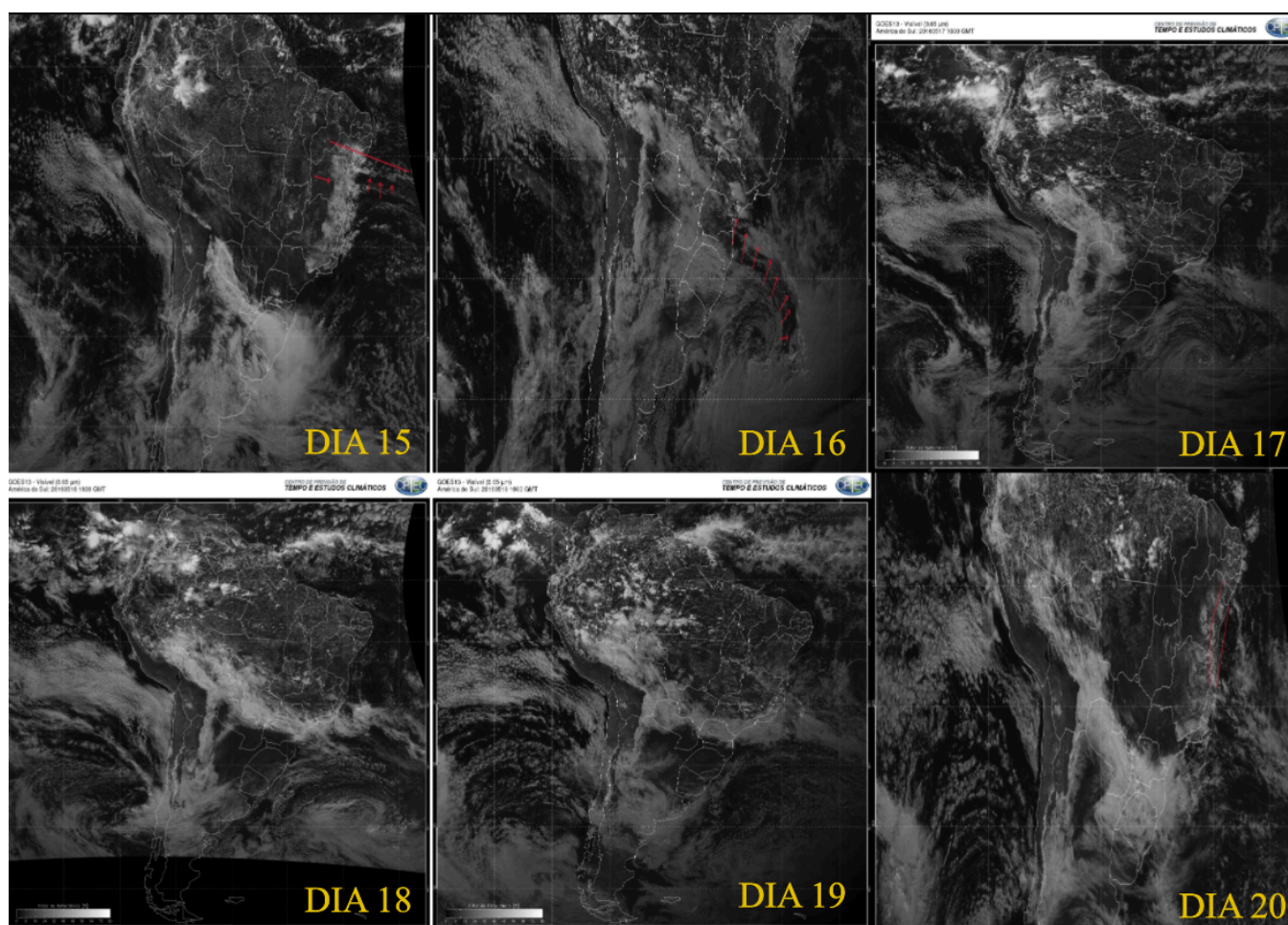
Fonte: CPTEC/INPE - Organizado pelo autor

Figura 16: Painel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 09 ao 14 de maio de 2016)



Fonte: CPTEC\INPE - Organizado pelo autor

Figura 17: Painel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 15 ao 20 de maio de 2016)



Fonte: CPTEC\INPE - Organizado pelo autor

- **Episódio 3 - 21/02/2017 - Ondina (24,7 mm) - EMC**

Neste episódio, o evento é deflagrado no dia 21 de fevereiro (Figura 18) decorrente da entrada de uma banda de nebulosidade vinda do leste.

Considerando a época do ano em que ocorre o evento, as frentes frias dificilmente atingem as latitudes mais baixas, por conta do grande aquecimento do continente. Em vista disso, raros são os sistemas frontais que conseguem ultrapassar o trópico no seu caminho rumo ao Equador (Nimer, 1989).

Nesse sentido, essa instabilidade oriunda de leste que adentra o município soteropolitano no dia do evento descrito neste subtópico, começa a se estruturar no dia 19, no qual tem-se também, no sul, uma frente fria sob o oceano na altura do Rio Grande do Sul.

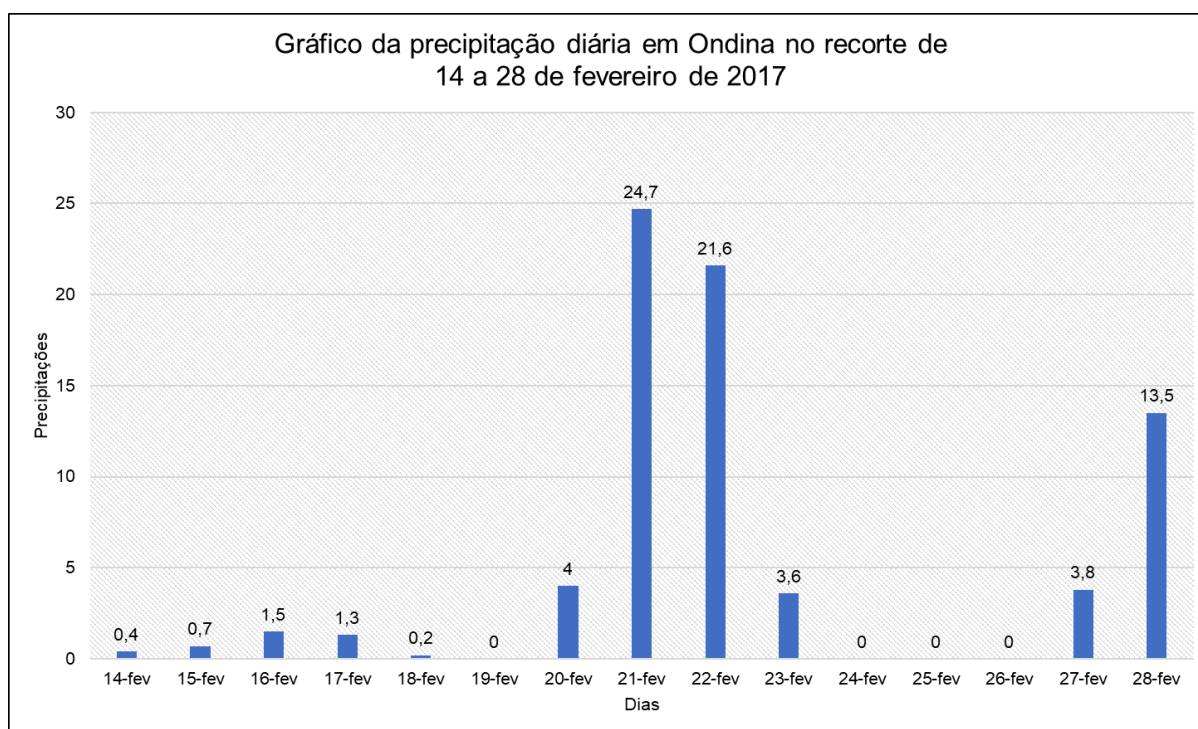
Novamente, essas instabilidades se dissiparão no momento posterior à frontólise dessa frente no sul do Brasil. Contudo, um novo sistema frontal se constituirá na região no dia 23. Por

consequente, em seu movimento em direção ao equador, observa-se fenômenos de brisa em Salvador e na extensão litorânea do estado da Bahia de modo geral, a qual permanecerá sob estas condições até o dia 25. Neste dia, a frente fria já se encontra estacionada no estado do Rio de Janeiro, constituída com caráter de grande robustez, provavelmente associada à ZCAS, típica no verão austral (NIMER, 1989 E 1966).

Diante desse cenário, instabilidades no Atlântico se aproximam do litoral leste nordeste do continente americano, seguindo a direção do vento gerada pela perturbação precedente ao sistema frontal. Essa nebulosidade invadirá o território baiano no dia 27, permanecendo também durante o dia 28, e provocando pluviosidade da ordem dos 3,8 e 13,5 mm, respectivamente.

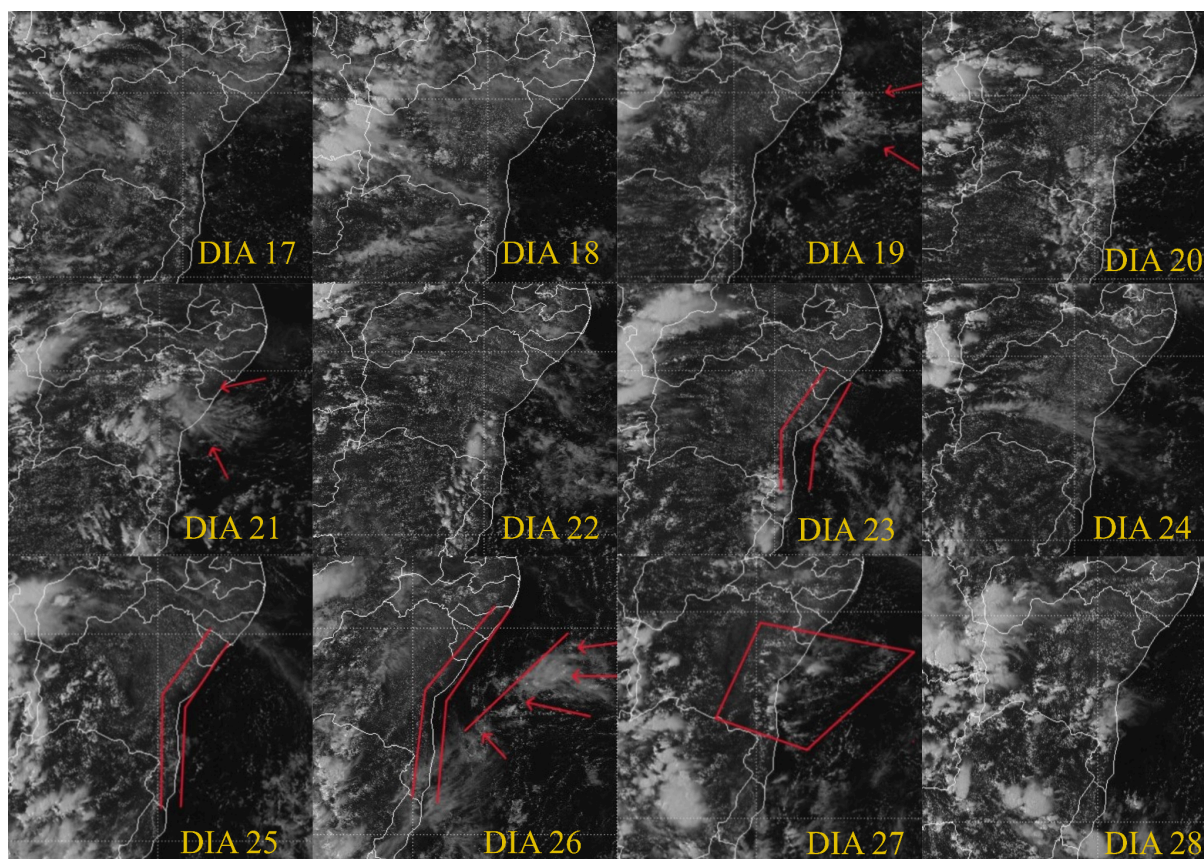
Logo, se repete a conjectura na qual os fenômenos de frente de brisa são observados em períodos pré e pós passagem e/ou constituição de frentes frias centro sul do Brasil. De modo mais aprofundado, o período “entre frentes” aparece com maior destaque como gatilho de ocorrência desse fenômeno.

Gráfico 8: Gráfico da precipitação diária em Ondina no recorte de 14 a 28 de fevereiro de 2017



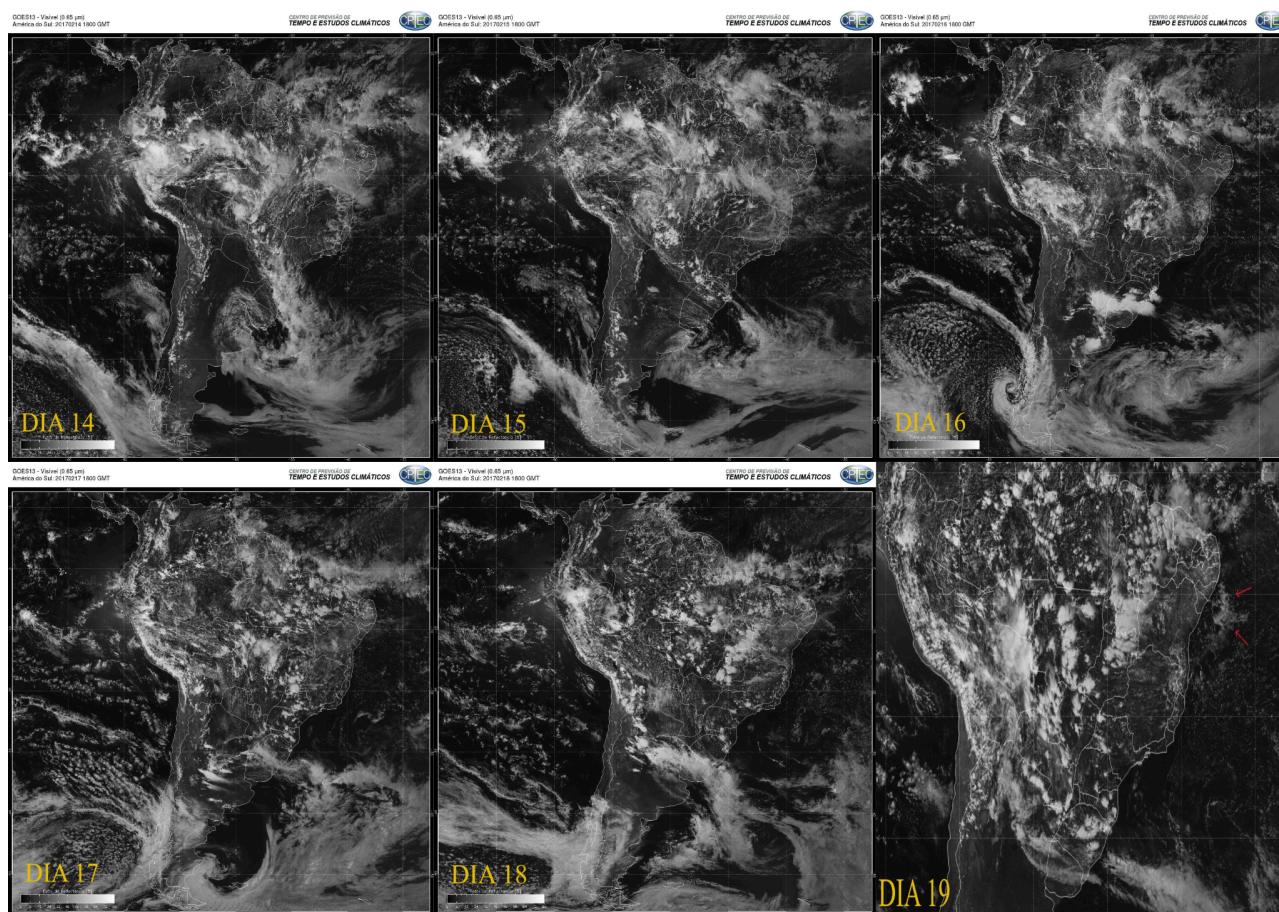
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18: Painel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 17 ao 28 de fevereiro de 2017)



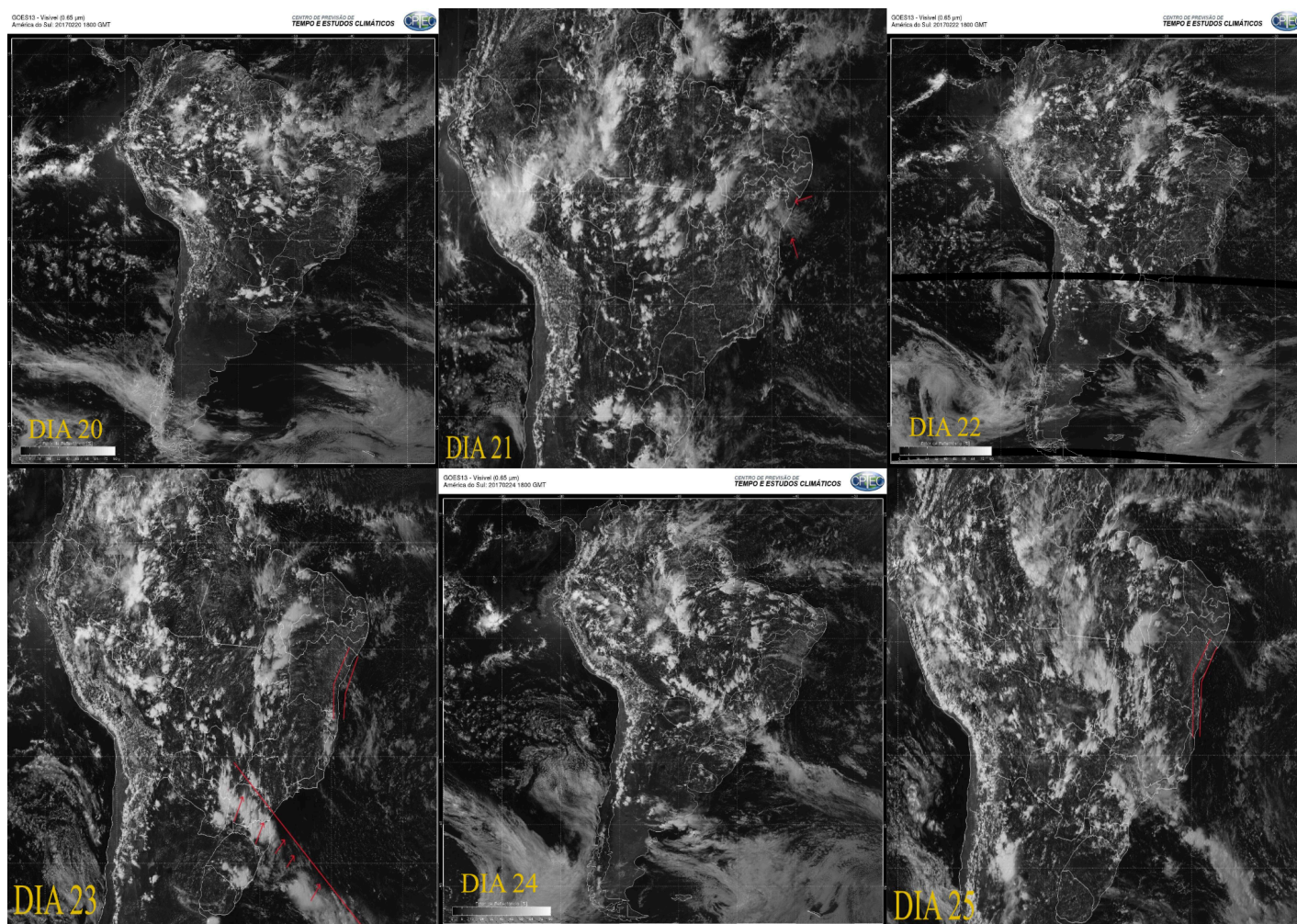
Fonte: CPTEC/INPE.

Figura 19: Painel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 14 ao 19 de fevereiro de 2017)



Fonte: CPTEC/INPE.

Figura 20: Painel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 20 ao 25 de fevereiro de 2017)

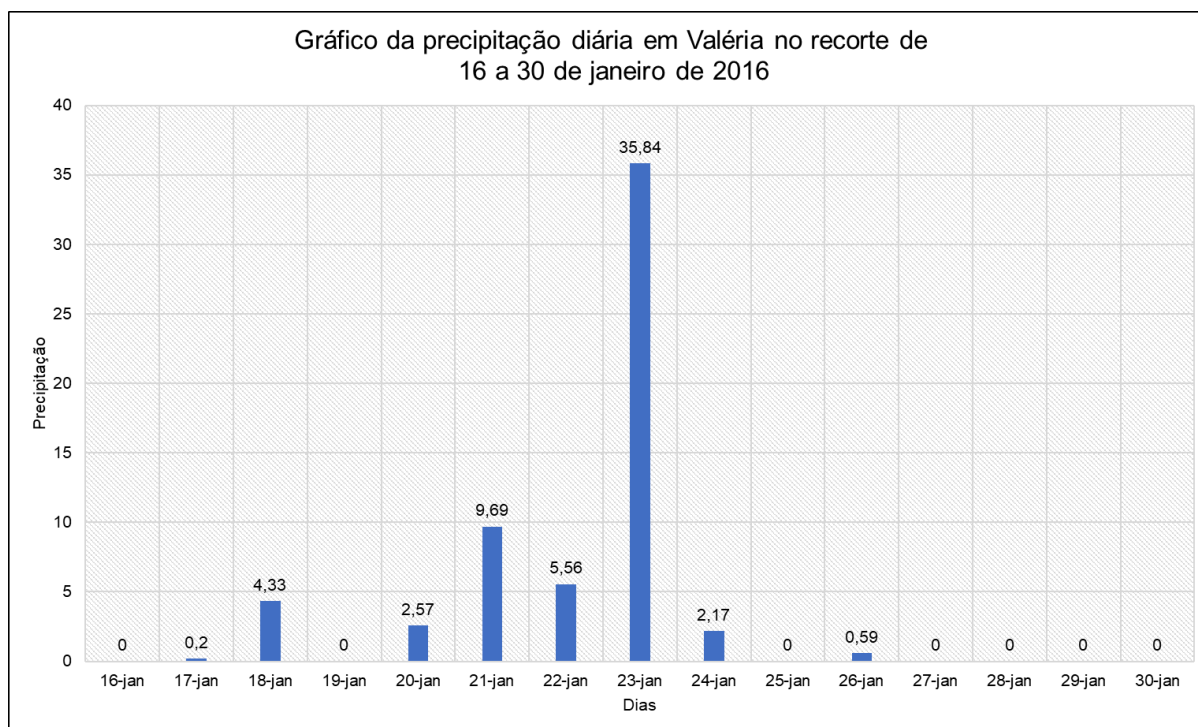


Fonte: CPTEC/INPE.

- **Episódio 4 - 23\01\2016 - Valéria (35,84 mm) - EMC**

Neste episódio, o evento ocorreu no dia 23 de janeiro (Figura 22), proveniente de um evento de ZCAS muito bem demarcado e extenso, com uma vasta banda de nebulosidade em associação com um VCAN no Atlântico que auxilia na alimentação desse corredor de umidade.

Gráfico 9: Gráfico da precipitação diária em Valéria no recorte de 16 a 30 de janeiro de 2016



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesse contexto, no período antecedente ao dia do evento, há presença observável das frentes de brisa no dia 19, devido ao deslocamento da alta pressão no oceano para mais próximo do continente, dissolvendo boa parte da nebulosidade mais espessa. Sem esse “obstáculo”, a porção de nuvens mais baixas se faz visível. Não obstante, o panorama de tempo nessa data ainda apresenta uma frente fria estacionada em São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo acoplada ao corredor de umidade derivado da zona de convergência.

Entretanto, diferentemente do episódio anterior, nesse primeiro momento, não se verifica a formação ou invasão de outras porções de nebulosidade de leste no estado da Bahia e, por conseguinte, em Salvador, provavelmente por conta da presença do VCAN. Após a frontólise e a perda de força da ZCAS no dia 25 de janeiro, o que se tem é o retorno do cenário no qual o fenômeno da brisa se faz evidente em conjunto com o início ou o fim das perturbações derivadas da frente.

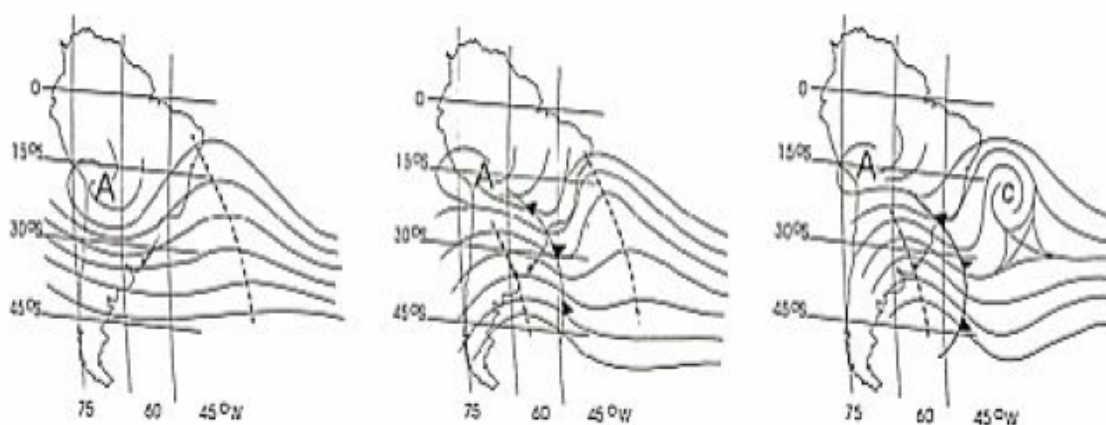
Tal paradigma é corroborado pelo surgimento de um outro sistema frontal no sul do Brasil no dia 26, no qual segue a pequena nebulosidade característica dos fenômenos de brisa em Salvador e no litoral leste nordestino de modo geral.

Aliado a isso, uma parcela da nebulosidade gerada pela frente anterior à supracitada, que se mantinha acoplada ao transporte de umidade vindo do interior do continente Sulamericano,

recua após estacionar sobre o sudeste brasileiro e se posiciona na dianteira do “novo” fenômeno de frente fria no dia 27.

Durante o percurso rumo ao equador, os alísios de nordeste impulsionam uma confluência de nebulosidade novamente de maneira transversal em direção noroeste para sudeste, do Maranhão ao estado de Minas Gerais, uma vez que o VCAN se movimenta em processo de adentramento no continente no dia 28 e 29, gerando céu limpo na maior parte do litoral nordestino nesse último dia. Esse cenário de associação entre as frentes frias e os VCANs já foi descrito anteriormente por Kousky e Gan (1981), conforme figura esquemática abaixo.

Figura 21: Figura esquemática para a formação de um ciclone subtropical de 200 hpa sobre o Atlântico Sul.

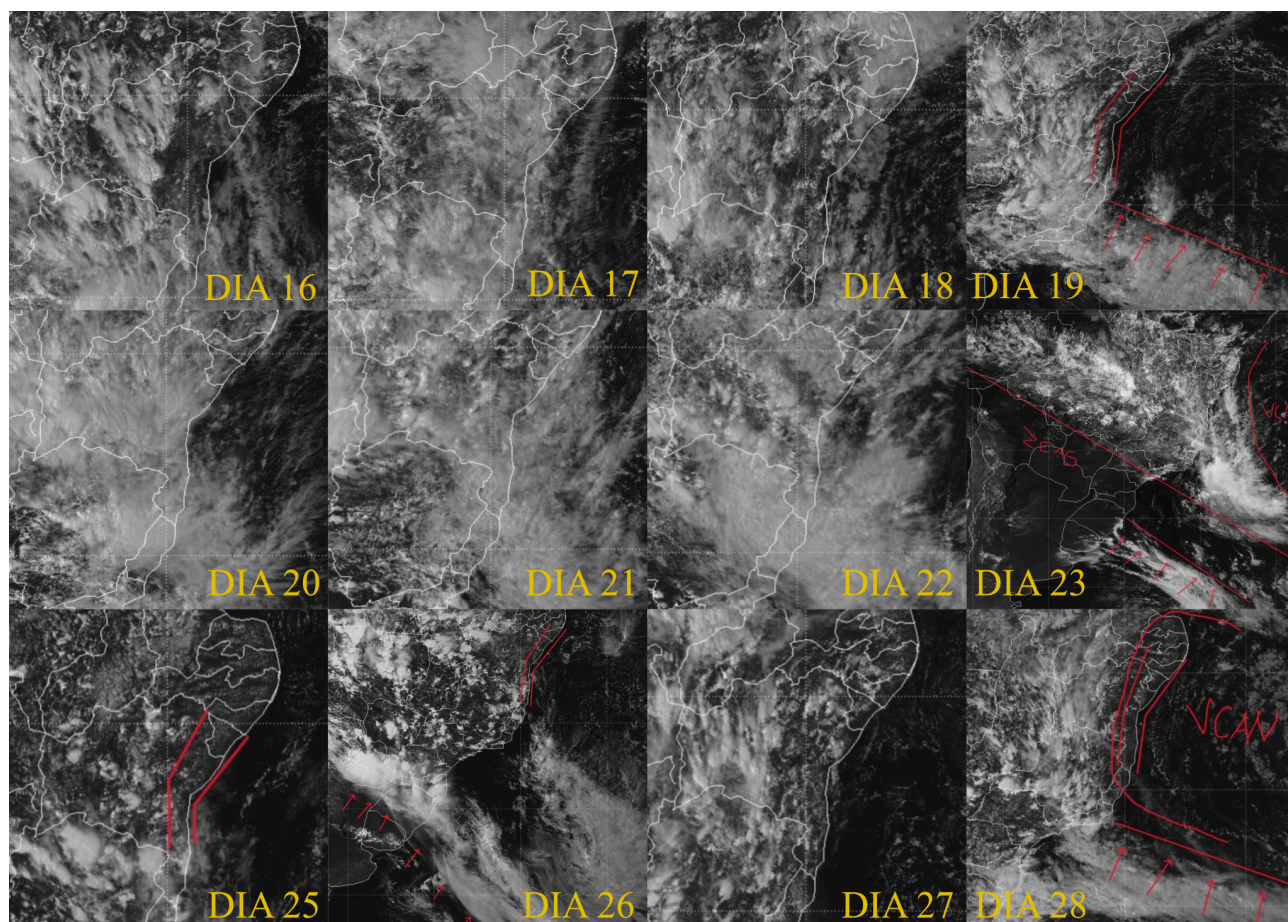


Fonte: KOUSKY E GAN, 1981).

Nesse sentido, um mecanismo semelhante parece ocorrer para a deflagração também dos fenômenos de brisa, uma vez que os eventos até aqui observados evidenciaram um padrão de ocorrência a partir das perturbações geradas tanto pela constituição quanto pela passagem e penetração das frentes frias em latitudes menores.

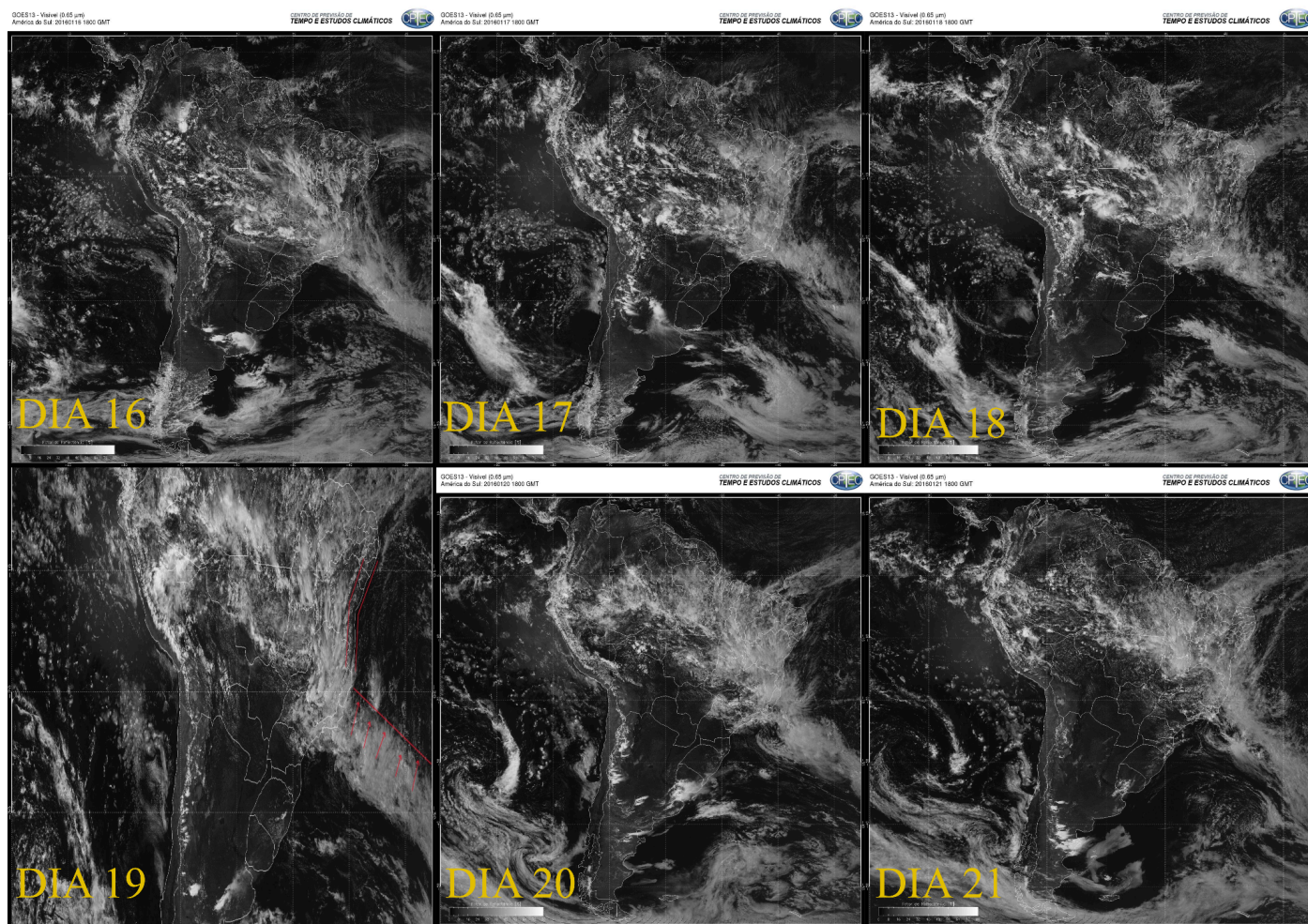
Em suma, no que tange a associação das frentes de brisa com os eventos extremos, as imagens de satélite mostraram também pouca visibilidade do fenômeno em situações de eventos muito intensos, pois a grande nebulosidade derivada de sistemas maiores em escala obscurece o pequeno aglomerado de nuvens, geralmente em níveis mais baixos, associado à brisa.

Figura 22: Pannel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 16 ao 28 de janeiro de 2016)



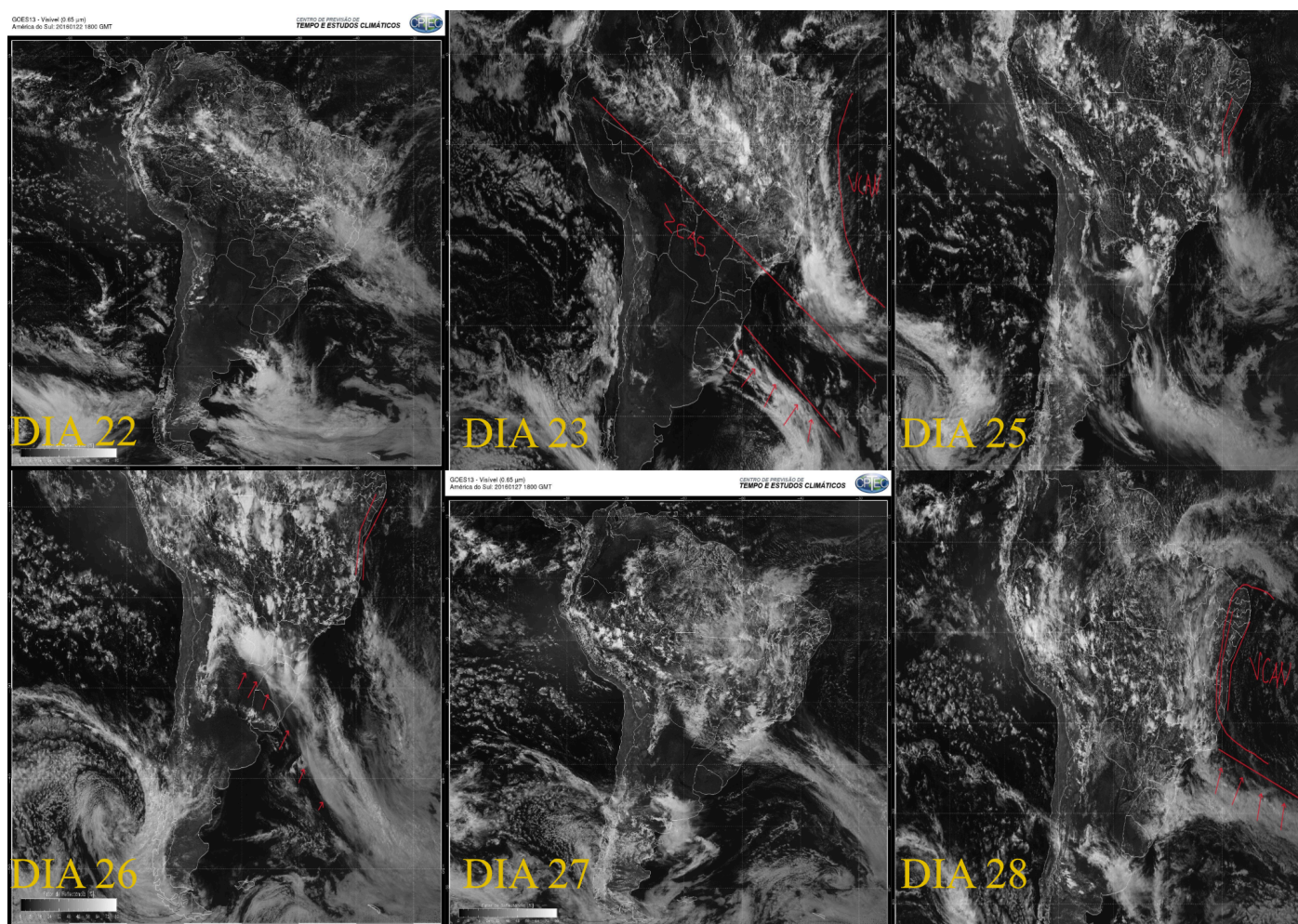
Fonte: CPTEC/INPE.

Figura 23: Pannel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 16 ao 21 de janeiro de 2016)



Fonte: CPTEC/INPE.

Figura 24: Painel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 22 ao 28 de janeiro de 2016)



Fonte: CPTEC/INPE.

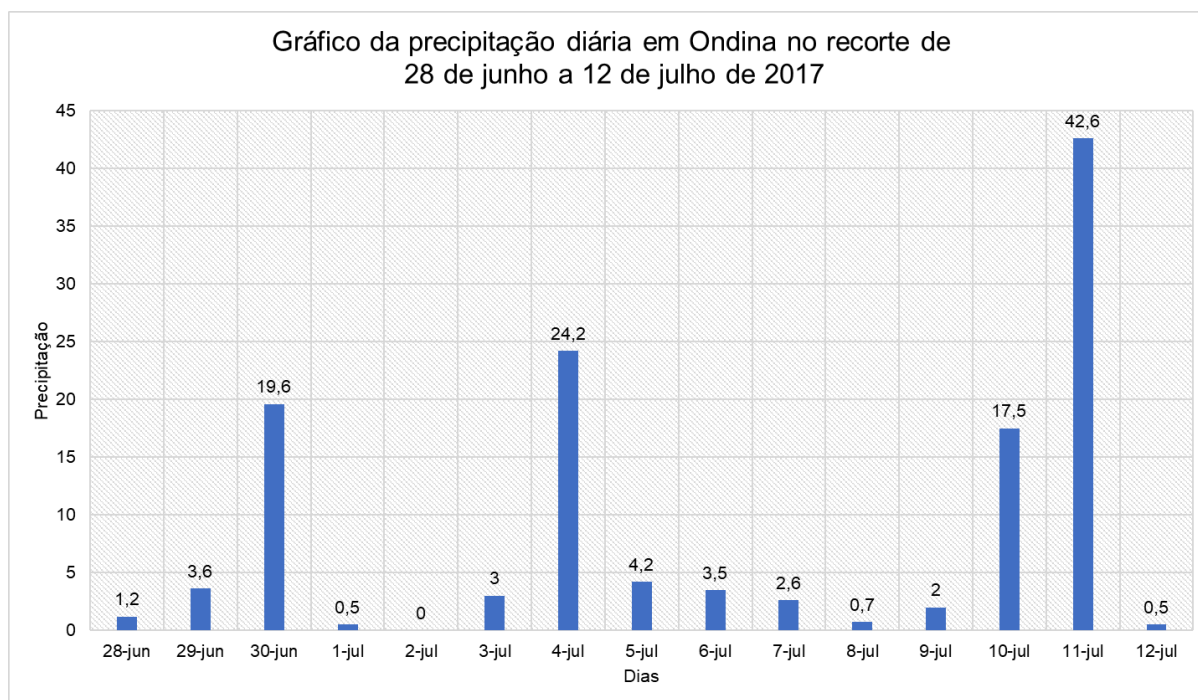
4.2. Episódios extremos de chuva e a relação com as frentes de brisa

Neste subtópico serão analisados e descritos extremos a partir dos episódios, segundo a definição de Armond (2017), na qual busca-se uma diferenciação entre eventos e episódios extremos por meio da consideração dos impactos deflagrados no espaço “físico”. E, inserido nessa perspectiva, buscar de que maneira os fenômenos de brisa se fazem presentes nestes dias de ocorrência de desastres naturais.

Para isso, as eventualidades a serem observadas seguirão a determinação baseada nos desastres ocorridos, mais especificamente em alagamentos e deslizamentos, no dia em questão na cidade de Salvador, a partir do cruzamento com os dados pluviométricos. Dessa forma, serão escolhidos dias nos quais a precipitação não necessariamente superou o limiar definido para os eventos extremos no presente trabalho e, ainda assim, foram registrados desastres no município.

- **Episódio 1 - Ocorrência de deslizamentos de terra - Dia 05/07/2017 - 4,2 mm de precipitação em Ondina**

Gráfico 10: Gráfico da precipitação diária em Ondina no recorte de 28 de junho a 12 de julho de 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste primeiro episódio (Figura 25), a precipitação registrada no dia definido é baixa, mas há de se considerar que ele sucede um dia de 24,2 mm de chuva, um volume insuficiente para ser configurado como evento extremo, porém relevante.

Diante desse cenário, é provável que o deslizamento de terra deflagrado no dia 05 seja uma consequência dos dias seguidos de chuva, uma vez que em todo o recorte temporal utilizado nesta análise, apenas no dia 02 de julho não houve registro de pluviosidade em Salvador na estação pluviométrica de Ondina.

A partir da observação das imagens, o panorama de tempo no litoral brasileiro se constitui com a configuração, passagem e atuação de alguns sistemas de grande e média escala. A primeira que se observa no dia 30 é um sistema frontal em situação de frontogênese no extremo sul do Brasil. Nesse mesmo dia, uma intensa nebulosidade invade Salvador oriunda dos ventos de sudeste, comum no inverno austral, em dinâmica característica do fenômeno de ondas

de leste, produzindo intensas nuvens e chuvas contínuas antes da chegada da frente fria (NIMER, 1966).

Devido a essa intensa nebulosidade sob praticamente todo o estado da Bahia, não há percepção de fenômenos de brisa, o que não significa, necessariamente, que não houve nenhuma presença, haja vista que o padrão de nuvens associado às frentes de brisa são mais baixas. Não obstante, a onda de leste provoca chuvas da ordem dos 3,6 mm no dia 29, de sua entrada, e 19,6 mm no dia 30.

Nos dias posteriores que precedem o do episódio em questão, a frente polar ganha território em sua jornada rumo ao equador, ao passo que a nebulosidade associada a onda de leste recua e perde intensidade por conta do aquecimento proveniente da vanguarda do sistema frontal (NIMER, 1966).

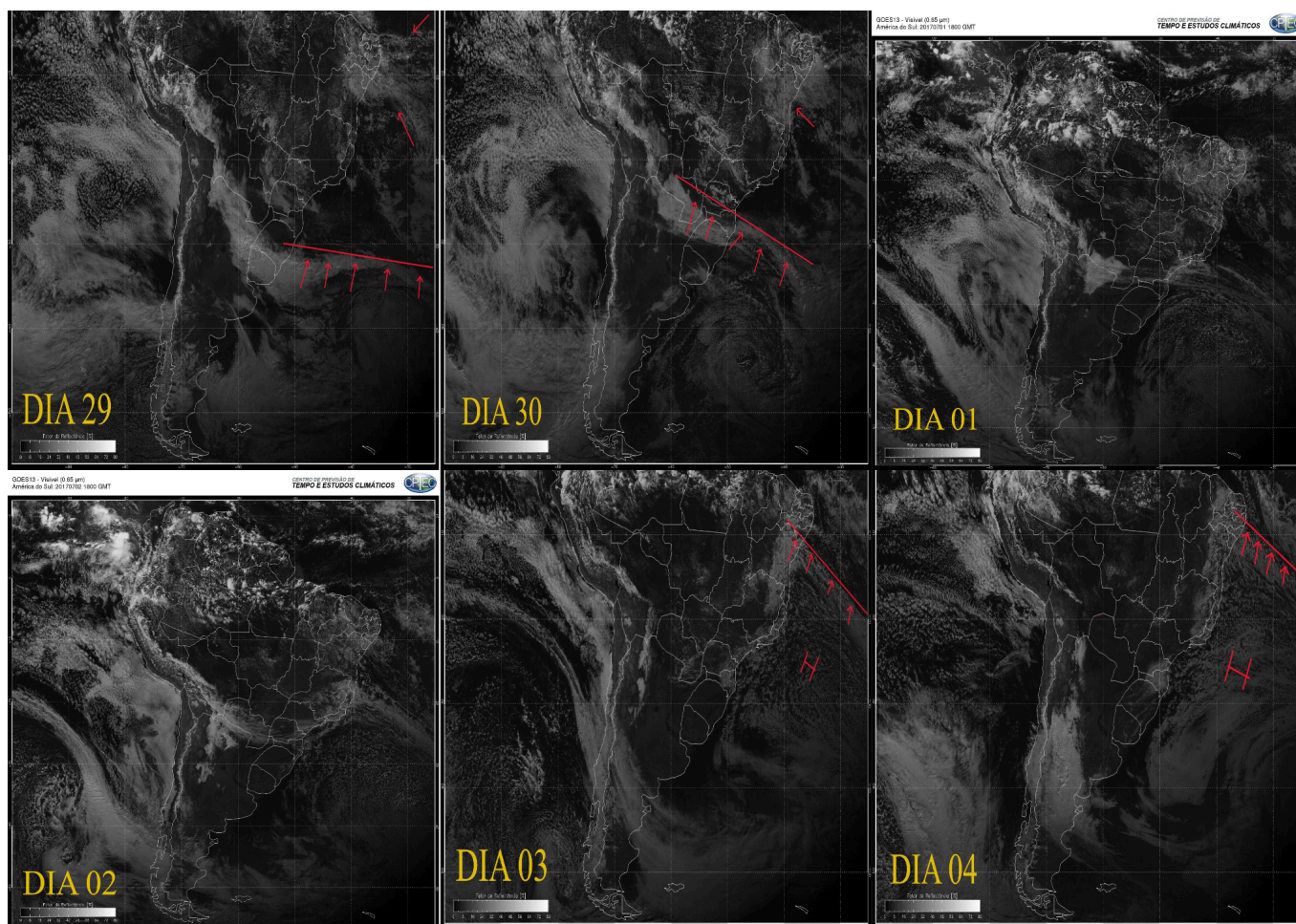
Por conseguinte, a frente fria atinge a porção oriental do estado no dia 03 e chega praticamente a suplantá-lo no estado de Pernambuco nos dias 04 e 05, sendo um sistema raro e reforçado por uma forte massa de ar polar.

Tal sistema, portanto, entra em dissipação apenas no dia 06 ao se deparar com uma nebulosidade de características distintas vindas da região da ZCIT.

Nos dias que sucedem, portanto, em Salvador, o panorama de tempo permanece perturbado por instabilidades tropicais provenientes da dissipação do massivo sistema frontal que passou, gerando precipitação contínua até o fim do recorte temporal de 7 dias posteriores à data do episódio. Há, ainda, possibilidade de presença dos fenômenos de frente de brisa nos dias 07, 08 e 09, mas, devido a presença de nuvens maiores associadas a essa mesma parte do território, não é possível afirmar com segurança que se trata de um processo convectivo oriundo da brisa.

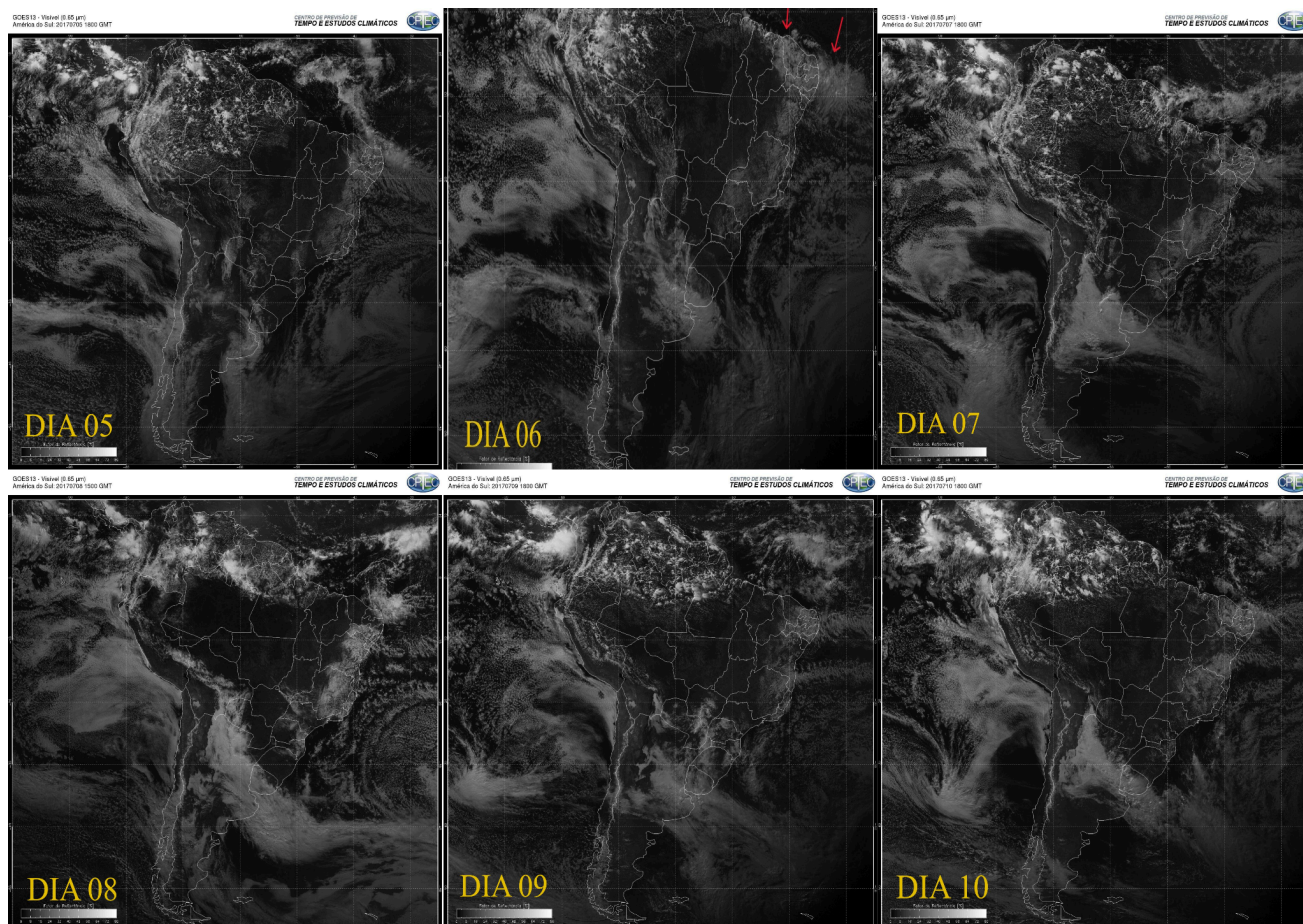
Além disso, não foi possível identificar a presença dos fenômenos de brisa nos demais dias do período.

Figura 25: Painel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 29 de junho ao 04 de julho de 2017)



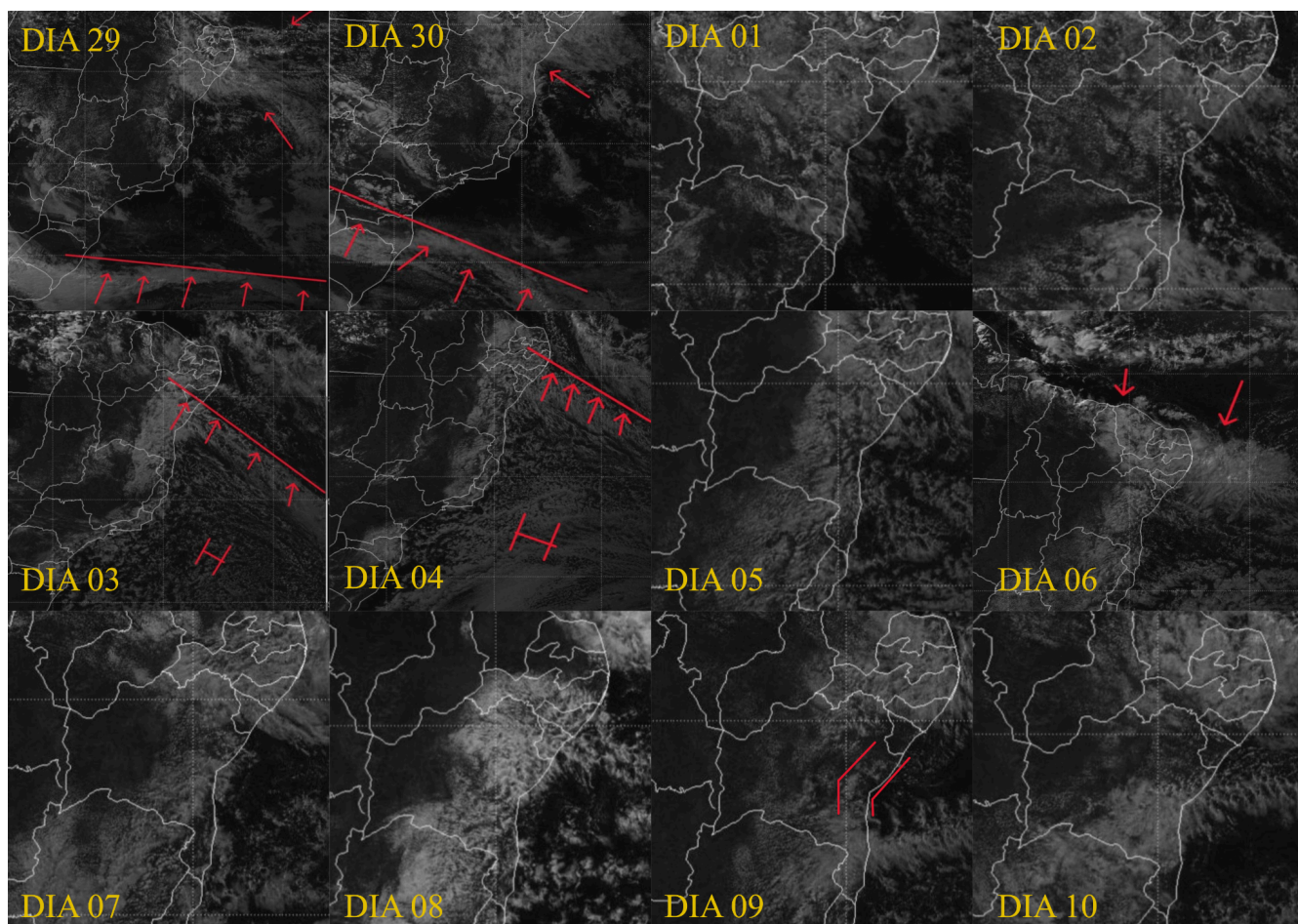
Fonte: CPTEC/INPE.

Figura 26: Painel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 05 de julho ao 10 de julho de 2017)



Fonte: CPTEC/INPE.

Figura 27: Painel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 29 de junho ao 10 de julho de 2017)



Fonte: CPTEC/INPE.

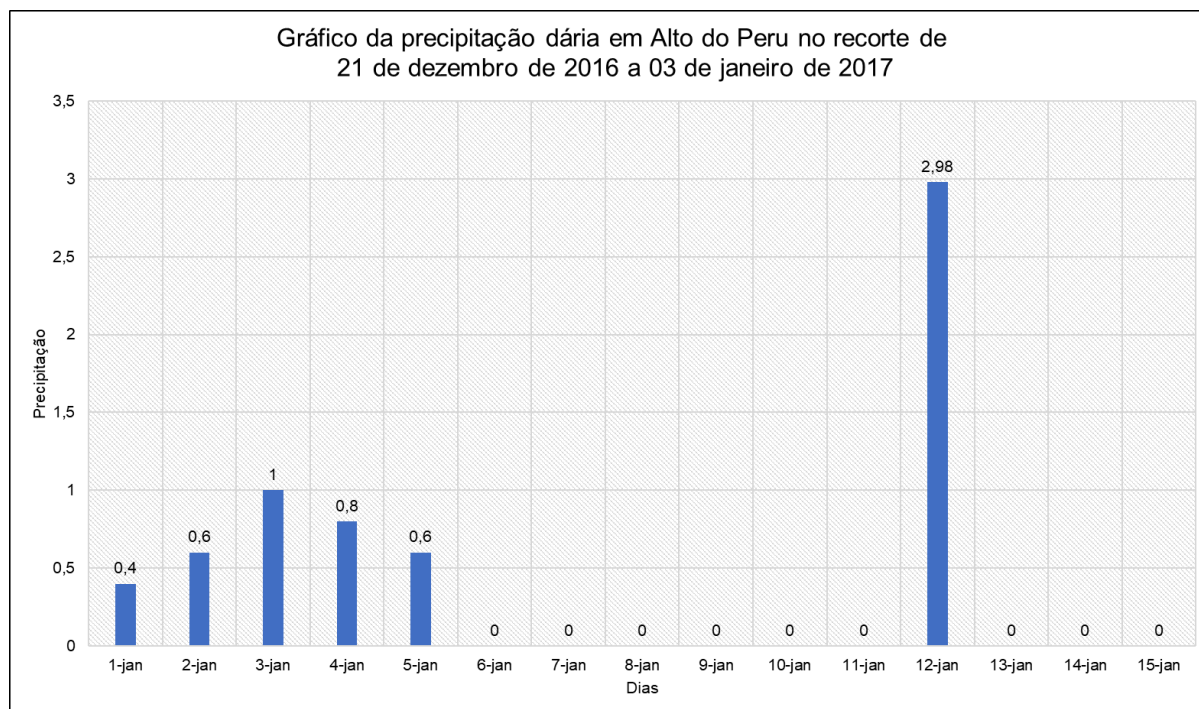
- **Episódio 2 - Ocorrência de deslizamentos de terra - Dia 28/12/2016 - 0 mm de precipitação em Alto do Peru**

Neste episódio, não há precipitação alguma registrada em Alto do Peru, porém há um registro isolado de deslizamento de terra na Rua Mamorana, localizada a 1,3 km de distância da estação pluviométrica supracitada.

Analisando os dias seguidos com chuva no recorte temporal de sete dias antes e sete dias depois da data do episódio, é possível verificar uma sequência de cinco dias com precipitação registrada, sendo o maior índice no dia 23 (1,0 mm de chuva) (Figura 28). Este episódio explicita um deslizamento que ocorre em contexto de volumes baixos de pluviosidade em Salvador,

porém consecutivos. A data em si mostra a ocorrência no 3º dia após o cessamento da chuva nos registros.

Gráfico 11: Gráfico da precipitação diária em Alto do Peru no recorte de 21 de dezembro de 2016 a 03 de janeiro de 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Dessa forma, o que se percebe no dia 28 é um padrão de nuvens altas e de aspecto longitudinal, possivelmente proveniente de ventos fortes do interior do continente, que acaba não trazendo precipitação.

Entretanto, a partir da consideração dos dias anteriores e posteriores ao episódio, observa-se novamente o aparecimento dos fenômenos de brisa associados ao surgimento e desenvolvimento de sistemas frontais no centro-sul do Brasil.

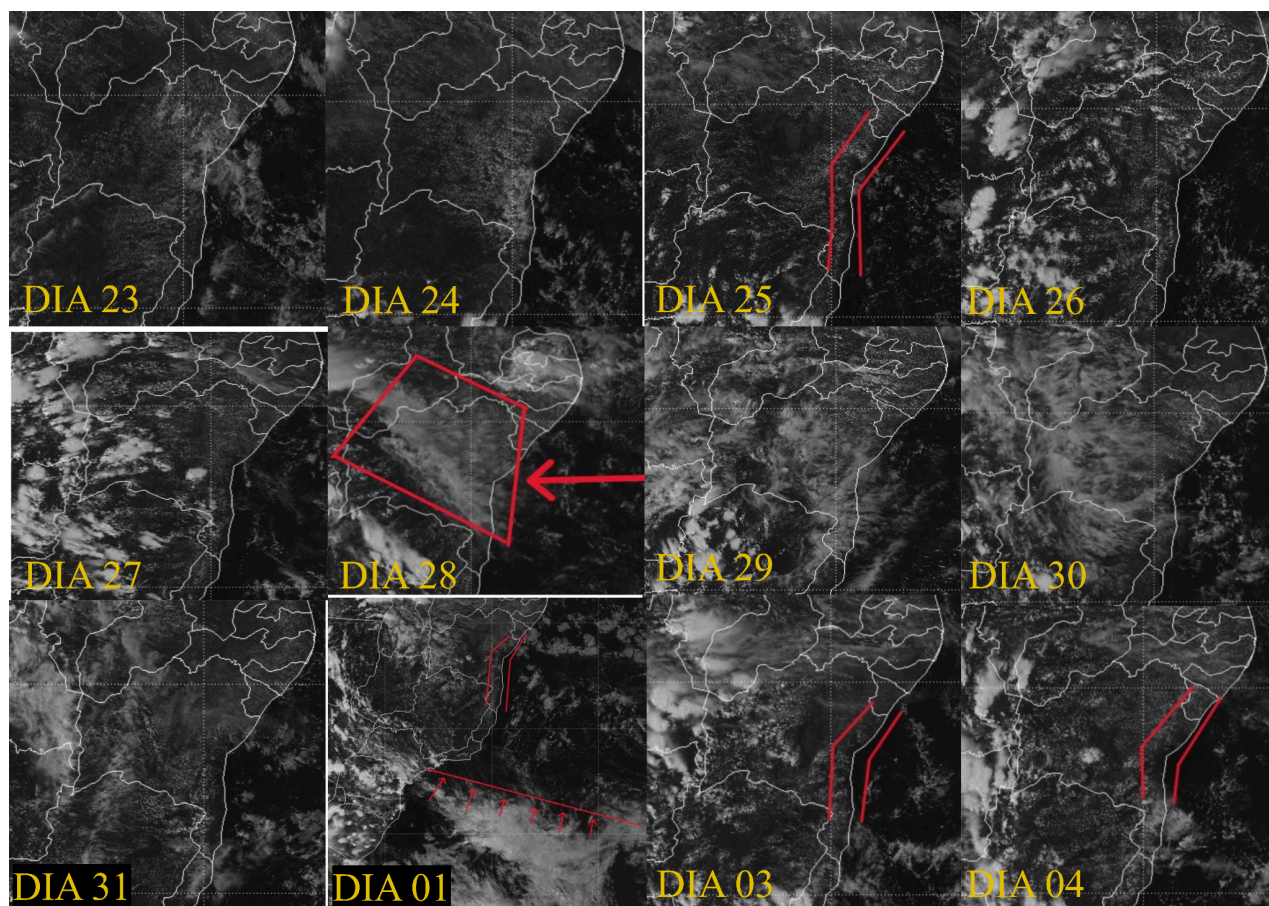
Como abordado por Nimer (1966 e 1989), as frentes frias geram perturbações ondulatórias no ar quente tropical que são denominadas de instabilidade tropicais e ondas de leste. Geralmente, isso se dá em momentos de frontogênese no sul e na altura do estado do Rio de Janeiro no sudeste, bem como após as frentes entrarem em frontólise.

Nas imagens, repete-se o cenário em que as frentes de brisa são observadas não apenas nesse período “entre frentes”, como também precedendo as nebulosidades associadas às

instabilidades e as ondas de leste. Como demonstração, nos dias 01, 03 e 04 nota-se a zona de frontogênese no sul e a nebulosidade associada à brisa em Salvador.

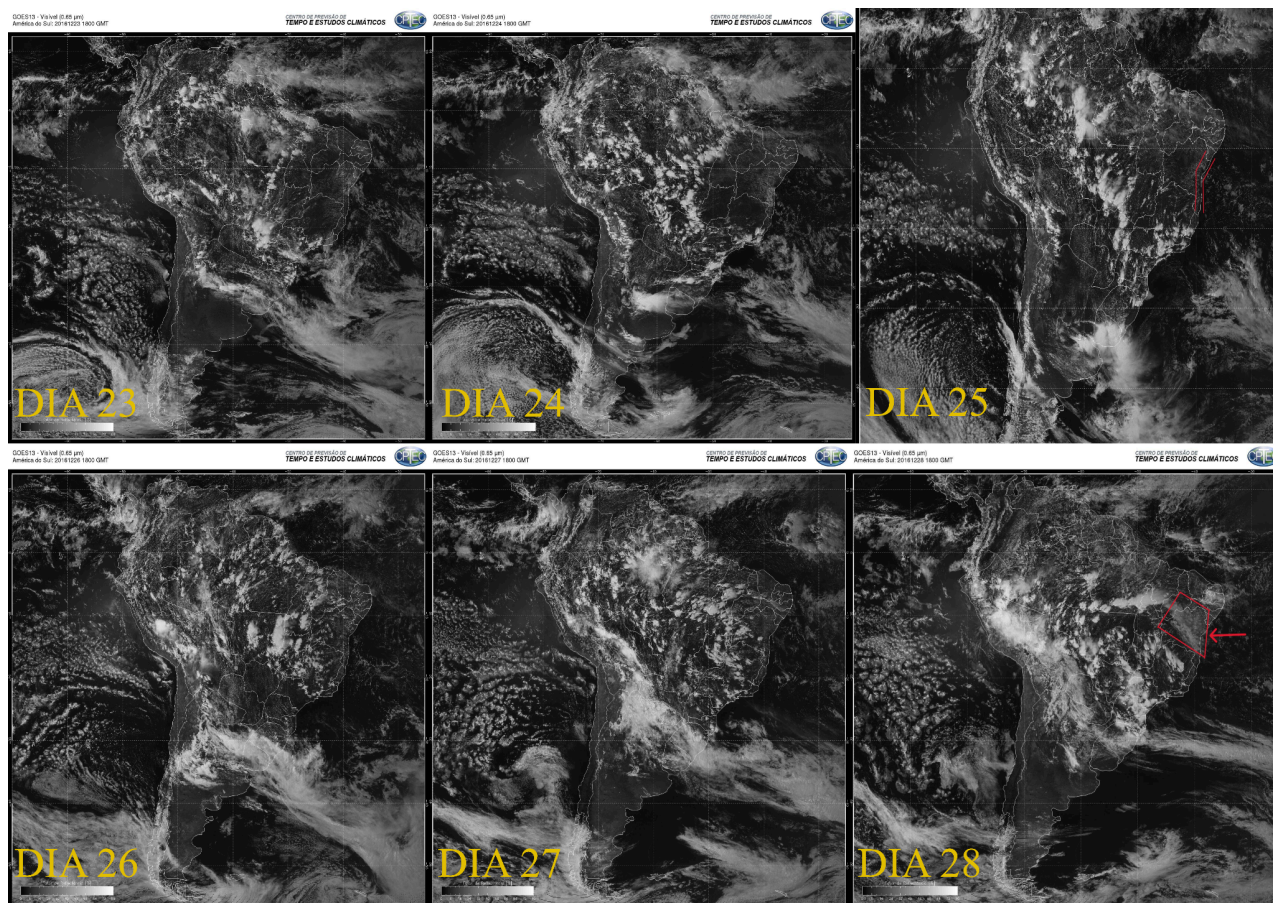
A presença da frente brisa, portanto, ainda provavelmente acarreta 0,6 mm de precipitação no dia 25, ampliando a sequência de dias com chuva que se inicia no dia 22, neste recorte, mas em dias anteriores tem seu início no dia 19. Logo, há um indício do fenômeno de brisa como um contribuinte no prolongamento de dias consecutivos de chuva, o que pode incrementar um contexto que favorece deslizamentos.

Figura 28: Painel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 23 de dezembro a 04 de janeiro de 2017)



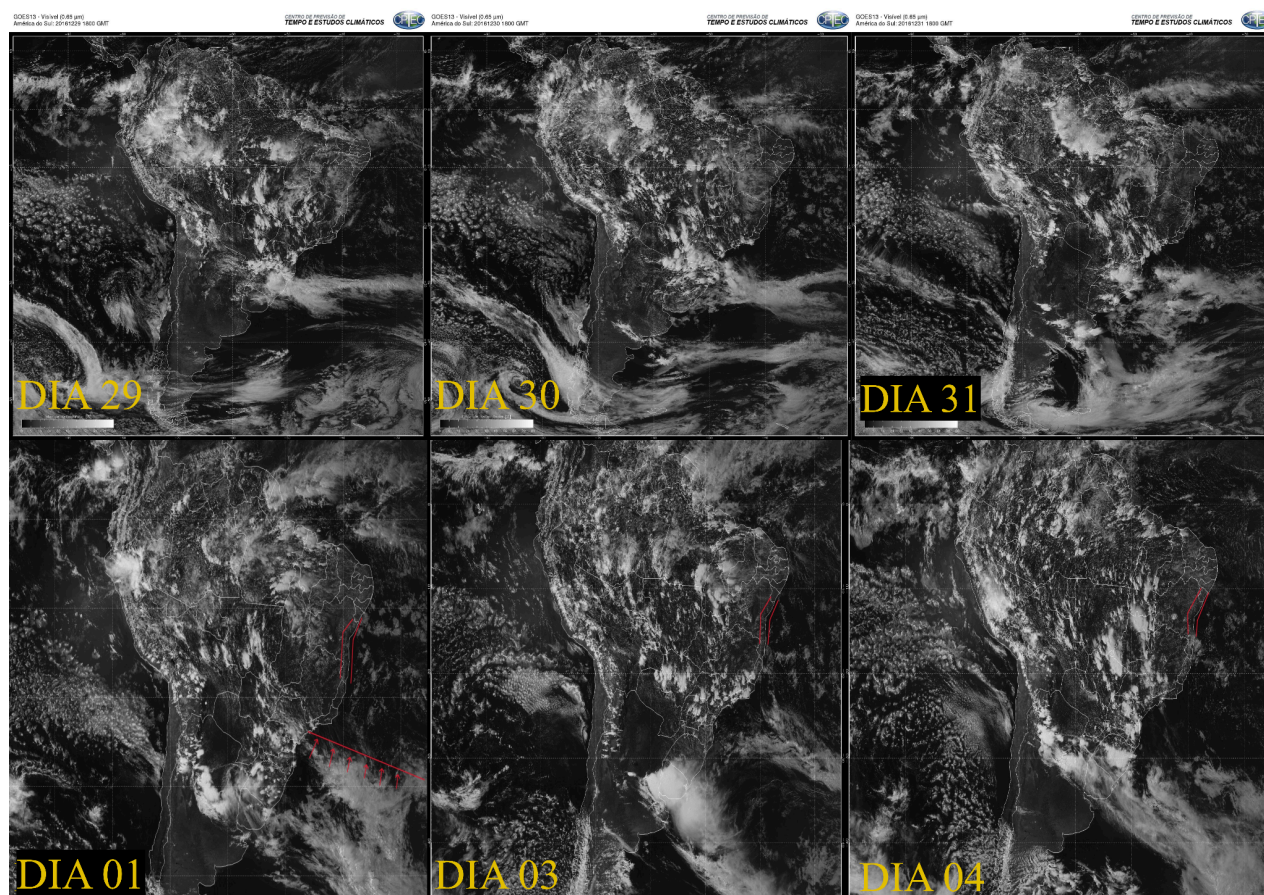
Fonte: CPTEC/INPE.

Figura 29: Painel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 23 a 28 de dezembro de 2016)



Fonte: CPTEC/INPE.

Figura 30: Painel de imagens do satélite GOES 13 - visível (Dias 29 de dezembro de 2016 ao dia 04 de janeiro de 2017)



Fonte: CPTEC/INPE.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no objetivo principal de analisar a participação das frentes de brisa na gênese dos eventos extremos de chuva em Salvador, é possível indicar uma dinâmica cuja a brisa predomina em períodos anteriores, posteriores ou entre passagens consecutivas de sistemas frontais. De acordo com as imagens, essa relação mostra-se de maneira mais clara e consistente no período menos chuvoso, uma vez que em janeiro e fevereiro a análise dos episódios evidencia fenômenos de brisa sem tanta nebulosidade adjacente ou sobrejacente. Em contrapartida, no período chuvoso, geralmente há incursões das frentes frias em Salvador, bem como de nebulosidade vindas de leste pelo oceano atlântico.

Esse é um ponto importante, pois, nos períodos em que havia grande nebulosidade presente em Salvador, não foi possível localizar a presença dos fenômenos de frente de brisa no

município ou na costa do estado da Bahia, o que, no entanto, não significa que não havia. Há, sim, uma limitação existente no método de análise das imagens por satélite no canal visível, que acaba por privilegiar a nebulosidade que se encontra mais robusta e também em maior altitude. Como a frente de brisa se trata de um processo convectivo mais localizado, de nuvens baixas e menores, sua aparição pode vir a ser mascarada.

Ainda assim, os impactos que a brisa pode vir a produzir na precipitação em contexto de ocorrência de eventos extremos se configura mais em caráter de alguma adição a esses números, bem como também na persistência da chuva por mais de um dia. Ambos parâmetros importantes a se considerar dentro da lógica de um evento extremo de precipitação.

Logo, no que se refere ao impacto da brisa nos episódios extremos, o que se observou foi essa possível produção de pluviometria em dias consecutivos de chuva, que pode contribuir com a deflagração de desastres. Há de se salientar, inclusive, que em episódios deflagrados sem a precipitação ter suplantado o limiar definido para um evento extremo neste trabalho, houve presença do fenômeno de frente brisa gerando precipitação.

Diante dessa conjuntura, naquilo que atende eminentemente ao processo genético, verificou-se um indicativo de relação combinada entre a formação de sistemas frontais no centro-sul brasileiro com a constituição das frentes de brisa no litoral soteropolitano e baiano, principalmente no sul do estado, especialmente quando relacionados à perturbações advindas de leste. No dia 28 de janeiro do episódio 4, nota-se a associação também com outros fenômenos de grande escala, como o VCAN, além da frente polar no sudeste e da ZCAS resultante desse escoamento de noroeste-sudeste. A investigação mais aprofundada do caráter dessa gênese combinada pode ser um dos próximos passos dessa pesquisa, pois seria necessário um arcabouço metodológico mais amplo para validar esse indício e destrinchar suas particularidades. Contudo, a repetição desse panorama visto nas imagens de satélite aponta um possível padrão.

Por fim, a diferenciação entre os fenômenos de frente de brisa e de frentes frias esclareceu um contraste relevante de escala dos fenômenos em questão, haja vista o caráter local da brisa. Sua constituição como frente, de acordo com a revisão bibliográfica realizada (MATTOS, 2002; FREITAS E DIAS, 2005 apud VEMADO, 2012; TEIXEIRA, 2008; SOUZA, 2016), indicou um forte apelo para a banda de nebulosidade produtora de precipitação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. B. BRANDÃO, P. R. B.. **Geografia de Salvador**. 2. ed. Salvador: Editora da Ufba, 2009. 160 p. Disponível em:

<https://repositorio.ufba.br/bitstream/ufba/587/3/Geografia%20de%20Salvador%20.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2022.

ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C.. Variabilidade, anomalia e mudança climática. 2007. 6 p. Material didático (Disciplina LCE306 -Meteorologia Agrícola) - USP, São Paulo, 2007.

ARMOND, N. B.; SANT'ANNA NETO, J. L. Entre eventos e episódios: ritmo climático e excepcionalidade para uma abordagem geográfica do clima no município do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Climatologia*, [S. l.], v. 20, 2021. DOI: 10.5380/abclima.v20i0.49792. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/13951>. Acesso em: 25 abr. 2022.

ARMOND, N. B. Entre eventos e episódios: As excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro. Orientador: Prof. João Lima Sant'Anna Neto. 2014. 240 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, 2014.

ATKINSON, B.W., 1981: Meso-scale atmospheric circulations, London Academic Press, 495 p., Chap. 5 & 6.

BARBOSA, J. S. F. & DOMINGUEZ J. M. L. (Eds.) 1996. Texto Explicativo para o Mapa Geológico ao Milionésimo. SICM/ SGM, Salvador, (Edição Especial), 400 p.

BARBOSA, J. S. F. CORRÊA-GOMES, L. C. DOMINGUEZ, J. M. L. CRUZ, S. A. S. SOUZA, J. S. 2005. Petrografia e Litogeoquímica das Rochas da Parte Oeste do alto de Salvador, Bahia, *Rev. Bras. Geoc.*, 35 (4 – Suplemento): 9–22.

BARROS, J. R.; ZAVATTINI, J. A. Bases conceituais em climatologia geográfica. *Mercator*, [S.L.], v. 8, n. 16, p. 255-261, 30 set. 2009. <http://dx.doi.org/10.4215/rm2009.0816.0019>.

BARRETO, A. B. EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA EM SALVADOR: UMA ABORDAGEM MATEMÁTICO-ESTATÍSTICA DO AMBIENTE ATMOSFÉRICO. Orientador: Maria Regina da Silva Aragão. 2012. 153 p. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, CAMPINA GRANDE, 2012.

CHAVES, R. R.; CAVALCANTI, I. F. A. EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO SOBRE O SUL DO NORDESTE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São Paulo, p. 1002-1008, 21.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil : uma aplicação da classificação de köppen de 1961 a 2015. *Confins*, [S.L.], v. 1, n. 37, p. 1-41, 24 set. 2018. OpenEdition. <http://dx.doi.org/10.4000/confins.15738>. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/15738>. Acesso em: 14 mar. 2022.

FERREIRA, J. S. Teoria e método em climatologia: aportes teóricos, metodológicos e técnicos. *Revista Geonorte*, Goiás, v. 1, n. 5, ed. 2, p. 766-773, 2012.

Frentes e Frontogêneses: Frentes. In: USP (São Paulo). Laboratório MASTER. Ensino. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://master.iag.usp.br/pr/ensino/sinotica/aula09/>. Acesso em: 20 set. 2023.

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA (Salvador - Bahia). Prefeitura de Salvador. **LIMITES DE BAIRROS E REGIÕES ADMINISTRATIVAS SALVADOR / BAHIA / BRASIL**. Salvador: [s. n.], 2013. Documento Iconográfico.

HANN, J. Handbuch der Klimatologie. **Meteorologische Zeitschrift**, Vienna, 1883.

KOEPPEN, W. **Climatologia**. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 1948.

KOUSKY, V. E.; GAN, M.A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. *Tellus*, 36(6):538-551, Dez, 1981.

MACHADO, C. C. C.; NÓBREGA, R. S.; OLIVEIRA, T. H.; ALVES, K. M. A. S. Distúrbio Ondulatório de Leste como condicionante a eventos extremos de precipitação em Pernambuco. *Revista Brasileira de Climatologia*, Pernambuco, ano 8, v. 11, p. 146-188, jul/dez 2012.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima e Excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico**. Florianópolis: Editora da Ufsc, 1991. 233 p.

MONTEIRO, C. A. de 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, v. 31, n. 57, p. 29-44, 1962.

MONTEIRO, C. A. de F. Sobre um Índice de Participação das Massas de Ar e suas Possibilidades de Aplicação à Classificação Climática. *Revista Geográfica*. Rio de Janeiro, v. 33, n. 61, p. 59-69, 1964.

MONTEIRO, C. A. de F. A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil (Contribuição Metodológica à Análise Rítmica dos Tipos de Tempo no Brasil). *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, ano 08, número 16, 2009 261 Paulo: Universidade de São Paulo/Instituto de Geografia, 1969. 68 p. (Série Teses e Monografias nº 1).

MONTEIRO, C. A. de F. Análise Rítmica em Climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: Universidade de São Paulo/Instituto de Geografia, 1971. 21 p. (Série Climatologia nº 1).

MONTEIRO, C. A. de F.. O estudo geográfico do clima. *Cadernos Geográficos*, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 1-73, maio 1999.

MONTEIRO, C. A. de F. Teoria e Clima Urbano. São Paulo: Universidade de São Paulo/ Instituto de Geografia, 1976. 181 p. (Série Teses e Monografias nº 25).

NIMER, E. Circulação Atmosférica do Brasil: Contribuição ao Estudo da Climatologia no Brasil. *Revista Brasileira de Geografia*, [s. l.], p. 48-66, Julho-Setembro 1988.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422 p. v. 1. ISBN 85-240-0282-4.

PALMA, J. S. Variabilidade das Chuvas em Salvador e suas Tendências Espaço-Temporais. 2010. 154 f. *Dissertação (Mestrado)* - Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

PÉDELABORDE, P. **Introduction à l'étude scientifique du climat**. Paris: SEDES, 1970. 246 p.

PÉDELABORDE, P. **Introduction à l'étude scientifique du climat**. Paris: Centre de Documentation Universitaire, 1959.

PIELKE, R.A., 1984: Mesoscale Meteorological Modelling, Orlando Academic Press, 612 p., Chap. 13.

PLANCHON, O. 1997: Les climats maritimes dans le monde. Presses Universitaires du Septentrion, 233 pages.

PLANCHON, O. *et al.* A method of identifying and locating sea-breeze fronts in north-eastern Brazil by remote sensing. Meteorol. Appl., Rennes, France, p. 225-234, 2006.

PLANCHON, O., BONNARDOT, V. et CAUTENET, S. (2000) Simulation de brise de mer (résolution à 5 km) : exemple de la journée du 4 février 2000 dans la Province Occidentale du Cap. Publications de l'Association Internationale de Climatologie, 13, 482-489.

PLANCHON, O., DUBREUIL V., DAMATO F., GOUREY P et DECAUX S., 2004 : Recherche sur les types de temps associés aux brises de mer : une méthode d'analyse par télédétection. Norois, n° 191, 2, 59-74.

SANT'ANNA NETO, J. L. Por uma Geografia do Clima: antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. *Terra Livre*, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 49-62, jun. 2001.

SANT'ANNA NETO, J. L. Da climatologia geográfica a geografia do Clima: Gênese, paradigmas e aplicação do clima como fenômeno geográfico. In: Anpege, v. 4, 2008, p. 61 – 88.

SANT'ANNA NETO, J. L. História da Climatologia no Brasil: Gênese e Paradigmas do Clima como Fenômeno Geográfico. 2001a. Tese (Livre Docência em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

SANTOS, A. H. M.. Eventos extremos de chuva em Salvador, Bahia: condições atmosféricas e impactos ambientais. 2008. 65 f. *Dissertação (Mestrado)* - Curso de Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/3763/1/ANDR%c3%89A%20HELENA%20MACHADO%20DOS%20SANTOS%20%e2%80%93%20DISSERTA%c3%87%c3%83O%20%28PPGMet%29%202008.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2021.

SANTOS, A. P. P.; ARAGÃO, M. R. S.; CORREIA, M. F.; SANTOS, S. R. Q.; SILVA, F. D. S.; ARAÚJO, H. A.. Precipitação na Cidade de Salvador: Variabilidade Temporal e Classificação em Quantis. *Revista Brasileira de Meteorologia*, [s. l.], v. 31, ed. 4, p. 454-467, 2015.

SILVESTRE, M. R. Técnicas utilizadas em climatologia: diagnóstico e propostas. 2016. 409 f. *Tese (Doutorado)* - Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Estadual Paulista - Unesp, Presidente Prudente, 2016.

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 6., 2004, Aracaju. Contribuição dos dados GOES para a cartografia das frentes da brisa marítima no Nordeste. *Revista Brasileira de Climatologia*. [S. l.: s. n.], Outubro 2004. Disponível em: 281526036_DUBREUIL_V_DAMATO_F_PLANCHON_O_DOS_PASSOS_M_2004_Contribuicao_dos_dados_GOES_para_a_cartografia_das_frentes_da_brisa_maritima_no_Nordeste_Anais_VI_Simpósio_Brasileiro_de_Climatologia_Geografica_Aracaj. Acesso em: 10 dez. 2024.

SOUZA, D. C. Brisa na costa do norte e nordeste brasileiro. 2016. 178 f. *Tese (Doutorado)* - Curso de Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2016. Disponível em: <http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/02.16.21.24/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2021.

SORRE, M. Le Climat. In: SORRE, M. **Les Fondements de la Géographie Humaine**. Paris: Armand Colin, 1951. Chap. 5, p.13-43.

TEIXEIRA, R. F. B. O FENÔMENO DA BRISA E SUA RELAÇÃO COM A CHUVA SOBRE FORTALEZA-CE. *Revista Brasileira de Meteorologia*, Fortaleza, v. 23, n. 3, p. 282-291, jan. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/8MvPrVN8MQn7bVK5kzvsX3d/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 mar. 2022.

VEMADO, F. **Análise da circulação de brisa marítima e seus impactos sobre a precipitação na Região Metropolitana de São Paulo por meio do modelo ARPS**. Orientador: Augusto José Pereira Filho. 2012. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Atmosféricas) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

ZANGALLI JUNIOR, P. C.; ALVES, G. B. A cidade que não combina chuva. In: ELISABETE SANTOS (Salvador) (org.). **Qualisalvador: qualidade do ambiente urbano na cidade da Bahia**. 2. ed. Salvador: Edufba, 2022. Cap. 4. p. 129-154. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/34177>. Acesso em: 25 abr. 2022.

ZANGALLI JUNIOR, P.C. “(Des)Articulações Entre Crise Climática E Riscos Urbano Ambientais.” *Revista Brasileira de Climatologia*, vol. 34, no. 2237-8642, 25 Jan. 2024, p. 140.

ZAVATTINI, J. A. O paradigma da análise rítmica e a climatologia geográfica brasileira. Unesp, Rio Claro, v. 25, n. 3, p. 25-43, dez. 2000.