



## **O IMPACTO OPERACIONAL CAUSADO PELO DISTÚRPIO ONDULATÓRIO DE LESTE OCORRIDO EM JUNHO DE 2019 NOS AERÓDROMOS DE RECIFE E PARNAMIRIM: ESTUDO DE CASO**

Anderson Biassus da Silva<sup>1\*</sup>, Livia Maria Fonseca dos Santos<sup>1</sup>, Alexandre de Lima E Silva<sup>1</sup>, Alex Brito de Melo<sup>2</sup>

1 – Centro de Instrução e Adaptação da Aeronáutica (CIAAR), Lagoa Santa - MG, Brasil

2 – Centro Integrado de Meteorologia Aeronáutica (CIMAER), Rio de Janeiro - RJ, Brasil

\*Autor de contato: [biassusabs@fab.mil.br](mailto:biassusabs@fab.mil.br)

### **RESUMO**

Este estudo analisou o Distúrbio Ondulatório de Leste (DOL) que atingiu a costa leste do Nordeste do Brasil (NEB) no período de 8 de junho de 2019 a 19 de junho de 2019. Os DOL têm origem na costa oeste do continente africano e alcançam a costa do nordeste brasileiro, conduzidos pelos ventos alísios de sudeste, apresentando dimensão significativa de mesoescala e grande aporte de umidade. Quando em atuação, podem atingir importantes aeródromos da região, dentre eles Recife e Parnamirim, objetos deste estudo de caso, o qual pretende dimensionar a relevância operacional que um DOL possui para os aeródromos da costa leste nordestina. De natureza descritiva e abordagem quantitativa, a pesquisa relacionou as variáveis meteorológicas de precipitação, direção e velocidade do vento, rajadas de vento, teto e visibilidade horizontal para verificar o impacto operacional nesses aeródromos. Averiguou-se com esse estudo que o aeródromo de Recife recebeu o seu 2º maior índice pluviométrico diário dos últimos 30 anos no dia 13 de junho de 2019, ápice do evento. O aeródromo de Parnamirim sofreu com muitas horas de operação abaixo dos mínimos visuais, prejudicando as operações dos esquadrões de voo, especialmente o Esquadrão Gavião. Constatou-se também que nesse caso houve a previsão das condições com antecedência de 72 horas em relação à carga máxima do evento, ocorrida em 13 de junho de 2019. Estes resultados demonstram a necessidade de estender essa análise para um número maior de ocorrências, e de estudar esse tipo de evento aplicando a técnica de modelagem numérica para que mais casos como esse sejam previstos com antecedência razoável a fim de garantir a economia dos meios e a segurança das operações e da comunidade aeronáutica.

**Palavras - chave:** Distúrbio ondulatório de leste. Aeródromos. NEB. Precipitação

### **ABSTRACT**

This study analyzed the Eastern Wave Disorder (EWD) that affected the east coast of Northeast Brazil (NEB) from June 8, 2019, to June 19, 2019. The EWD originates from the west coast of the African continent and they reach the coast of northeastern Brazil, driven by trade winds from the southeast, presenting a significant mesoscale dimension and a large amount of moisture. When in operation, they can reach important aerodromes in the region, including Recife and Parnamirim, analyzed in this case study. This work intends to measure the operational relevance that an EWD has for the aerodromes of the northeastern east coast. With a descriptive nature and a quantitative approach, the research related the meteorological variables of precipitation, wind direction and speed, wind gusts, ceiling, and horizontal visibility to verify the operational impact on these aero

dromes. It was found with this study that the Recife aerodrome received its 2nd highest daily rainfall in the last 30 years on June 13, 2019, the apex of the event. Parnamirim aerodrome suffered from many hours of operation below visual minimums, hampering the operations of flight squadrons, especially Squadron Gavião. It was also found that in this case, conditions were predicted 72 hours in advance of the maximum load of the event, which occurred on June 13, 2019. These results demonstrate the need to cover this analysis for a larger number of cases, and to study these types of events applying the numerical modeling technique so that more cases like this can be foreseen with reasonably advance in order to guarantee the economy of resources and the safety of the operations and aeronautical community.

**Keywords:** Eastern Wave Disorder. Aerodromes. EWD. Precipitation.

## 1. INTRODUÇÃO

A atmosfera sofre transformações constantemente, não sendo diferente na Região Nordeste do Brasil (NEB). A região é influenciada por diversos sistemas, tais como: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), Distúrbios Ondulatórios de leste (DOL) (SILVA et al., 2010). O trópico é dominado pelos ventos alísios, que sopram das zonas de altas pressões subtropicais em direção ao equador (OLIVEIRA, et. al., 2001). Logo, o NEB é fortemente influenciado pelas alterações sazonais dos alísios. No outono do Hemisfério Sul (entre 22 de março e 21 de junho) a alta do Atlântico Sul inicia sua marcha para o oeste na medida em que se fortalece, apresentando sua máxima intensidade e deslocamento a oeste no inverno (CAVALCANTI, et. al., 2009). Estes fatores explicam o maior transporte de umidade do oceano para o leste nordestino nesta época do ano.

Os DOL são sistemas de escala sinótica cujo comprimento de onda varia de 2000 a 4000 km, possuindo duração média de 1 a 2 semanas (AYOADE, 2012). Ocorrem na

baixa Troposfera Tropical<sup>1</sup>, preferencialmente sobre o leste do Nordeste do Brasil, destacando-se por sua contribuição no regime pluviométrico dessa região, já que geralmente se associam a eventos extremos de precipitação (NEVES; ALCÂNTARA; SOUZA, 2015). Conforme GOMES (2012), os DOL são perturbações oriundas da costa oeste da África que atravessam o oceano Atlântico na faixa equatorial, deslocando-se para oeste e intensificando-se à medida que se aproximam da costa leste do NEB. São orientados pelos ventos alísios que são ventos constantes, pertencentes à região entre as altas subtropicais e a ZCIT, desviados pela Força de Coriolis (FERREIRA, 2006).

Os fenômenos meteorológicos originários das áreas oceânicas (ZCIT, DOL, Ciclones) são formados por muita umidade, e na trajetória de deslocamento desses fenô

---

<sup>1</sup>Baixa Troposfera Tropical: parte inferior da Troposfera terrestre, situada entre o nível da superfície e 11 km de altura. Nas regiões equatoriais pode abranger uma faixa mais larga (até 15 km) devido ao menor volume específico da atmosfera nessa região.

menos há o transporte de uma significativa massa úmida para o interior do continente.

Além disso, segundo TORRES (2008), tais fenômenos são modelados por extensa área de convecção do ar (movimento vertical turbulento) que contribuem para formação de áreas de instabilidade no litoral.

Periódico e inconstante, o DOL normalmente causa efeitos por alguns dias, ocasionando alagamentos e deslizamentos de terra, tendo como resultado perdas materiais e de vidas humanas (SILVA, 2011).

O escopo deste estudo é dimensionar a importância do fenômeno, dando especial atenção às condições meteorológicas impactantes para as atividades de pouso e decolagem nos aeródromos de Parnamirim (SBNT) e Recife (SBRF), localizados nos estados do Rio Grande do Norte e Pernambuco, respectivamente.

A cidade de Parnamirim, onde se localiza o aeródromo de SBNT, é sede de unidades para treinamento e aprimoramento de Oficiais Aviadores da Força Aérea Brasileira (FAB), sendo compostas por esquadrões de Asas Rotativas, Caça e Transporte, os quais dependem de informações meteorológicas do entorno para a realização dos voos com segurança. Trata-se, portanto, de um aeródromo estratégico para a FAB, o que comprova a relevância e a necessidade de informações meteorológicas precisas que contribuam para a segurança operacional desse espaço aéreo.

Recife, onde se situa o Aeroporto Internacional dos Guararapes, é a localidade nordestina de onde mais partem voos que cruzam o oceano para a América do Norte, Europa e África, além de também efetuar rotas intracontinentais para Uruguai, Argentina e Colômbia. Além dessa relevância para voos internacionais, o aeródromo de SBRF é o mais movimentado de toda a região que compreende o Norte e o Nordeste do Brasil, tendo por volta de 80 mil movimentos anuais com base na média dos últimos três anos, conforme o anuário estatístico de tráfego aéreo do Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea (CGNA, 2021). Para tal, além de equipamentos de bordo das aeronaves mais sofisticados, sistemas móveis de navegação e a automação dos sistemas de controle de tráfego aéreo, informações fidedignas de todos os envolvidos com a missão de controle do espaço aéreo brasileiro se tornam uma condição indispensável. Essa perspectiva de gerenciamento exige do serviço de meteorologia informações precisas sobre as características dos fenômenos meteorológicos, sejam observados ou previstos, que possam impactar o fluxo normal do tráfego aéreo na região.

Essas localidades que são o tema do presente estudo, por estarem situadas na costa leste do NEB são frequentemente impactadas por diferentes fenômenos oceânicos provenientes do Atlântico, o que confere a elas a característica de maior quantidade acumulada de precipitação da região no final

do verão e no inverno, aproximadamente 700 a 2500 mm/ano (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A primeira suposição é de que o DOL ocorrido em junho de 2019 tenha impactado consideravelmente os aeródromos escolhidos para essa análise, oscilando os parâmetros meteorológicos como o vento, a precipitação, a nebulosidade e a visibilidade horizontal. Para fazer essa análise foram quantificadas as horas em condições meteorológicas não visuais de cada aeródromo, um dos fatores de maior relevância para o planejamento dos esquadrões de voo em treinamento de Parnamirim, principalmente o de Asas Rotativas, Esquadrão Gavião, que necessita estritamente voar em condições visuais, o que confere a ele uma característica extremamente peculiar.

Já para Recife, as restrições operacionais podem ocasionar prejuízos à malha aérea de todo o NEB, principalmente pelo aeródromo ser estratégico e o de maior movimento na região, inclusive atuando como uma escala importante antes da rota europeia. Por este viés, compreende-se que o impacto operacional à atividade aérea por ter esse aeródromo operando abaixo dos mínimos meteorológicos (MD) ou por condições meteorológicas de voo por instrumentos (IMC) durante muito tempo é significativo, pois eleva o consumo de combustível das aeronaves que necessitam ficar em espera ou até mesmo alcançar um aeródromo alternativo próximo. Para as aeronaves em solo não é

diferente; o fechamento do aeródromo por restrições meteorológicas traz transtornos como atrasos e superlotação dos pátios aeroportuários.

Nesse sentido, o presente trabalho tem seu foco voltado para um dos fenômenos mais impactantes para o tráfego aéreo no NEB, o DOL, destacando o evento ocorrido entre 8 de junho e 19 de junho de 2019, por seu tempo de persistência sobre a região e pelos prejuízos causados às estruturas urbanas, principalmente na cidade de Recife. Dessa forma, há a necessidade de um estudo meteorológico adequado e específico para atender ao emprego do esquadrão de voo em suas atividades aéreas e, por conseguinte, contribuir também para o fomento de mais estudos dedicados à região, aprimorando os modelos numéricos de previsão meteorológica que necessitam constantemente de inserção de novos dados e parâmetros, indispensáveis a uma previsão de bom índice e de qualidade.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Distúrbio Ondulatório De Leste**

O Distúrbio Ondulatório de Leste é um fenômeno que vem ocorrendo em várias regiões da faixa tropical, tendo sido estudado há mais de quarenta anos. Consoante Espinoza (1996, p.1), “estes distúrbios foram chamados de ondas de leste e foram encontrados no Pacífico leste e oeste, no Atlântico Norte e na faixa tropical perto da África.”

Figura 1 - Ilustração do deslocamento do DOL e atuação no Brasil



Fonte: SOMAR METEOROLOGIA

GOMES (2012) afirma que as Ondas de Leste são perturbações associadas às Altas Subtropicais do Oceano Atlântico Norte e Sul que se deslocam para oeste com os ventos alísios.

Essas oscilações ocorrem nos campos de pressão e vento, e conforme ESPINOZA (2005), não se descarta que possuam influência sobre o regime de precipitação no NEB, dado que, coincidentemente, as máximas precipitações registradas naquela região ocorreram quando foram detectados DOL deslocando-se de leste para oeste.

## 2.2 Ventos Alísios

São ventos regulares que sopram das altas subtropicais para as regiões de baixas equatoriais, desviados pela Força de Coriolis. Nesse sentido, sopram de Este - Nordeste no Hemisfério Norte, e de Este- Sudeste no Hemisfério Sul. Há, portanto, uma região de convergência desses ventos nas latitudes equatoriais, originando a Zona de Convergência Intertropical.

Dentro de um conceito de circulação geral, esses ventos impulsionam importantes

fenômenos da interação oceano – continente, como monções e ciclones, garantindo-lhes severidade em sua ocorrência.

## 2.3 Zona De Convergência Intertropical

A ZCIT é um sistema de escala planetária, definido como uma zona de confluência dos ventos alísios que ocorre nas proximidades da linha do equador. Zona limítrofe que separa as massas de ar dos Hemisférios Sul e Norte. A convergência dessas correntes de ar é evidente, geralmente sobre os oceanos, considerando-se o termo ZCIT mais apropriado para essa área quando colocado sobre o oceano (AYOADE, 2012).

De acordo com CARVALHO (2013), na região sob atuação da ZCIT é constatada a presença de aglomerados convectivos, sendo considerado um dos principais mecanismos para o aquecimento atmosférico através, principalmente, da liberação de calor latente e pela interação entre a radiação solar e a nebulosidade.

## 2.4 Força de Coriolis

De acordo com FERREIRA (2006), a

Força de Coriolis é uma força aparente, por meio da qual há um desvio para a esquerda objetos em movimento no Hemisfério Sul e para a direita em objetos movendo-se no Hemisfério Norte.

Ela tende a ser nula no Equador e máxima nos polos. Como a Terra está em constante movimento de rotação e o vento desloca-se pela superfície, a Força de Coriolis age diretamente sobre os deslocamentos de ar.

## 2.5 Modelagem Numérica da Atmosfera

A previsão do tempo tem sido cada vez mais utilizada como informação estratégica de planejamento para diversas áreas de atividade aérea, econômica e social. ARAVEQUIA E QUADRO (2003) afirmam que o avanço tecnológico e a evolução da capacidade computacional de processamento para gerar informações de previsão de tempo e clima para os interesses nacionais ajudaram no desenvolvimento das técnicas de modelagem numérica para o processamento da atmosfera.

Ainda segundo Aravequia e Quadro (2003, p. 6), “a previsão numérica do tempo tem sua origem na possibilidade da integração no tempo das equações diferenciais governantes da atmosfera, que é tratada como um fluido contínuo”.

Os modelos numéricos de previsão do tempo e clima são simulações, ou seja, imitam a atmosfera real e são considerados tão complexos como ela. Nos dias atuais é difícil

imaginar o trabalho da previsão do tempo e do clima sem o auxílio da modelagem numérica, dada a velocidade com que as informações precisam circular para satisfazer às demandas da sociedade.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Localização

As cidades analisadas nesse estudo estão localizadas na região nordeste do Brasil, posicionadas geograficamente nas coordenadas de 08°07'35"S / 34°55'24"W – Recife, no estado de Pernambuco; e de 05° 46' 12" S / 35° 22' 12" W – Parnamirim, no estado do Rio Grande do Norte (Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica - REDEMET, 2021).

Essa localização é estratégica para rotas que ligam o Brasil aos continentes Africano e Europeu. Devido à proximidade com o oceano e por estar em uma faixa do globo que protagoniza importantes fenômenos atmosféricos, faz-se relevante as coordenadas abordadas nesse estudo de caso.

### 3.2 Delineamento da pesquisa

Um trabalho acadêmico possui diversas formas de classificação, sendo crucial para atendimento ao objetivo fim que sua configuração seja adequada aos métodos empregados para a sua execução.

GIL (2002) considera que, em relação aos objetivos gerais, uma pesquisa pode ser naturalmente classificada como: exploratória, descritiva ou explicativa. Pela sua caracterís-

tica, este trabalho configura-se como uma pesquisa descritiva, principalmente por voltar sua atenção para características específicas do fenômeno DOL e relacioná-lo com suas consequências, identificando - o por meio de imagens de satélites realçadas, da faixa do infravermelho (0,75  $\mu\text{m}$  a 1000  $\mu\text{m}$ ), coletadas junto ao Centro de Pesquisas de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC - que receberam uma sucinta descrição subjetiva pelos autores para melhor visualização do fenômeno. Segundo Gil (2002), uma pesquisa descritiva tem como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis, o que corrobora o método empregado neste trabalho.

Quanto à abordagem, define-se esse trabalho como sendo de abordagem quantitativa, por se tratar de um estudo de caso que relaciona diretamente variáveis numéricas de precipitação, velocidade do vento e percentual de horas de operação afetadas nos aeródromos entre os dias 08 e 19 de junho de 2019 às características do fenômeno DOL. Essa definição se fortalece nos estudos de RICHARDSON (1989), que diz que o método quantitativo é frequentemente aplicado nos estudos que procuram descobrir e classificar a relação entre variáveis, os quais propõem descobrir as características de um fenômeno.

Para demonstrar os efeitos do evento meteorológico nas operações aéreas visuais, foram utilizados os dados climatológicos re-

ferentes aos aeródromos de SBNT e SBRF, mais precisamente as informações de precipitação, direção e velocidade do vento, quantidade e altura de nebulosidade diária e, ainda, visibilidade horizontal predominante. Para esses parâmetros, foi feito o levantamento estatístico de dados para o período destacado no mês de junho de 2019, bem como elaborada a comparação dessas mesmas variáveis entre os dois aeródromos, destacando os picos e as possíveis variações ocorridas. Foi feita, ainda, a comparação da quantidade de precipitação com os mesmos períodos de anos anteriores, confrontando valores por meio de gráficos e tabelas e enaltecendo os dados mais significativos.

### **3.3 Procedimentos específicos**

Para essa análise foram utilizados os critérios para confecção de SPECI (observação meteorológica especial), estabelecidos no item 3.1.2 da ICA 105-15 (BRASIL, 2021), Instrução do Comando da Aeronáutica que trata da Operação das Estações Meteorológicas de Superfície (EMS), considerando - se como restrições de condições meteorológicas visuais nos aeródromos as informações de visibilidade horizontal predominante menor que 5000 metros e as informações de nebulosidade que apontarem a altura da base da nuvem abaixo de 1500 pés (450 metros) em céu nublado (BKN) ou encoberto (OVC), conforme classificação de cores meteorológicas para operações militares constantes na letra "c" do item 3.3.3 do Manual de Centro

Meteorológico Militar, MCA 105-1 (BRASIL, 2020).

Os dados meteorológicos de vento, visibilidade e nebulosidade foram coletados e registrados na EMS – 1 do aeródromo de Recife e EMS – 1 do aeródromo de Parnamirim, e estão armazenados no Banco de Dados Climatológicos (BDC) da Subdiretoria de Pesquisa (SDP) do Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), situado em São José dos Campos. Os dados de precipitação foram obtidos das estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

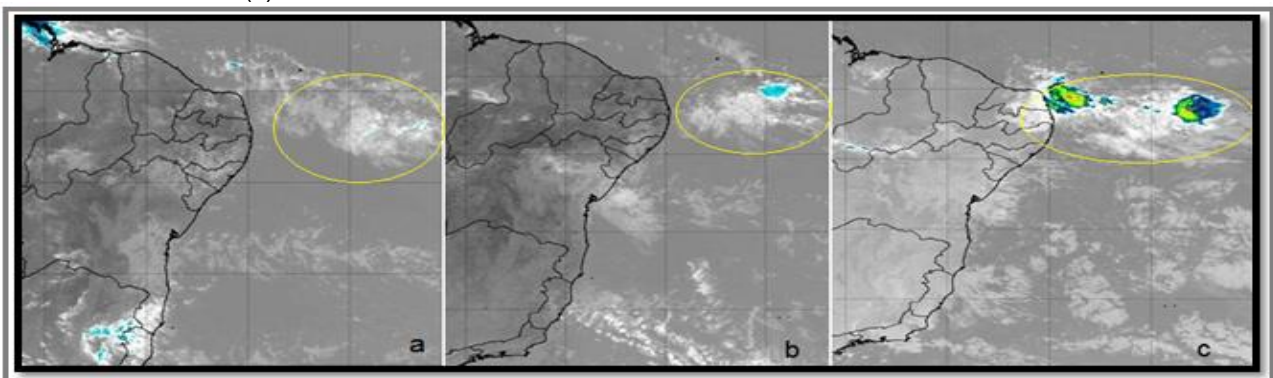
Com a utilização de imagens de satélite associadas aos dados de chuva foi possível investigar o deslocamento da nebulosidade, identificando a origem e a propagação do Distúrbio Ondulatório de Leste em estudo. De forma complementar, há uma

comparação entre o que foi previsto pelos modelos numéricos de tempo com o cenário que foi estabelecido com a passagem do sistema.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar as imagens de satélite do período selecionado, é possível observar no dia 08 de junho de 2019 o início da configuração da nebulosidade tipo escudo de nuvens a 450 quilômetros da costa do NEB, como indicado na figura 2a, das 1800Z. Com o passar dos dias a formação seguiu deslocando-se para oeste, intensificando-se, até apresentar seus primeiros efeitos sobre a costa nordestina, conforme demonstra a sequência das figuras 2b e 2c, dos dias 09 e 10 de junho de 2019, respectivamente.

Figura 2: Imagem de satélite Infravermelha (IR) dos dias: 08/06/19 às 1800Z (a), 09/06/19 às 1500Z (b) e 10/06/19 às 0800Z (c).



Fonte: CPTEC

Acompanhando o sistema no dia 10 (figura 2) pelas imagens e checando paralelamente os informes horários (METAR) das localidades, verificou-se que a quantidade de nebulosidade aumentou às 0100Z deste dia, no aeródromo de Recife – figura 3. Em Par-

námirim houve um aumento significativo das restrições de teto e visibilidade, conforme figura 4, tendo em vista que às 0800Z os informes apontaram esta degradação, corroborando o que se percebe na intensificação de cores do sistema (figura 2c).



Figura 3 - Sequência de METAR – Recife – 10.06.2019

```

METAR SBRF 100000Z 15011KT 9999 SCT024 28/22 Q1016=
METAR SBRF 100100Z 15011KT 9999 SCT025 SCT100 27/22 Q1016=
METAR SBRF 100200Z 15010KT 9999 SCT025 BKN100 27/22 Q1015=
METAR SBRF 100300Z 20005KT 170V240 9999 SCT025 BKN100 26/22 Q1015=
    
```

Fonte: REDEMET

Figura 4 - Sequência de METAR – Parnamirim – 10.06.2019

```

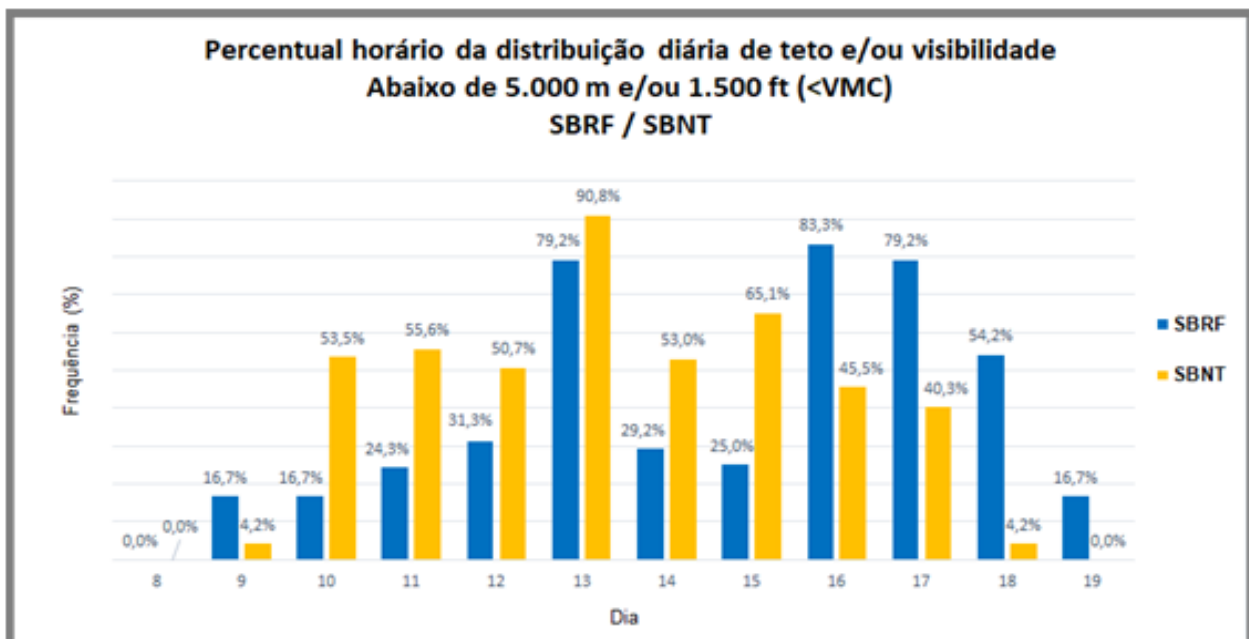
METAR SBNT 100800Z 18007KT 9999 SCT015 SCT023 23/22 Q1013=
METAR SBNT 100900Z 15007KT 3000 +RA BKN007 BKN020 FEW030TCU 23/22 Q1015=
METAR SBNT 101000Z 16009KT 3500 -RA BKN005 SCT011 FEW030TCU 23/22 Q1015 RERA=
METAR SBNT 101100Z 15014KT 6000 -RA FEW005 SCT011 FEW030TCU BKN080 24/22 Q1015=
    
```

Fonte: REDEMET

O gráfico plotado na figura 5 mostra o aumento das restrições de condição de teto e visibilidade dos dois aeródromos neste dia, assim como durante todo o restante do período analisado após a chegada do evento ao NEB. Calculando a média aritmética diária de

cada aeródromo operando em condições abaixo do VMC durante o período de atuação do DOL, SBNT operou nessas condições por 9 horas e 15 minutos/ dia, enquanto SBRF operou abaixo do VMC por 9 horas e 7 minutos/ dia.

Figura 5 - Percentual das restrições por teto e/ou visibilidade – 08 a 19/ jun – aeródromos de Recife e Parnamirim

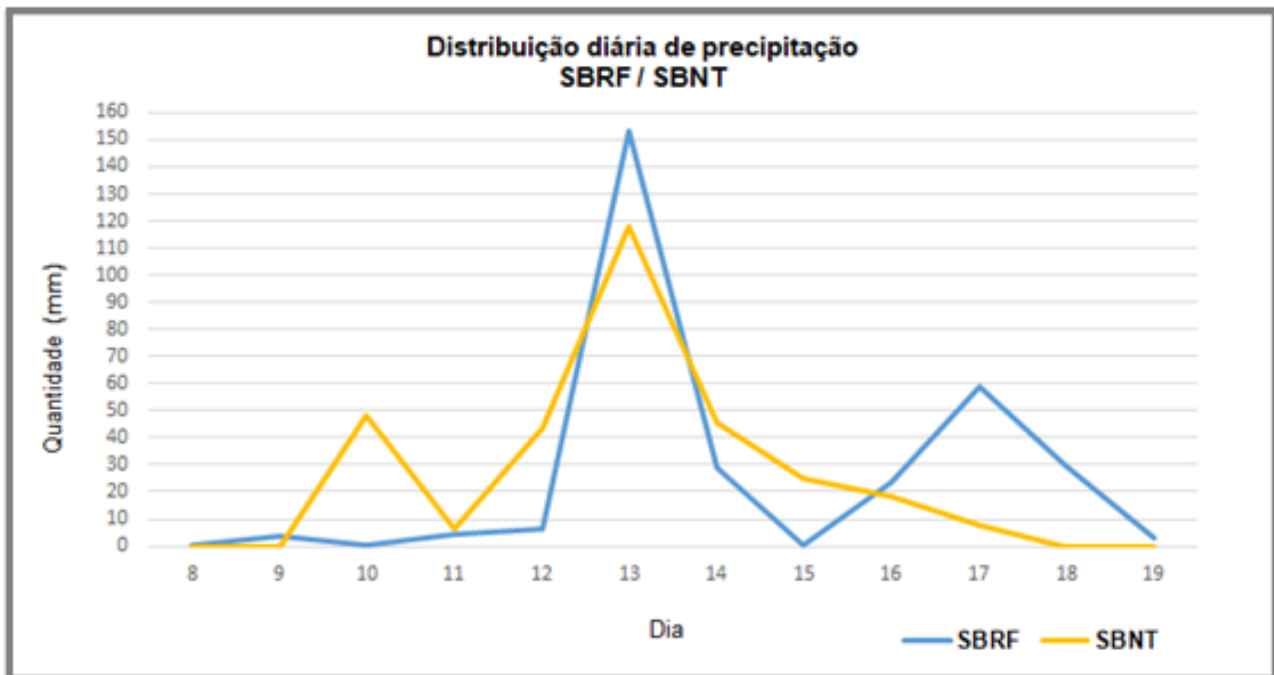


Fonte: Os Autores

As imagens já anunciavam um incremento das camadas de nuvens médias (Altostratos e Altocúmulos em escudo de nuvem) e nuvens baixas na costa litorânea, incluindo os aeródromos Recife e Parnamirim. Esse aumento foi acompanhado de nuvens convectivas e pancadas de chuva nas vizinhanças, sinalizando para um tempo instável com precipitações duradouras com possíveis restrições. A partir desse horário as cidades de Recife e Parnamirim tiveram mudanças con-

sideráveis no tempo e passaram da normalidade para um tempo instável acompanhada de chuvas torrenciais e contínuas, características intrínsecas do fenômeno DOL. Conforme o gráfico, a precipitação se iniciou no dia 8 em Recife, de forma leve, e dia 10 em Parnamirim com bastante intensidade (figura 6). Em ambos os aeródromos houve incrementos de nebulosidades médias e baixas na sequência, conforme imagens de satélite supracitadas (figura 2).

Figura 6 - Precipitação diária – 08 a 19 – SBRF e SBNT.



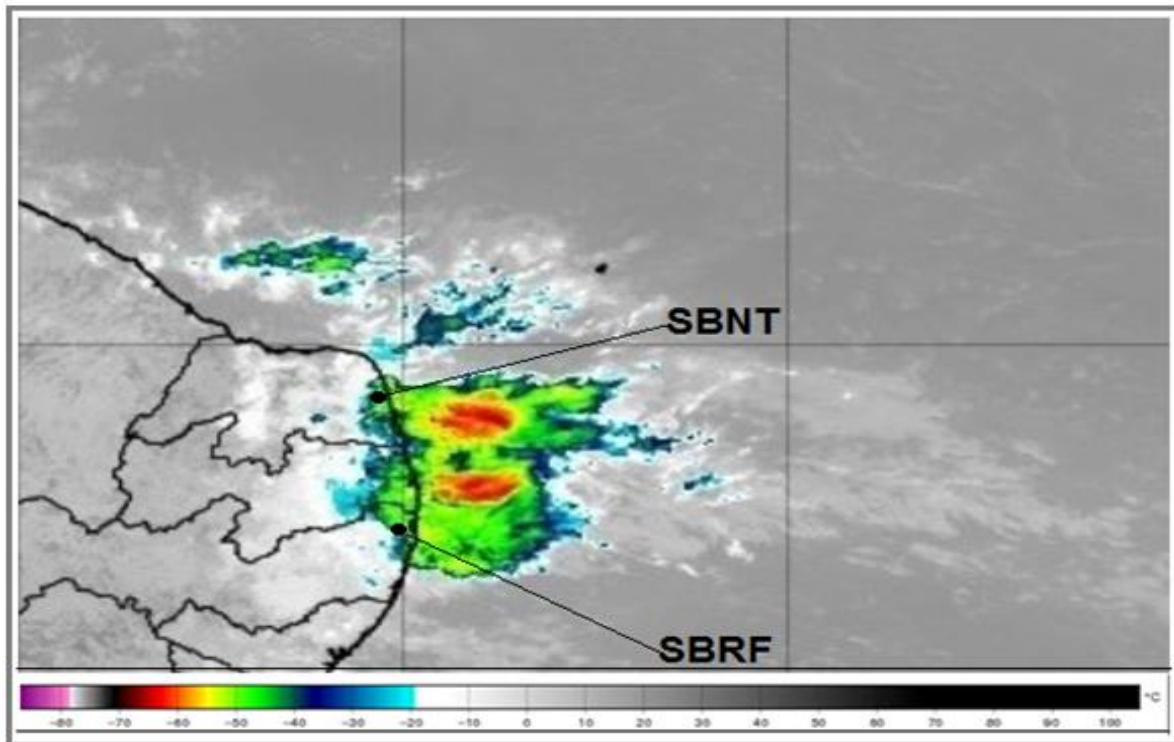
Fonte: Os Autores

Nos dias subsequentes ao início do evento, dias 11 e 12 de junho, a precipitação se manteve, porém, oscilando de leve à moderada, com intervalos de ausência de chuva e constante cobertura de nuvens, fazendo com que as restrições nos aeródromos fossem intermitentes, porém, prejudicando da mesma maneira as operações visuais.

O ápice do evento ocorreu no dia 13, onde a precipitação alcançou 153,2 milímetros (mm) em 24 horas de chuva em Recife, volume que atingiu o 2º maior valor histórico em 30 anos para o mês de junho, conforme histórico de precipitação das estações meteorológicas de superfície, exposto na tabela 1.

Na imagem de satélite (figura 7) do dia 13 de junho observaram-se áreas com núcleos convectivos bem ativos e persistentes no litoral, que fizeram aumentar acima da média o potencial de chuvas e ventos fortes e constantes (indícios de severidade com topos de nuvens muito frios, com cerca de -70 °C, conforme legenda de cores). A partir do dia 13, tanto o aeródromo de Recife como o aeródromo de Parnamirim apresentaram índices pluviométricos muito acima da média e vários dias de chuva contínua, acumulando respectivamente até o final do dia dezoito de junho de 2019, 312,8 mm e 312,4 mm de precipitação, conforme observado na figura 6.

Figura 7 - Imagem de satélite infravermelha (IR) do dia 13/06/19 às 1530Z



Fonte: CPTEC.

Tabela 1 – Relação dos 10 maiores índices do acúmulo de precipitação diária para Recife no mês de junho dos últimos 30 anos.

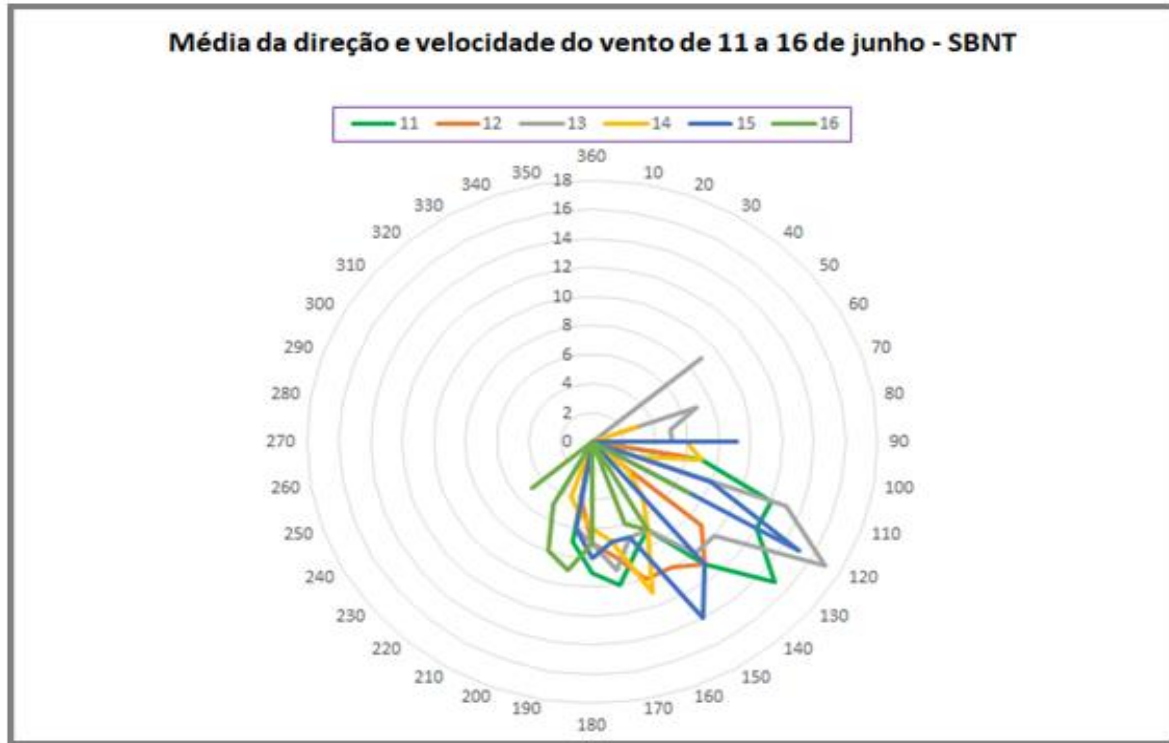
29/06/1990	162,8
<b>13/06/2019</b>	<b>153,2</b>
18/06/2010	149,7
20/06/1994	146
29/06/2015	139,3
04/06/2012	136,5
14/06/2012	121,8
17/06/2010	116,4
17/06/2004	113,2
12/06/2009	109,7

Fonte: Os Autores

Observando ainda a figura 7 é possível destacar a extensão do fenômeno, verificando o alcance latitudinal do escudo de nuvem que se estende de Recife a Parnamirim, estimado em 300 km de amplitude, assim como sua extensão longitudinal, cerca de 330 km, com elevada intensidade e predomínio de nuvens do tipo TCU e ausência de nuvens CB, caracterizando excessivas pancadas de chuva. Desse modo, constata-se a persistência e severidade do DOL em um curto período de tempo para uma grande faixa do NEB.

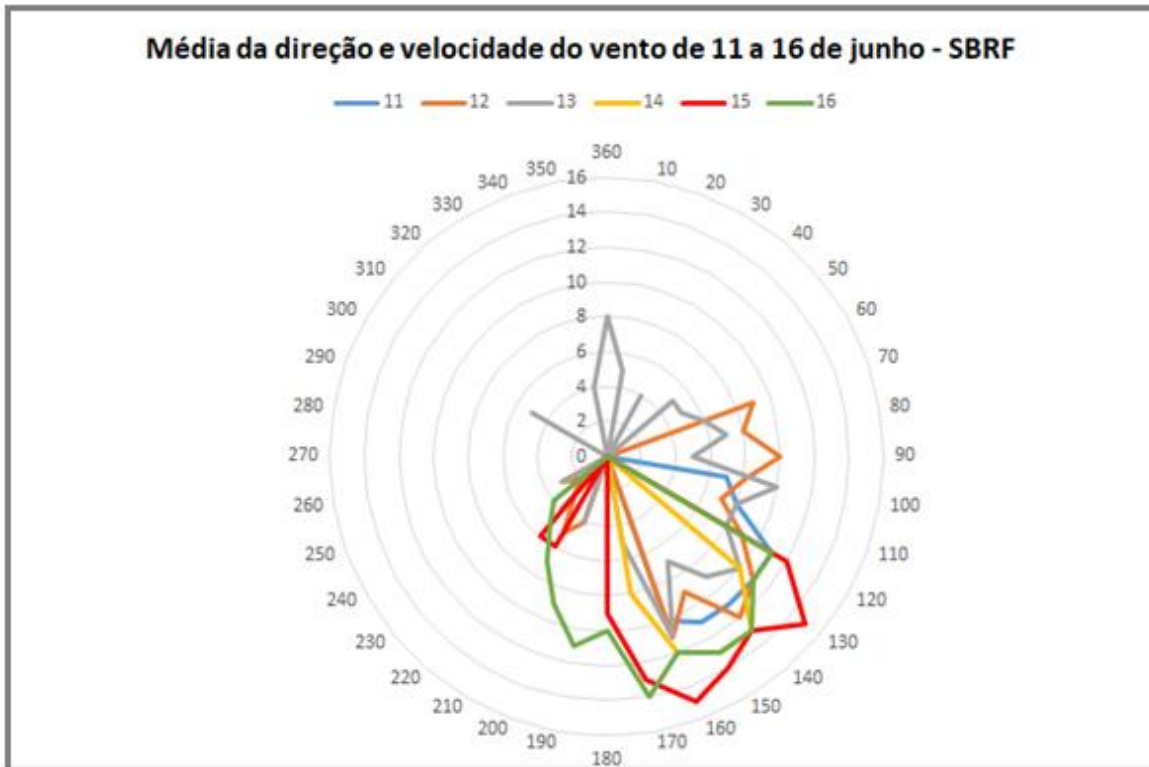
Com a análise do gráfico de vento médio diário para o mês de junho de ambos os aeródromos foi possível identificar para este evento (DOL) que os ventos se mantiveram na componente leste/sudeste (E/SE), acompanhando os alísios. Conforme representado nas figuras 8 e 9, visualiza-se que as direções do vento seguiram o padrão dos ventos da região. No entanto, houve rajadas de vento com velocidades muitas vezes acima da média para dias sem a influência de fenômenos meteorológicos sazonais.

Figura 8 - Distribuição de frequências da direção e velocidade do vento em nós (kt) em superfície - SBNT - jun/19



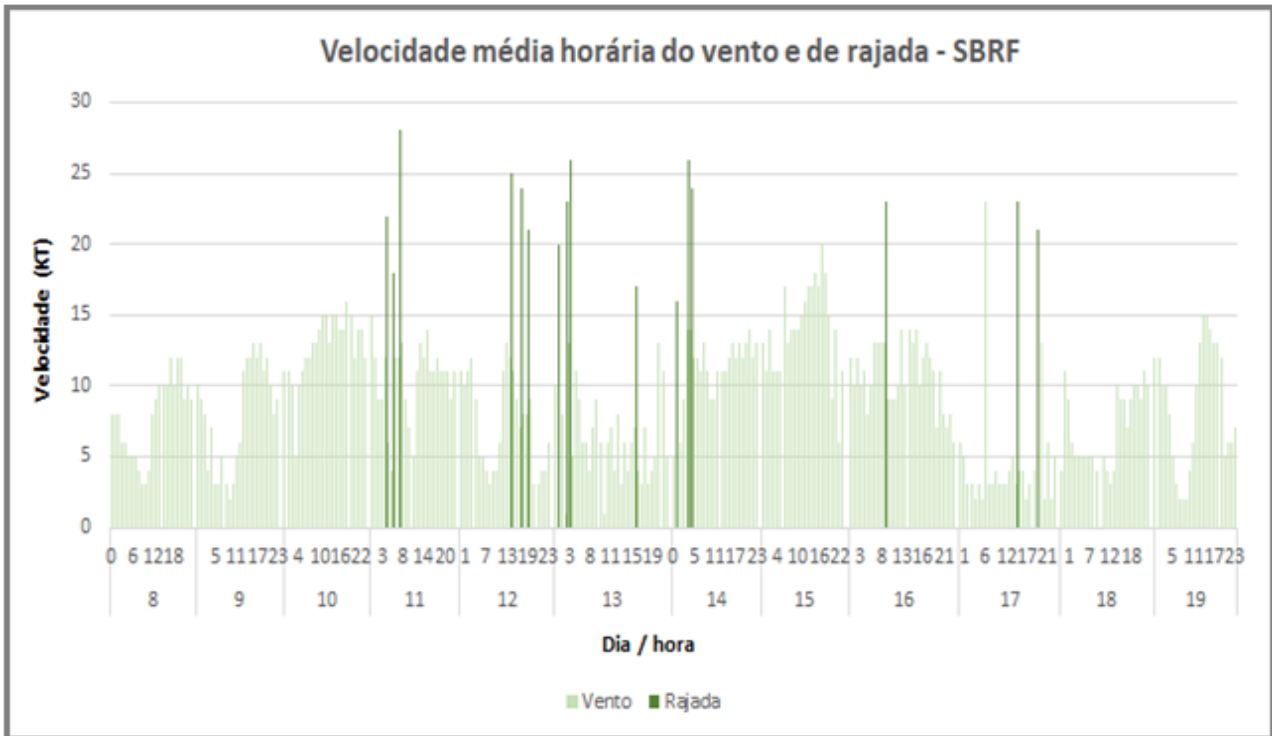
Fonte: Os Autores

Figura 9 - Distribuição de frequências da direção e velocidade do vento em nós (kt) em superfície - SBRF - jun/19



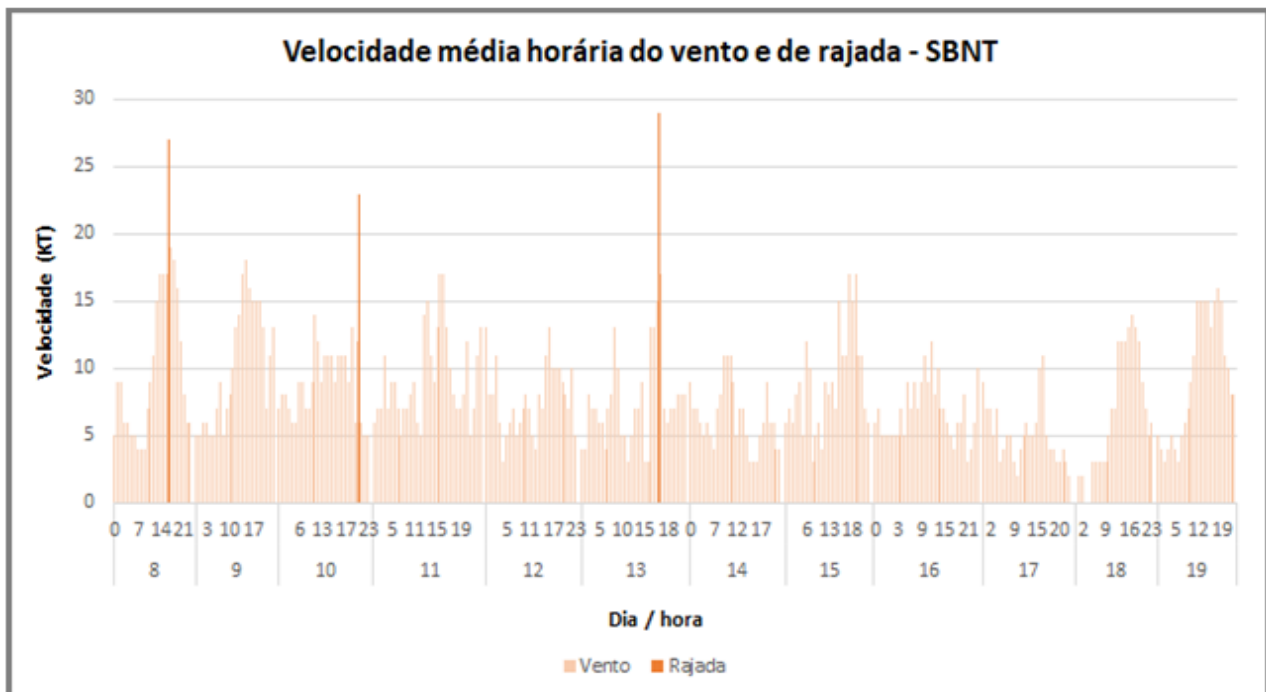
Fonte: Os Autores

Figura 10 - Distribuição horária da frequência de vento e de rajadas de vento em nós (kt) – Recife.



Fonte: Os Autores

Figura 11 - Distribuição horária da frequência de vento e de rajadas de vento em nós (kt) – Parnamirim.



Fonte: Os Autores

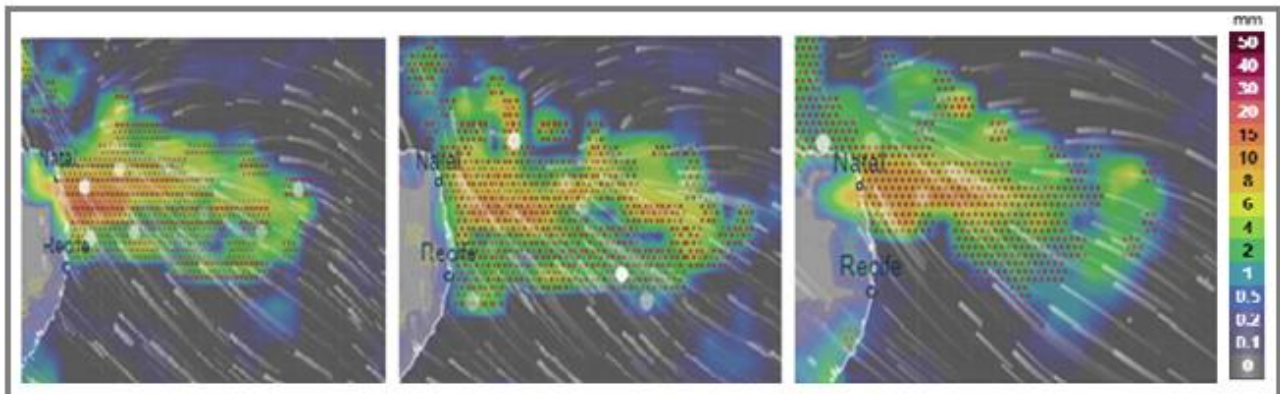
Foram considerados como vento de rajada os ventos cujas velocidades atingiram uma diferença de 10 nós (kt) ou mais em relação ao vento médio. No aeródromo de SBRF, entre os dias 11 e 14, foi identificado um total de 4 a 8 picos de ventos de rajada com velocidades superiores a 20 kt (figura 10) e uma variação no vento superior a 90° dentro do mesmo dia. Já em SBNT as rajadas atingiram aproximadamente de 29 kt no dia 13 (figura 11), o que contribuiu fortemente, em ambas as localidades, para estragos e transtornos às operações aéreas locais, aos aeródromos e às estruturas urbanas. Os ventos tiveram comportamentos distintos nas observações realizadas antes, durante e depois da passagem do evento meteorológico. Segundo a análise, os ventos nos dias que antecederam a chegada do fenômeno se mostraram fortes e regulares, com picos de rajadas ao longo do dia. No dia 13, ápice das

restrições com maiores índices de precipitação, os ventos se comportaram mais brandos, porém com velocidades constantes. Nos dias posteriores ao ápice do evento (dias 15 e 16) houve uma variação um pouco maior na direção do vento, com ligeira queda nas velocidades, principalmente a partir do dia 16.

Por serem cidades litorâneas, sofrem muita influência do mar, portanto, ventos fortes no litoral associados ao mau tempo colaboram para uma maior agitação das ondas e como consequência desta, inundações do meio urbano nas adjacências da orla. Há de se ter, por este fato, maior atenção às operações aéreas próximas quando da ocorrência desses ventos mais intensos nas cercanias do litoral.

Interessante constatar que no dia 10 os modelos de previsão numérica já previam esse cenário de DOL no NEB para o dia 13 próximo, conforme demonstra a figura 12.

Figura 12 - Sequência de imagens do modelo GFS – 10/jun/19



Fonte: VENTUSKY

Através das definições fornecidas por FERREIRA (2006), observa-se pelo modelo um escudo de nuvem proeminente na costa nordestina, tendo na coloração avermelhada

ao centro a porção mais significativa do fenômeno. Com o modelo, foi possível prever as possíveis áreas que seriam impactadas por condições adversas, simultaneamente, em três importantes capitais (Natal, João

Pessoa e Recife).

Verifica-se ainda, o fluxo de vento convergindo para a porção central do sistema, região de baixa pressão com convergência de ventos direcionados para a região de maior severidade do fenômeno.

Para esse estudo de caso especificamente, a “janela de tempo” foi suficiente para o modelo prever com assertividade as condições meteorológicas que estavam por vir.

## 5. CONCLUSÕES

Nesse estudo foi analisado o impacto operacional que uma ocorrência de Distúrbio Ondulatório de Leste causou em dois importantes aeródromos da Região Nordeste do Brasil dentro de um mesmo espaço temporal. Na comparação entre as variáveis inclusas no estudo, verificou-se que a atuação do DOL a partir de 8 de junho de 2019 trouxe um acumulado praticamente igual de horas de condições meteorológicas não visuais em SBNT (9 horas e 15 minutos/ dia), na comparação com SBRF (9 horas e 7 minutos).

Na análise do comportamento do fenômeno, destacaram - se os efeitos produzidos pelo DOL ao aproximar-se do litoral nordestino nos dias 10 e 11, em que os primeiros contatos do distúrbio com o continente causaram degradação meteorológica em um período maior que 50% do total de horas de operação do aeródromo de SBNT devido a restrições de teto e/ ou visibilidade, e produziram rajadas de vento de até 29 kt em SBRF, embora apresentando menor relevância so-

bre as condições VMC desta localidade.

No dia 13 de junho de 2019, o aumento de nebulosidade acompanhado de precipitação degradou simultaneamente os dois aeródromos alvos desse estudo. Ao analisar o gráfico de precipitação desse mesmo dia, destacou - se o elevado índice de precipitação nas duas localidades, tendo alcançado em Recife o segundo maior índice pluviométrico diário para o mês de junho dos últimos trinta anos, com 153,2 mm em 24 horas de chuvas torrenciais.

Em SBNT, as condições meteorológicas visuais ficaram comprometidas durante 90% do dia por teto e/ ou visibilidade horizontal. Além disso, houve vento com variação superior a 90° dentro do mesmo dia, apresentando rajadas que aproximaram dos 30 kt.

Durante o período de observação do fenômeno nos aeródromos em estudo, foram contabilizados 312,4 mm de precipitação em SBNT e 312,8 mm em SBRF, reforçando as hipóteses de que haveria impacto operacional muito considerável em ambos os aeródromos e também a ideia de que haveria intensificação de todos os parâmetros analisados.

Por outro lado, não se confirmou a hipótese de que SBRF teria mais restrições meteorológicas visuais, já que SBNT apresentou um percentual médio de horas sem VMC superior a SBRF, principalmente devido à visibilidade horizontal afetada pela precipitação em pancadas fortes oriundas de nuvens cumuliformes que se desenvolveram nos arredores do Estado do Rio Grande do



Norte.

Dito isto, ficou claro que o DOL tem relevância sobre as condições de tempo do NEB, por se tratar de um fenômeno com capacidade para provocar variações importantes na direção e velocidade do vento, aumento de nuvens e elevados índices pluviométricos.

Por conseguinte, é possível concluir que, para a aviação, um cenário como esse traz um risco operacional muito grande, pois além da restrição do espaço aéreo do NEB durante várias horas, os acumulados de precipitação associados ao vento variável e com rajadas são potencialmente perigosos para as aeronaves e para as instalações dos aeródromos, o que pode gerar atrasos, desvios e incidentes, implicando em transtornos aéreos, econômicos e sociais.

## **6. Sugestões para trabalhos futuros**

Sugere-se para trabalhos futuros um estudo que englobe as rotas aéreas mais comuns do NEB durante um evento de DOL, com análise das mensagens meteorológicas de vigilância observadas e previstas durante a ocorrência do fenômeno e a verificação do impacto operacional deste na execução dessas rotas, por meio de um levantamento estatístico da quantidade de desvios executados versus frequência na região atingida.

**REFERÊNCIAS**

- ARAVEQUIA, J. A., QUADRO, M. F. L. **Aspectos gerais da previsão numérica de tempo e clima**. INPE, São José dos Campos, 2003.
- AYOADE, J.O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 16ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2012.
- BANCO DE DADOS CLIMATOLÓGICOS (Site clima). Sistema de Geração e Disponibilização de Informações Climatológicas. Disponível em: <https://www.clima.icea.gov.br/clima/>. Acesso em: 26 fev. 2021.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA. **Estações Meteorológicas de Superfície - ICA 105-15**. Rio de Janeiro. 2021.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA. **Manual de Centro Meteorológico Militar - MCA 105-1**. Rio de Janeiro. 2020.
- CARVALHO, M.A.V. **Variabilidade da largura e intensidade da Zona de Convergência Intertropical Atlântica: aspectos observacionais**. Revista Brasileira de Meteorologia. v. 28, n. 3, p.305-316, 2013.
- CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; DIAS, M. A. F. S.; SILVA, M. G. A. J. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 463p.
- CGNA. **Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo**. Disponível em: <https://www.portal.cgna.gov.br/resources>. Acesso em 30 abr. 2021.
- CPTEC. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**. Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/home/index.jsp>. Acesso em 02 ago. 2021.
- ESPINOZA, E. **Distúrbios nos Ventos de Leste no Atlântico Tropical**. São José dos Campos, INPE, 1996.
- ESPINOZA, E. **Distúrbios Ondulatórios de Leste na Região Tropical**. São José dos Campos, INPE, 2005.
- FERREIRA, A.G. **Meteorologia Prática**. São Paulo: Oficina de textos, 2006. 223p.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GOMES, H. B. **Distúrbios Ondulatórios de Leste: Climatologia e Modelagem Numérica**. São Paulo, 2012.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2007. 206p.

NEVES, D. J. D.; ALCÂNTARA, C. R.; SOUZA, E. P. **Estudo de Caso de um Distúrbio Ondulatório de Leste sobre o Estado do Rio Grande do Norte – Brasil**. Campina Grande, 2015.

**Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica – REDEMET**. Disponível em: [www.redemet.aer.mil.br](http://www.redemet.aer.mil.br). Acesso em: 15 mar. 2021.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1989.

SILVA, B. F. P. **Contribuição dos Distúrbios Ondulatórios de Leste para a chuva no Leste do Nordeste do Brasil: evolução sinótica média e simulações numéricas**. São Paulo, 2011.

**SOMAR METEOROLOGIA**. Disponível em: <http://www.somarmeteorologia.com.br/institucional/>. Acesso em 16 jun. 2021.

TORRES, R. R. **Análise e Modelagem dos Distúrbios Ondulatórios de Leste que atuam na Costa Leste do Nordeste do Brasil**. 2008, 130p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008.

**VENTUSKY**. Disponível em <https://www.ventusky.com/>. Acesso em 06 ago. 2021.