



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**INSTITUTO DE GEOGRAFIA, DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE**  
**CURSO DE GEOGRAFIA BACHARELADO**

**Henrique Andreão Neto**

**IMPLICAÇÕES DO NEVOEIRO NAS OPERAÇÕES AÉREAS NO AEROPORTO**  
**INTERNACIONAL DE MACEIÓ, ZUMBI DOS PALMARES**

**Maceió, Alagoas**

**2020**

**HENRIQUE ANDREÃO NETO**

**IMPLICAÇÕES DO NEVOEIRO NAS OPERAÇÕES AÉREAS NO AEROPORTO  
INTERNACIONAL DE MACEIÓ, ZUMBI DOS PALMARES**

Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Bacharel em Geografia, pelo Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal de Alagoas.

Orientador (a): Profa. Dra. Kallianna Dantas Araujo

Maceió, Alagoas

2020

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**INSTITUTO DE GEOGRAFIA, DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE**  
**CURSO DE GEOGRAFIA BACHARELADO**

Henrique Andreão Neto

**IMPLICAÇÕES DO NEVOEIRO NAS OPERAÇÕES AÉREAS NO AEROPORTO**  
**INTERNACIONAL DE MACEIÓ, ZUMBI DOS PALMARES**

Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Bacharel em Geografia, pelo Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal de Alagoas.

Aprovado em 30 de outubro de 2020.

**BANCA EXAMINADORA:**



Profa. Dra. Kallianna Dantas Araujo

Orientadora



MS. Anselmo Manoel dos Santos

Membro externo



Profa. Dra. Nivaneide Alves de Melo Falcão

Membro interno

Maceió, Alagoas

2020

**Catálogo da fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 - 1767

A556i

Andreão Neto, Henrique.

Implicações do nevoeiro nas operações aéreas no Aeroporto Internacional de Maceió, Zumbi dos Palmares / Henrique Andreão Neto. - 2020.

56 f.: il. color.

Orientadora: Kallianna Dantas Araujo.

Monografia (trabalho de conclusão de curso em Geografia: Bacharelado) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente. Maceió, 2020.

Bibliografia: f. 44-48.

Apêndices: f. 50-56.

1 Visibilidade baixa. 2 Pousos e decolagens. 3 Aeroporto de Maceió. 4 Condições Climáticas. I. Título.

CDU: 911.2:551.575

A toda minha família, principalmente aos meus pais e noiva, nessa mesma ordem, Maria, Libório e Tamiris, por terem me apoiado durante a longa jornada que foi o curso. Aos amigos do IGDEMA, UFAL, que sempre estiveram disponíveis nos momentos mais precisos, em especial à professora e orientadora Dra. Kallianna Dantas Araujo.

Dedico.

## **Agradecimentos**

A Deus, por ter abençoado a longa jornada que foi o curso e sempre ter dado força para continuar.

Aos meus pais, noiva, parentes e amigos mais próximos, pela dedicação em apoiar e incentivar com muito carinho e preocupação.

Aos professores e funcionários do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente (IGDEMA) da UFAL, que contribuem com a qualidade de ensino deste Instituto.

Aos membros da banca examinadora, pela disponibilidade e contribuições nesse momento especial.

Aos colegas de trabalho da Azul Linhas Aéreas, que apoiaram e colaboraram em diversos momentos possibilitando um contínuo exercício do curso.

Ao amigo Angelo Wilson Lima de Andrade, controlador de tráfego aéreo do Destacamento de Controle do Espaço Aéreo: Maceió (DTCEA-MO), que colaborou com acesso aos dados meteorológicos obtidos junto ao ICEA e, em seu nome, a todos os servidores que colaboraram indiretamente.

À amiga Edja Lima de Andrade Belo, pela consideração e longa disponibilidade profissional, possibilitando uma tranquila continuidade do curso.

Em especial, à professora Dra. Kallianna Dantas Araujo, que com excelência profissional, colaborou grandemente à construção deste trabalho.

## RESUMO

ANDREÃO NETO, H. **Implicações do nevoeiro nas operações aéreas no Aeroporto Internacional de Maceió, Zumbi dos Palmares.** Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, UFAL, Outubro de 2020. 56 f.il. Trabalho de Conclusão do Curso de Geografia Bacharelado. Orientadora: Profa. Dra. Kallianna Dantas Araujo.

O estudo das implicações de nevoeiro nas operações aéreas contribui para a segurança de voo e melhorias aos serviços de transporte aéreo. As restrições de visibilidade provocadas por formações de nevoeiros prejudicam as operações aéreas, causando prejuízos aos envolvidos, notadamente no Aeroporto de Maceió que recebe significativo número de turistas, movimentando a economia Alagoana. O objetivo do trabalho foi analisar a frequência de formação de nevoeiros no Aeroporto Internacional de Maceió, Alagoas, Zumbi dos Palmares, e os transtornos que estas ocorrências podem causar às operações aéreas (pousos e decolagens) entre os anos 2007 a 2016. Foi feita uma análise da precipitação pluvial e temperatura do ar do município estudado por meio da elaboração de diagrama ombrotérmico no período 1987 a 2016 utilizando o software RGui; Avaliou-se a frequência de ocorrência de nevoeiro no Aeroporto Internacional de Maceió, Zumbi dos Palmares, entre os anos 2007 a 2016, calculando-se a frequência (%) mensal, com dados obtidos do Instituto de Controle do Espaço Aéreo; Quantificou-se o número de ocorrência de nevoeiro, tempo acumulado de duração (em minutos) e a visibilidade (em metros) do fenômeno, calculando-se o número de ocorrência de nevoeiro mensal, o tempo acumulado de duração (em minutos) mensal e a visibilidade (em metros) mensal e anual, com dados da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica; Foi realizado uma análise dos impactos das restrições das operações aéreas causadas por nevoeiro, que prejudicam passageiros e companhias aéreas, obtendo-se o tempo de atraso de voo através do cálculo das horas reais e previstas das chegadas e partidas de voos, com dados da Agência Nacional de Aviação Civil. Para análise dos dados, utilizou-se a estatística descritiva por meio do software *BrOffice Calc 2.2*. Foram utilizados os dados acumulados (mensais) de ocorrência de nevoeiros, frequência, média aritmética e correlação. No município Rio Largo, Alagoas, predomina o período chuvoso, com precipitação superior a 100 mm durante seis meses, e somente dois meses secos; A relação entre ocorrência de nevoeiro e precipitação pluvial (mm) é diretamente proporcional, porém as relações da temperatura do ar (°C) e distância de visibilidade (em metros) são variáveis à ocorrência de nevoeiro. No Aeroporto Internacional de Maceió, Zumbi dos Palmares, apresenta baixa frequência de ocorrência de nevoeiro. No entanto, este fenômeno causa impactos nas operações aéreas deste aeroporto, o que gera atrasos e cancelamentos de voos regulares, e prejudicam passageiros e companhias aéreas, com transtornos socioeconômicos aos envolvidos. A contribuição científica deste trabalho às atividades aeronáuticas acerca da influência da Climatologia no Aeroporto Internacional de Maceió, Zumbi dos Palmares, visa demonstrar aos tomadores de decisão possíveis impactos socioeconômicos causados por ocorrência de nevoeiro, sendo necessária a continuação de estudos visando atualizar os períodos das hipóteses desta pesquisa, visto que este trouxe informações meteorológicas do interstício 2007 a 2016. Recomenda-se, a fim de mitigar impactos que causem transtornos às operações aéreas, analisar outros fenômenos meteorológicos para obtenção de resultados complementares e investimentos em equipamento de auxílio à aproximação para pouso mais eficientes em condições restritas de visibilidade.

**Palavras-chave:** Visibilidade baixa, Aviação Civil, Pousos e Decolagens, Condições Climáticas.

## ABSTRACT

ANDREÃO NETO, H. **Implications of fog on air operations at Maceió International Airport, Zumbi dos Palmares.** Institute of Geography, Development and Environment, UFAL, October 2020. 56 f.il. Conclusion of the Geography Bachelor Degree. Advisor: Profa. Dr. Kallianna Dantas Araujo.

The study of the implications of fog for air operations contributes to flight safety and improvements to air transport services. Visibility restrictions caused by fog formation affect air operations and can cause damage to those involved, notably at Maceió Airport, which receives a significant number of tourists, driving the economy of Alagoas. The objective of the work is to analyze the frequency of fog formation at the Airport of Maceió, Alagoas, Zumbi dos Palmares, and the disturbances that these occurrences can cause to air operations (landings and takeoffs) between the years from 2007 to 2016. A survey analyzed rainfall and air temperature in the municipality studied by drawing up an ombrothermal diagram from 1987 to 2016 using the RGui software; The frequency of the occurrence of fog at the International Airport of Maceió, Zumbi dos Palmares, was evaluated between the years 2007 to 2016, calculating the monthly frequency (%), with data obtained from the Air Space Control Institute; The number of fog occurrences, cumulative duration time (in minutes) and the visibility (in meters) of the phenomenon were quantified by calculating the number of monthly fog occurrences, the cumulative duration time (in minutes) monthly and monthly and annual visibility (in meters), with data from the Meteorology Network of the Air Force Command; The analysis of the impacts of air operations restrictions caused by fog was carried out, which affect passengers and airlines, obtaining the flight delay time by calculating the actual and estimated flight arrival and departure times, with data from the Civil Aviation National Agency. For data analysis, descriptive statistics were used using the BrOffice Calc 2.2 software. Accumulated (monthly) data on the occurrence of fog, frequency, arithmetic mean and correlation were used. At the Rio Largo municipality, Alagoas, the rainy period predominates, with precipitation greater than 100 mm for six months, and only two dry months; The ratio between the occurrence of fog and rainfall (mm) is directly proportional, but the relationship of air temperature (°C) and distance of visibility (in meters) are variable with the occurrence of fog. By analyzing a ten-year period, it's inferred that Maceió International Airport, Zumbi dos Palmares, has a low fog occurrence. However, this phenomenon has an impact on air operations at this airport, restricting visibility, which generates delays and cancellations for scheduled flights, and harm passengers and airlines, with socioeconomic disorders to those involved. The scientific contribution of this work to aeronautical activities regarding the influence of Climatology at the International Airport of Maceió, Zumbi dos Palmares, aims to demonstrate to decision makers possible socioeconomic impacts caused by the occurrence of fog, requiring the continuation of studies in order to update the periods of the hypotheses of this research, since it brought meteorological information from the interstitium 2007 to 2016. It is recommended, in order to mitigate impacts that cause disruption to air operations, to analyze other meteorological phenomena to obtain complementary results and investments in equipment to aid the approach to landing more efficient in restricted visibility conditions.

**Key words:** Low visibility, Civil Aviation, Landings and Takeoffs, Climatic Conditions

## LISTA DE TABELAS (APÊNDICE)

Tabela A -	Grupo de características meteorológicas de tempo presente.....	50
Tabela B -	Instruções para interpretação de METAR.....	51
Tabela C -	Relatórios meteorológicos (METAR) com ocorrências de nevoeiro no Aeroporto Internacional de Maceió, Zumbi dos Palmares, de 2007 a 2016.....	52
Tabela D -	Histórico de voos impactados com atrasos ou cancelamentos, devido condições meteorológicas no período de 26/07/2007 a 02/06/2016.....	55
Tabela E -	Siglas correspondentes aos dados expressos no apêndice D.....	56

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Aeroporto Internacional de Maceió, Zumbi dos Palmares.....	18
Figura 2 -	Localização da estação meteorológica do Aeroporto Zumbi dos Palmares....	22
Figura 3 -	Estação meteorológica de superfície (A e B) do Aeroporto Internacional de Maceió, Zumbi dos Palmares.....	23
Figura 4 -	Destroços do bimotor PT-REX (A e B), Rio Largo, Alagoas, 2007.....	36
Figura 5 -	Nevoeiro, em 7 de junho de 2018, no Aeroporto de Maceió, Alagoas.....	41

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Diagrama ombrotérmico referente ao município de Rio Largo, Alagoas, no período de 1987 a 2016.....	28
Gráfico 2 -	Número de ocorrência de nevoeiro mensal (A) e Frequência (%) de ocorrência de nevoeiro, mensal (B), no período 2007-2016, Rio Largo, Alagoas.....	30
Gráfico 3 -	Número de ocorrência de nevoeiro comparado à precipitação pluvial (mm) (A); à média da temperatura do ar (°C); e à média de visibilidade (metros) (C) no período 2007 a 2016.....	31
Gráfico 4 -	Frequência de ocorrência de nevoeiro de acordo com as estações do ano, no período 2007-2016, Rio Largo, Alagoas.....	32
Gráfico 5 -	Número de ocorrência de nevoeiro, por ano, no período 2007 a 2016, Rio Largo, Alagoas.....	33
Gráfico 6 -	Precipitação pluvial (mm) (A) total e com meses distribuídos entre os anos (B) no período 2007 a 2016, Rio Largo, Alagoas.....	33
Gráfico 7 -	Tempo, em minutos, de ocorrência de nevoeiro, mensal (A) e Tempo, em minutos, de ocorrência de nevoeiro, por ano (B), no período 2007-2016, Rio Largo, Alagoas.....	35
Gráfico 8 -	Ocorrências de visibilidade e a distância (m), no período de 2007 a 2016...	37
Gráfico 9 -	Voos impactados por condições meteorológicas no período de 2007 a 2016.....	38
Gráfico 10 -	Tempo (horas) de partidas e chegadas atrasadas no período 2007 a 2016....	39
Gráfico 11 -	Número de voos atrasados ou cancelados por companhia aérea (A) e Tempo de partidas e chegadas atrasadas por companhia aérea no período de 2007-2016.....	40

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b> .....	13
1.1.1	Geral .....	13
1.1.2	Específicos .....	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	14
<b>2.1</b>	<b>Sistemas atmosféricos atuantes na região Nordeste</b> .....	14
<b>2.2</b>	<b>Caracterização do Nevoeiro</b> .....	15
<b>2.3</b>	<b>Consequências da formação de nevoeiro sobre as operações aéreas e os impactos socioeconômicos causados</b> .....	17
<b>2.4</b>	<b>Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares</b> .....	18
<b>2.5</b>	<b>METAR (Relatório Meteorológico de Aeródromo)</b> .....	19
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	21
<b>3.1</b>	<b>Caracterização da área de estudo</b> .....	21
3.1.1	Local da pesquisa .....	22
<b>3.2</b>	<b>Método utilizado para caracterização da climatologia do município estudado</b> ..	24
<b>3.3</b>	<b>Método de avaliação da frequência de ocorrência de nevoeiro no Aeroporto Internacional de Maceió, Zumbi dos Palmares entre os anos 2007 a 2016</b> .....	24
<b>3.4</b>	<b>Quantificação do número de ocorrência de nevoeiro, tempo de duração e visibilidade do fenômeno</b> .....	25
<b>3.5</b>	<b>Método de análise dos impactos das restrições nas operações aéreas causadas por nevoeiro, com prejuízos aos passageiros e companhias aéreas</b> .....	26
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	28
<b>4.1</b>	<b>Análise da precipitação pluvial (mm) e temperatura do ar (°C) do município estudado</b> .....	28
<b>4.2</b>	<b>Avaliação da frequência de ocorrência de nevoeiro no Aeroporto Internacional de Maceió, Zumbi dos Palmares entre os anos 2007 a 2016</b> .....	29
<b>4.3</b>	<b>Quantificação do número de ocorrência de nevoeiro, tempo de duração e a visibilidade do fenômeno</b> .....	34
<b>4.4</b>	<b>Análise dos impactos das restrições nas operações aéreas causadas por nevoeiro, com prejuízos aos passageiros e companhias aéreas</b> .....	37
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	43
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	44
	<b>APÊNDICES</b> .....	49

## 1 INTRODUÇÃO

O nevoeiro é um fenômeno meteorológico vinculado, via de regra, à estabilidade atmosférica e obstrui a visibilidade horizontal a menos de 1.000 m, sendo composto por pequenas gotículas de água suspensas próximas à superfície (CABRAL, 1998), causando transtornos diversos aos transportes aéreos e terrestres, pondo em risco até a segurança da vida humana (FEDOROVA et al., 1999). Para Peterssen (1940), os nevoeiros são produzidos devido ao resfriamento do ar em contato com a superfície terrestre e as condições necessárias para ocorrência de nevoeiro são: umidade relativa alta, céu parcialmente ou totalmente limpo e ausência de vento.

Nos aeroportos, a ocorrência de nevoeiros pode dificultar as operações aéreas, pois afeta diretamente a visibilidade, condição necessária para que os pilotos consigam realizar, com segurança, procedimentos de pousos, decolagens e movimentações em solo, como taxiamento e mudanças de pontos de parada no pátio dos aeródromos, de modo a comprometer a segurança de voo e causar prejuízos socioeconômicos, como interrupções de voos programados, de maneira a impactar diretamente passageiros e companhias aéreas. Em maio de 2019, a ocorrência de um nevoeiro no Aeroporto de Viracopos, em Campinas, São Paulo, causou o fechamento do aeroporto das 5h às 10h. Ao considerar chegadas e partidas, foram afetados 69 voos (GLOBO.COM, 2019).

A capital alagoana é considerada o principal destino de turismo nesse estado (VASCONCELOS et al., 2016), tendo o modal aéreo como principal tipo de transporte (GOMES, 2015). A inauguração do Aeroporto Zumbi dos Palmares em Maceió, em 2005, capacitou Alagoas e Maceió a receberem voos internacionais, com significativos retornos para o turismo local e estadual, e encerrou 2018 com recorde na movimentação de passageiros. Foram 2.179.230 viajantes, cerca de 5,4% a mais que o recorde anterior, de 2.067.576, registrado em 2017. A movimentação de aeronaves também registrou alta de 3,3% em 2018 (18.548) ante as 17.955 contabilizadas em 2017 (INFRAERO, 2019).

Ocorrências de nevoeiros nas proximidades do Aeroporto Internacional de Maceió podem afetar as operações aéreas (pousos e decolagens), de modo a prejudicar passageiros e companhias aéreas, com transtornos socioeconômicos. Frente aos impactos causados por este fenômeno, fez-se importante investigar suas ocorrências mais recentes (2007 a 2016), visando dar uma contribuição para tomada de decisões por parte das companhias aéreas e administradores de aeroportos.

Diante deste contexto, foi proposto o seguinte questionamento: qual a frequência de formação de nevoeiros no Aeroporto Internacional de Maceió, Alagoas, Zumbi dos Palmares e os transtornos que estas ocorrências podem causar às operações aéreas e aos passageiros entre os anos 2007 a 2016? Para responder aos questionamentos, foi elaborada a seguinte hipótese: embora pouco frequente, os nevoeiros ocorridos no Aeroporto de Maceió, Zumbi dos Palmares, geralmente restringem as operações aéreas, e causam prejuízos socioeconômicos, como atrasos e cancelamentos de voos, ao interromper pousos e decolagens, com prejuízos aos passageiros e companhias aéreas.

## **1.1 Objetivos**

### 1.1.1 Geral

O objetivo do trabalho foi analisar a frequência de formação de nevoeiros no Aeroporto Internacional de Maceió, Alagoas, Zumbi dos Palmares, e os transtornos que estas ocorrências podem causar às operações aéreas (pousos e decolagens) entre os anos 2007 a 2016. Tendo como objetivos específicos:

### 1.1.2 Específicos

- 1-Analisar a precipitação pluvial e temperatura do ar do município estudado por meio de diagrama ombrotérmico;
- 2-Avaliar a frequência de ocorrência de nevoeiro no Aeroporto Internacional de Maceió, Zumbi dos Palmares, entre os anos 2007 a 2016;
- 3-Quantificar o número de ocorrência de nevoeiro, tempo acumulado de duração (em minutos) e a visibilidade (em metros) do fenômeno;
- 4-Analisar os impactos das restrições das operações aéreas causadas por nevoeiro, com prejuízos aos passageiros e companhias aéreas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Sistemas atmosféricos atuantes na região Nordeste

A região Nordeste do Brasil (NEB), localizada entre os paralelos 1° e 18° S e meridianos 35° e 49° W (RODRIGUES, 1996), recebe influências dos principais sistemas atmosféricos: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), Linhas de Instabilidades (LI), Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs), Brisa Marítima e Brisa Terrestre (FERREIRA et al., 2005).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) pode ser definida como uma faixa de nebulosidade contínua, que circunda toda a faixa equatorial, provocada pela confluência de ventos alísios originados nos hemisférios Norte e Sul, resultando em atividade convectiva intensa e precipitações excessivas, devido umidade fornecida por evaporação marítima e evapotranspiração continental (FERREIRA et al., 2005; MOURA et al., 2012).

Ainda segundo Ferreira et al. (2005), o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) é um conjunto de nuvens, com duração média de 7 a 10 dias, que, visto através de imagens de satélite, assemelha-se a uma circunferência girando em sentido horário, com nuvens e precipitações nas periferias e movimentos de ar descendentes ao centro, aumentando a pressão e inibindo formação de nuvens.

As Linhas de Instabilidade (LI) são faixas de nuvens em forma de linha, comumente do tipo *Cumulus*, que se formam ao longo da costa norte-nordeste sul-americana, causada pela grande incidência de radiação solar sobre a região tropical no período da tarde e início da noite, quando há máxima convecção e consequente precipitação. Outro fator que implica na formação das LI é a proximidade da ZCIT, ocorrido próximo ao equinócio de outono no hemisfério sul (COHEN et al., 2002; FERREIRA et al., 2005).

Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) são aglomerados de nuvens (*Cumulonimbus*) associados às condições locais favoráveis, como relevo, temperatura, pressão atmosférica, dentre outros, que provoca fortes chuvas e curta duração, comumente de forma isolada, acompanhada de rajadas de vento. Apesar do progressivo desenvolvimento no campo da Meteorologia, os CCMs são difíceis de prever, pois não estão associados a nenhum tipo de sistema meteorológico, como frentes frias ou linhas de instabilidade (FERREIRA et al., 2005; VIANA et al., 2009).

Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs), também conhecido como Ondas de Leste, são ondas formadas na faixa tropical do globo terrestre. Deslocam-se de oeste para leste, pelo Oceano Atlântico, desde a costa da África até o NEB, adentrando até, aproximadamente, 100 km no continente (FERREIRA et al., 2005; COUTINHO et al., 2007).

As brisas marítimas e terrestres têm dinâmicas semelhantes. Durante o dia, o continente absorve mais calor, aquecendo-se mais rápido que o oceano, o que causa uma baixa pressão continental e faz os ventos à superfície soprarem do oceano para o continente, os quais são denominados de brisa marítima. Durante a noite, porém, o continente perde calor mais rapidamente que o oceano, que apresenta temperatura maior do que as continentais e, conseqüentemente, menor pressão, ocasionando ventos do continente para o oceano, denominados de brisa terrestre. As brisas marítimas e terrestres chegam a penetrar até 100 km adentro, respectivamente, do continente e do oceano (FERREIRA et al., 2005).

## 2.2 Caracterização do Nevoeiro

As atividades do transporte aéreo podem ser afetadas de acordo com a magnitude da redução da visibilidade horizontal, que é a distância que possibilita ter visão da paisagem, pelas condições da transparência atmosférica, causadas pelo nevoeiro, precipitação, ou ainda por presença de fumaça (FRANÇA, 2008).

Na atmosfera não poluída, a capacidade de observação de uma fonte visual é limitada apenas por fatores naturais, como o espalhamento da luz pelas moléculas que constituem a atmosfera (nitrogênio (78%), oxigênio (21%) e outros gases em menor quantidade (1%)), o vapor d'água condensado (gotículas d'água), as formações de nevoeiros, e outros gases (SILVA et al., 2012).

Do ponto de vista meteorológico, o nevoeiro é definido como sendo uma camada baixa de nuvem que chega à superfície e, sob a ótica operacional, o nevoeiro provoca a redução da visibilidade próxima à superfície para 1 km ou menos, causada pelas gotículas de água atmosférica condensada, com diâmetro micrométrico (THE COMET PROGRAM, 1999), compreendido entre 1 e 20  $\mu\text{m}$  suspensas no ar (SMITHSON et al., 2002).

A formação do nevoeiro, popularmente conhecida como neblina e cerração (MENDONÇA et al., 2017) é um processo complexo, influenciado por várias variáveis meteorológicas e ambientais, como temperatura, umidade, pressão atmosférica e ventos, podendo ser de radiação, advecção e orográfico (SMITHSON *et al.*, 2002).

Ainda de acordo com os autores, o nevoeiro de radiação ocorre nas proximidades do solo, à noite, em condições de céu limpo, ventos em baixas velocidades (calmo) e umidade do ar alta que resulta do arrefecimento do ar à superfície do solo, devido ao resfriamento deste, emitindo energia para a atmosfera, pelo processo de radiação.

O nevoeiro de advecção é formado pelo ar quente e úmido que passa sobre uma superfície mais fria, resfriando, devido ao “choque” e mistura com o ar frio, até atingir a saturação. Este tipo de nevoeiro é potencializado pela turbulência (ventos com 10 a 30 km/h, que facilita o arrefecimento de uma camada de ar mais profunda). E o nevoeiro orográfico ocorre quando uma quantidade de ar úmido se eleva, em contato com a superfície, através de um terreno inclinado (como encostas de montanhas ou colinas) e, devido ao movimento em ascensão, é progressivamente arrefecido, pois a subida provoca a expansão do ar que se resfria sem troca de calor com o meio (SMITHSON et al., 2002).

Considerando a intensidade da restrição de visibilidade, Petterssen (1940) classifica os nevoeiros em fracos (visibilidade entre 1.000 a 500 m), médios (visibilidade entre 500 a 100 m) e fortes (visibilidade abaixo de 100 m). Na região estudada, ocorrem nevoeiros fracos, com visibilidade entre 1.000 a 500 m (SILVA et al., 2012).

É importante enfatizar que a névoa é um conjunto de gotículas microscópicas de água suspensas na atmosfera e não restringe a visibilidade, como ocorre no nevoeiro (INMET, 2020). A névoa é seca, quando a umidade relativa do ar está abaixo de 80% e visibilidade superior a 1.000 m, e úmida, quando a umidade relativa está entre 80 e 90% e visibilidade superior a 1.000 m. Quando a umidade relativa do ar superar os 90% e a visibilidade se reduz a menos de 1.000 m., ocorre o nevoeiro (WMO, 2018). A nebulosidade é definida como a fração da abóboda celeste encoberta por nuvens, a qual é estimada visualmente, arbitrando-se a fração de nuvens que encobre o céu (VAREJÃO-SILVA, 2001).

Os nevoeiros no aeroporto de Maceió ocorrem normalmente durante a estação de inverno austral, compreendido entre junho e agosto, totalizando cerca de 67,4% dos nevoeiros registrados. Os outros 30,4% restantes referem-se principalmente a pré e pós-estação de inverno, equivalentes ao outono com 27,2%, à primavera com 3,2% e apenas 2,2% ocorreram no verão (NOBRE et al., 2019).

### **2.3 Consequências da formação de nevoeiro sobre as operações aéreas e os impactos socioeconômicos causados**

Existem poucos estudos realizados sobre a ocorrência ou a previsão de nevoeiros principalmente nas regiões do Nordeste brasileiro, que mesmo havendo baixa frequência na restrição da visibilidade causada por ocorrência de nevoeiros, os estudos são importantes, pois esses eventos podem acarretar transtornos para todos os setores de transportes aéreos (SILVA et al., 2012). No Brasil, as maiores restrições de visibilidade horizontal, causadas por nevoeiro, na atividade de transporte aéreo, ocorrem nas regiões Sul e Sudeste (FRANÇA, 2008).

O estudo minucioso das condições meteorológicas do local de origem é crucial no planejamento de voo que compreende também informações imprescindíveis como rota, local de destino e local de alternativa, o qual corresponde a um ou mais aeroportos predeterminados como alternativa em caso de impossibilidade de pouso no aeroporto de destino, por meio da análise dos últimos boletins meteorológicos, previsão do tempo e do profissional de meteorologia disponível na sala de tráfego aéreo (SILVA et al., 2012).

Quando as condições meteorológicas apontam a presença de nevoeiro, normalmente há restrições visuais que afetam as operações de decolagens e pousos de aeronaves, configurando-se uma condição de risco para a segurança de voo. Quando um voo já foi planejado e a aeronave encontra-se em aproximação para o seu destino, a formação repentina do nevoeiro pode colocar em risco, no momento do pouso, a segurança de tripulantes, passageiros e habitantes circunvizinhos ao aeroporto, bem como gerar prejuízos econômicos para as companhias aéreas (SILVA et al., 2012).

No Aeroporto Santos Dumont, no Rio de Janeiro, a meteorologia foi responsável por 2.649 cancelamentos (incluindo pouso e decolagem) em 2013 e ao menos 1.510 em 2014 (ABRÃO JUNIOR et al., 2018). Em 26 de julho de 2007, um acidente envolvendo uma aeronave de pequeno porte, em aproximação para pouso no Aeroporto de Maceió, devido à baixa visibilidade causada pelo nevoeiro, provocou a morte do piloto, que é a maior das perdas (SILVA et al., 2012).

Quando um aeroporto está sob condições restritas de visibilidade, causadas por nevoeiro, poderá ocorrer atrasos e cancelamentos de voos, assim como voos alternados para aeroportos com melhores condições meteorológicas. Essas consequências geram impactos humanos e econômicos para as companhias aéreas, passageiros e administradores de aeroportos (ABRÃO JUNIOR et al., 2018).

Ainda de acordo com os autores, no caso dos aeroportos, as perdas financeiras por um pouso cancelado por condições meteorológicas se dará pela não arrecadação de tarifa pela prestação de serviços aeroportuários previstos na Lei nº 6.009, de 26 dezembro de 1973, regulamentada pelo Decreto nº 89.121, de 6 de dezembro de 1983, que dispõe sobre a utilização e a exploração dos aeroportos e das facilidades à navegação aérea.

Para as companhias aéreas, os prejuízos econômicos impactam em maior consumo de combustível, devido à alteração de rota dos voos e tentativas de pousos sem sucesso. Além disso, é de responsabilidade das empresas aéreas arcar com custos gerados aos passageiros, em cumprimento à resolução nº 400, da Agência Nacional de Aviação Civil, a qual estabelece, entre as condições gerais de transporte aéreo, os direitos dos passageiros em relação à assistência material, quando o contrato de serviço do transporte aéreo não pode ser cumprido por impactos, entre diversos fatores, de fenômenos meteorológicos. Cabe à companhia aérea disponibilizar ao passageiro, sob condições específicas, alimentação adequada, meios de comunicação, serviços de hospedagem e traslado (ANAC, 2016).

#### **2.4 Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares**

O aeroporto de Maceió, Alagoas, Zumbi dos Palmares (Figura 1), foi inaugurado em 14 de outubro de 1928, ainda como um aeródromo, denominado Costa Rêgo, em homenagem ao governador alagoano, sem terminal de passageiros, com capacidade para seis aeronaves, com estação de rádio, oficina mecânica, além de outras dependências (INFRAERO, 2020).

**Figura 1 - Aeroporto Internacional de Maceió, Zumbi dos Palmares.**



Fonte: Henrique Andreão Neto.

No ano 1951, o aeroporto recebeu o nome Campo dos Palmares, em homenagem ao Quilombo dos Palmares, e em 1999, houve alteração para Zumbi dos Palmares. No mesmo sítio aeroportuário, foi inaugurado, em 2005, o novo terminal de passageiros, contando com a inovação de cogeração de energia através de gás natural, dispondo de quatro pontes de embarque, que se conectam a aeronave, central de ar condicionado em todo o terminal, área de estacionamento com mais de 580 vagas e ampliação de pista de pouso de 2.200 para 2.602 m (INFRAERO, 2020).

Desde 13 de fevereiro de 2020, seguindo os prazos estabelecidos pela ANAC, na quinta rodada de concessão da operação de aeroportos, a empresa espanhola Aena é responsável pelo gerenciamento operacional do Aeroporto de Maceió, Zumbi dos Palmares (AENA BRASIL, 2020). Desse modo, o controle de tráfego aéreo é administrado pela Força Aérea Brasileira e o aeroporto, cujo acesso ocorre pela BR-104, KM 91, é administrado pela Aena Brasil.

Os códigos IATA (International Air Transport Association) e ICAO (International Civil Aviation Organization) que correspondem ao Aeroporto Zumbi dos Palmares são, respectivamente, MCZ e SBMO. A área do sítio aeroportuário tem 4.873.714,14 m<sup>2</sup>, com área do terminal de passageiros correspondente a 22.000 m<sup>2</sup>, com capacidade operacional para 19 aeronaves de grande porte. A pista de pouso tem dimensões de 2.602 m de comprimento por 45 m de largura, a superfície é de asfalto e as duas cabeceiras estão localizadas, em relação ao polo norte magnético, a 123° e 303° (BIANCHINI, 2013; AISWEB, 2020).

## **2.5 METAR (Relatório Meteorológico de Aeródromo)**

O METAR (Meteorological Aerodrome Report) é um relatório codificado, comumente utilizado por aeronautas, utilizado para fornecer informações sobre condições de tempo na superfície e, geralmente, é composto pelas seguintes variáveis: vento, visibilidade, alcance visual, tempo presente na pista, nebulosidade, temperatura do ar e do ponto de orvalho e pressão ao nível do mar (REDEMET, 2020).

A meteorologia é uma das áreas mais importantes para a aviação por ser fundamental para a segurança de voo, seu estudo e observação. Do ponto de vista operacional, o METAR é a mensagem que comprime, através de códigos, informações meteorológicas de aeródromo fornecidas às tripulações e profissionais da aviação (FONSECA, 2019). Na aviação é imprescindível aos profissionais que atuam nas operações aeronáuticas como pilotos de aeronaves, o domínio da leitura e interpretação precisa de mensagens e/ou códigos

meteorológicos como o METAR (RODEGUERO, 2013). Ainda segundo o autor, o desconhecimento do piloto acerca da meteorologia é apontada como causas primárias de acidentes em aeródromos de partida, rota, destino e alternativas.

No dia 23 de junho de 2008, houve três ocorrências de nevoeiro no Aeroporto de Maceió, Alagoas, Zumbi dos Palmares. Para exemplificar a interpretação, os METARs, que registraram essas ocorrências, estão decodificados da seguinte maneira:

- SBMO 230300Z 35003KT 0050 FG VV002 21/21 Q1015=
- SBMO 230400Z 34002KT 0100 FG BKN010 BKN300 21/21 Q1014=
- SBMO 230536Z 29004KT 0200 FG FEW020 BKN300 21/21 Q1014=

O código SBMO é o indicador de localidade da ICAO, referente ao Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares. Os números 230300, 230400 e 230536, seguidos da letra Z, são os indicadores de data (dia 23) e hora do fuso Z, que corresponde à hora média de Greenwich, da emissão do METAR (o primeiro METAR foi emitido às 3h, o segundo às 4h e o terceiro às 05h36).

Os números 35003, 34002 e 29004, seguidos das letras KT, indicam a direção, em relação ao norte verdadeiro (350°, 340° e 290°), e velocidade do vento (03, 02 e 04) em nó (KT).

Os números 0050, 0100 e 0200 são as distâncias, em metro, da visibilidade horizontal predominante à superfície.

As letras FG significam ocorrência de nevoeiro (FOG, em inglês).

Os códigos alfanuméricos VV002, BKN010, BKN300 e FEW020 correspondem à quantidade e altura da base das nuvens, em pés: 5 a 7 oitavos (BKN) a 100 e a 3000 pés, 1 a 2 oitavos (FEW) a 200 pés e VV a 20 pés (visibilidade vertical (VV) é utilizado quando não for possível mensurar a quantidade de nuvens).

As duas dezenas separadas por barra 21/21 indicam a temperatura do ar (°C) e do ponto de orvalho, respectivamente.

E a letra Q composta por quatro números, Q1015 e Q1014, indicam a pressão atmosférica em Hectopascal (REDEMETS, 2020).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

A pesquisa de caráter quantitativo foi realizada no município Rio Largo, Alagoas, localizado na Mesorregião do Leste Alagoano e Microrregião Alagoana de Maceió, limitando-se a norte com os municípios de Murici e Messias, a sul com Satuba e Pilar, a leste com Maceió e a oeste com Atalaia (CPRM, 2005).

A Sede do município, com altitude de 39 m, está localizada nas coordenadas geográficas 9°28'42" S e 35°51'12" W, com área de 309,37 km<sup>2</sup> (1,11% de Alagoas) e inserida na região metropolitana de Maceió (ALAGOAS, 2014).

Apresenta Geomorfologia formada por Tabuleiros Costeiros (IBGE, 2006). Compreende platôs de origem sedimentar, que apresentam grau de entalhamento variável, ora com vales estreitos e encostas abruptas, ora abertos com encostas suaves e fundos com amplas várzeas (CPRM, 2005). O relevo predominante é plano, com declives entre 0 e 6% e altitudes que predominam entre 50 e 150 m, apresentando-se ondulado a forte ondulado nas encostas dos vales (ARAÚJO FILHO et al., 2012).

Nesta região, o clima predominante é, segundo classificação de Köppen, Tropical quente com chuvas de outono/inverno (As'), apresentando precipitação média anual entre 1.000 a 1.500 mm (ARAÚJO FILHO et al., 2012). Ainda segundo os autores, a posição dos tabuleiros costeiros facilita a penetração das brisas terrestres e marítimas, influenciando as chuvas na porção leste. A temperatura média do ar varia entre 23 e 28 °C e a umidade relativa do ar predominante é de 70%.

A vegetação predominante é do tipo Floresta Subperenifólia, caracterizada por formação densa e alta, com porte entre 20 a 30 m e sua riqueza em espécies vegetais, com partes de Floresta Subcaducifólia, com porte em torno de 20 m e importante característica destacada pela perda de folhas no período seco e, no período chuvoso, aparenta fisionomia parecida com a da floresta subperenifólia (ARAÚJO FILHO et al., 2012). E ainda, por Floresta Ombrófila Aberta, composta por árvores mais espaçadas, ocorrendo em locais com mais de 60 dias de período seco por ano e pode ser encontrada em altitudes que variam de 5 a 2.000 m (IBGE, 1991; GAMA et al., 2007).

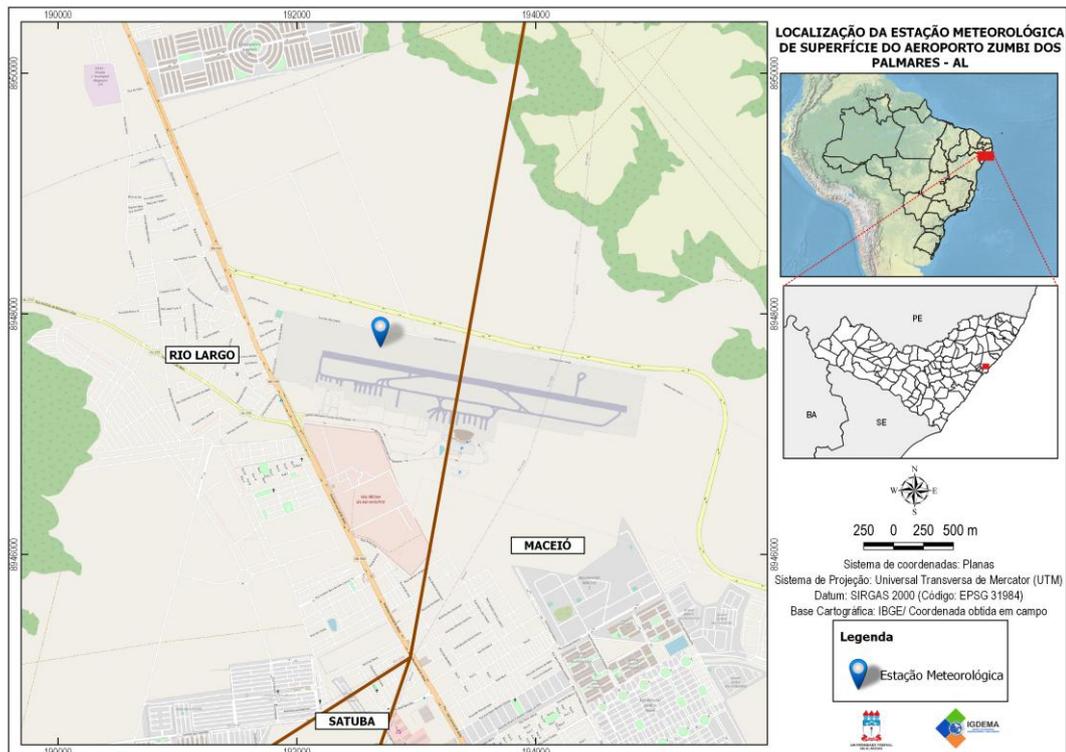
Os solos são do tipo Argisolos Amarelos, Latossolos Amarelos, Argisolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Argisolos Acinzentados,

Espodossolos, Neossolos Quartzarênicos e, em menor proporção, Plintossolos e Latossolos Acinzentados (ARAÚJO FILHO et al., 2012).

### 3.1.1 Local da pesquisa

O Aeroporto Internacional de Maceió, Zumbi dos Palmares (Figura 2) está localizado entre os municípios de Rio Largo e Maceió, Alagoas, nas coordenadas geográficas 9°31'02" S 35°47'01" W com elevação de 118 m, com área de 4.873.714.14 m<sup>2</sup> (AISWEB, 2020), inserido no topo dos Tabuleiros Costeiros, na Mesorregião do Leste Alagoano e Microrregião de Maceió (CPRM, 2005).

**Figura 2 - Localização da estação meteorológica do Aeroporto Zumbi dos Palmares.**

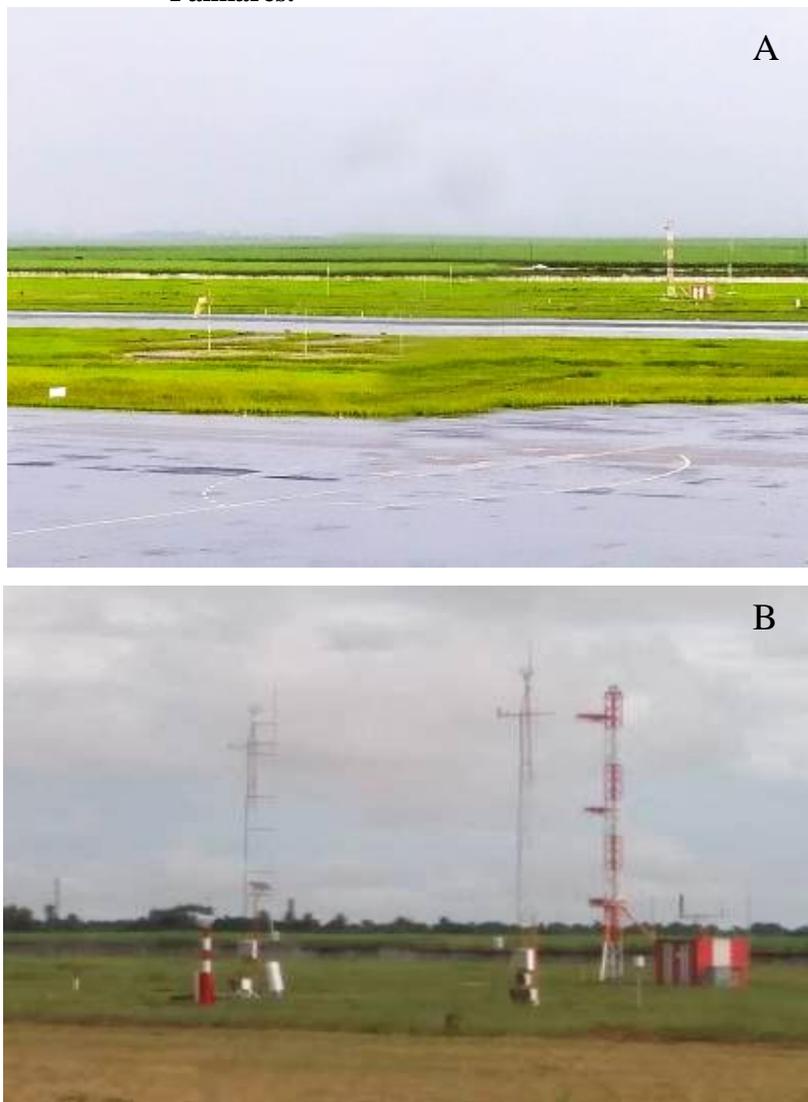


Elaboração: Lionaldo dos Santos (2020).

No aeroporto de Maceió, há uma Estação Meteorológica de Superfície Classe 1 (EMS-1) (Figuras 3A e 3B), que tem por finalidade detectar e transmitir a um subsistema de processamento de dados sensoriais, os valores obtidos nas medições das variáveis meteorológicas (BRASIL, 2018) posicionada, geograficamente, nas coordenadas 9°30'30" S e 35°47'58" W, na altitude de 117 m (SILVA et al., 2012).

A EMS-1 é composta pelos equipamentos e sensores: (1) anemômetro: fornece a direção e velocidade do vento; (2) transmissômetro: detecta os valores de Alcance Visual na Pista (RVR) ao longo da pista; (3) tetômetro: fornece a altura da base das nuvens próximas ao sítio do aeródromo; (4) sensores de temperatura do ar e de umidade relativa: detectam a temperatura do ar e a umidade relativa; (5) barômetro: mede a pressão atmosférica; e (6) pluviômetro: mede a quantidade de precipitação pluvial (BRASIL, 2018).

**Figura 3 - Estação meteorológica de superfície (A e B) do Aeroporto Internacional de Maceió, Zumbi dos Palmares.**



Fonte: Henrique Andreão Neto

A estação dispõe de observações regulares, que são realizadas em horários pré-fixados, em intervalos de uma hora, e especiais, que são realizadas entre as observações regulares, quando há uma ou mais variações nas condições meteorológicas, sob critérios

estabelecidos no item 3.1.2.6 da Instrução do Comando da Aeronáutica nº 105-15 (ICA 105-15) (SILVA et al., 2012; BRASIL, 2018). Desse modo, todos os dados obtidos do banco do ICEA (1987-2016) utilizados nesta pesquisa, foram obtidos desta estação meteorológica.

### **3.2 Método utilizado para caracterização da climatologia do município estudado**

A análise dos elementos climáticos precipitação pluvial (mm) e temperatura do ar (°C) foi realizada a partir da elaboração de um diagrama ombrotérmico do município Rio Largo, Alagoas, em que foram consideradas as médias destas variáveis no período entre 1987 a 2016. Os dados foram obtidos do banco de dados do ICEA (Instituto de Controle do Espaço Aéreo).

O gráfico (diagrama ombrotérmico) consta de uma reta ordenada, à direita, representando a precipitação pluvial (mm), à esquerda, a temperatura do ar (°C) e a reta abscissa, representa o tempo (meses) (ROMARIZ, 2012).

O diagrama foi elaborado no software RGui e a legenda dos diagramas indica os períodos seco (pontilhado), chuvoso (hachurado), precipitação superior a 100 mm (sólido), curva de temperatura do ar (tracejado) e curva da precipitação pluvial (traço cheio) (ROMARIZ, 2012).

### **3.3 Método de avaliação da frequência de ocorrência de nevoeiro no Aeroporto Internacional de Maceió, Zumbi dos Palmares entre os anos 2007 a 2016**

Através dos dados climáticos disponibilizados pelo ICEA (Instituto de Controle do Espaço Aéreo) correspondentes ao período de 2007 a 2016, foram utilizados os dados acumulados (mensais) de ocorrência de nevoeiros, que prejudicaram as operações de pousos e decolagens no Aeroporto de Maceió, calculando-se a frequência (%) mensal do período estudado, através da equação:

$$F(\%) = (FaN / \sum FaN) \times 100 \quad (1)$$

em que:

F(%) = Frequência de ocorrência mensal de nevoeiro, em percentual;

FaN = Frequência absoluta de ocorrência mensal de nevoeiro.

A frequência indica o número de ocorrência de determinado valor (ou intervalo) em um universo de dados, podendo ser do tipo: frequência absoluta, que indica o número de vezes que um valor (ou intervalo) ocorre nos dados e frequência percentual, que representa a

proporção, em percentual, de ocorrência de um valor em relação ao tamanho da massa de dados (FERREIRA et al., 2008).

A frequência de nevoeiro foi calculada através da equação:

$$F(\%) = (Fa / \sum Fa) \times 100 \quad (2)$$

em que:

F(%) = Frequência de ocorrência de nevoeiro, em percentual;

Fa = Número de ocorrências de nevoeiro do mês correspondente.

Os valores de visibilidade horizontal também foram obtidos do ICEA (Instituto de Controle do Espaço Aéreo) de 2007 a 2016. A leitura da visibilidade horizontal é obtida através de um transmissômetro, equipamento localizado próximo à pista de pouso, que fornece os valores de Alcance Visual da Pista (RVR), detectando e transmitindo os dados, em metros, a um subsistema de processamento de dados (BRASIL, 2018). Ainda segundo o autor, quando houver obscurecedores hidrometeoros e a visibilidade horizontal predominante for inferior a 1.000 m, o fenômeno é considerado nevoeiro, se superior a 1.000 m, limitando-se a 5.000 m, considera-se névoa úmida.

### **3.4 Quantificação do número de ocorrência de nevoeiro, tempo de duração e visibilidade do fenômeno**

Foram quantificados os dias com ocorrências de nevoeiro que limitaram as operações de pousos e decolagens, considerando o tempo acumulado de duração (em minutos) de cada fenômeno e a visibilidade (em metros) no momento da ocorrência. Os dados foram obtidos dos relatórios meteorológicos de aeródromo (METAR) da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET) (Apêndice C).

Os dados foram classificados em três categorias: 1) o número de ocorrências de nevoeiro, 2) tempo de duração (em minutos) e 3) visibilidade (em metros). Para obtenção do número de ocorrências de nevoeiro, mensal, foi calculado conforme a equação (FERREIRA et al., 2008):

$$Nm = \sum Nd \quad (3)$$

em que:

Nm = Número de ocorrências de nevoeiro mensal;

Nd = Número de ocorrências de nevoeiro diário.

Para calcular o tempo de duração (em minutos), mensal, utilizou-se a equação:

$$Tm (min) = \sum Td \quad (4)$$

em que:

$T_m$ =Tempo de duração da ocorrência de nevoeiro mensal;

$T_d$ =Tempo de duração da ocorrência de nevoeiro diário.

E para obtenção da visibilidade (em metros) das ocorrências de nevoeiro do período 2007 a 2016, calculou-se conforme equações:

$$V_a = \sum V_m \quad (5)$$

$$V_m = \sum V_d \quad (6)$$

em que:

$V_a$ =Ocorrência de visibilidade, com presença de nevoeiro, anual;

$V_m$ =Ocorrência de visibilidade, com presença de nevoeiro, mensal;

$V_d$ =Número de ocorrências de visibilidade, com presença de nevoeiro, diário.

### **3.5 Método de análise dos impactos das restrições nas operações aéreas causadas por nevoeiro, com prejuízos aos passageiros e companhias aéreas**

A análise dos impactos causados pelas formações de nevoeiros que prejudicam passageiros e companhias aéreas, foi realizada contabilizando-se as restrições às operações aéreas. Foram obtidos na Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) dados de voos cancelados e horários previstos e reais das chegadas e partidas de voos atrasados do Aeroporto de Maceió, Zumbi dos Palmares. Os dados são correspondentes ao mesmo dia e hora das ocorrências de nevoeiros do período de 2007 a 2016, justificadas como causadas por motivos meteorológicos (Apêndice D). O tempo de atraso de voos que partiram e chegaram ao Aeroporto de Maceió, foi calculada de acordo com a equação (FERREIRA et al., 2008):

$$T_{AV} = H_R - H_P \quad (7)$$

em que:

$T_{AV}$  (h) = Tempo de atraso de voos;

$H_R$  = Hora da partida e chegada real;

$H_P$  = Hora da partida e chegada prevista.

Através dos resultados obtidos, como a quantidade de voos com atrasos e cancelamentos, tempo de atraso na partida e na chegada e companhias aéreas prejudicadas, foi possível analisar os prejuízos socioeconômicos provocados pelo fenômeno nevoeiro.

### **3.6 Método para análise estatística**

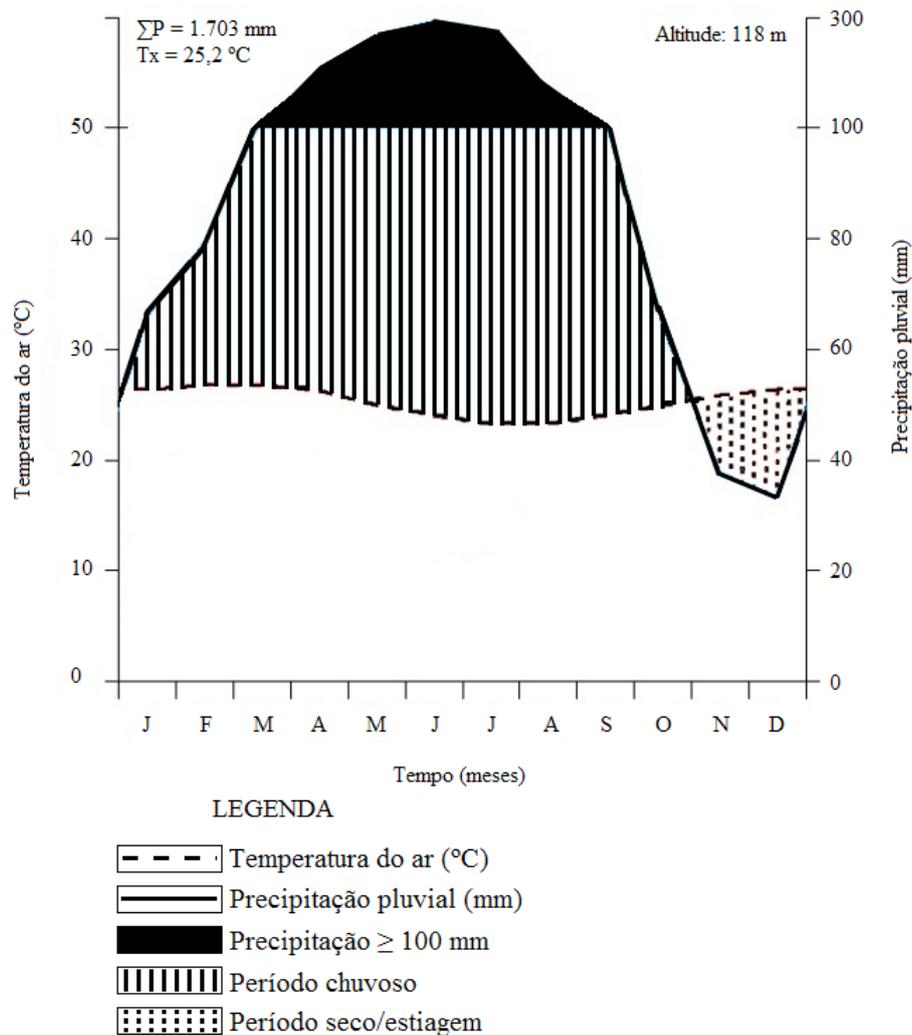
Para análise dos dados, utilizou-se a estatística descritiva por meio do software *BrOffice Calc 2.2*. Foram utilizados os dados acumulados (mensais) de ocorrência de nevoeiros, frequência, média aritmética e correlação.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise da precipitação pluvial (mm) e temperatura do ar (°C) do município estudado

No município estudado, o total anual de precipitação é de 1.703 mm e o período chuvoso, com precipitação superior a 100 mm, ocorre entre os meses de março e setembro, registrando máxima precipitação pluvial (294 mm) em junho. O período seco compreende os meses de novembro a meados de janeiro, com menor precipitação (33,2 mm) em dezembro (Gráficos 1).

**Gráfico 1 - Diagrama ombrotérmico referente ao município de Rio Largo, Alagoas, no período de 1987 a 2016.**



Fonte: Henrique Andreão Neto.

Com base nos dados da normal climática, que diz respeito aos períodos de mensuração meteorológica de pelo menos 30 anos de observações (MONTEIRO, 1999), a temperatura do ar para o município Rio Largo, Alagoas, apresenta a média anual de 25,2 °C e os meses que apresentam temperaturas mais reduzidas e as mais elevadas ocorrem de junho a setembro, com mínima de 23,3 °C e entre outubro a maio, com máxima de 26,8 °C (Gráfico 1).

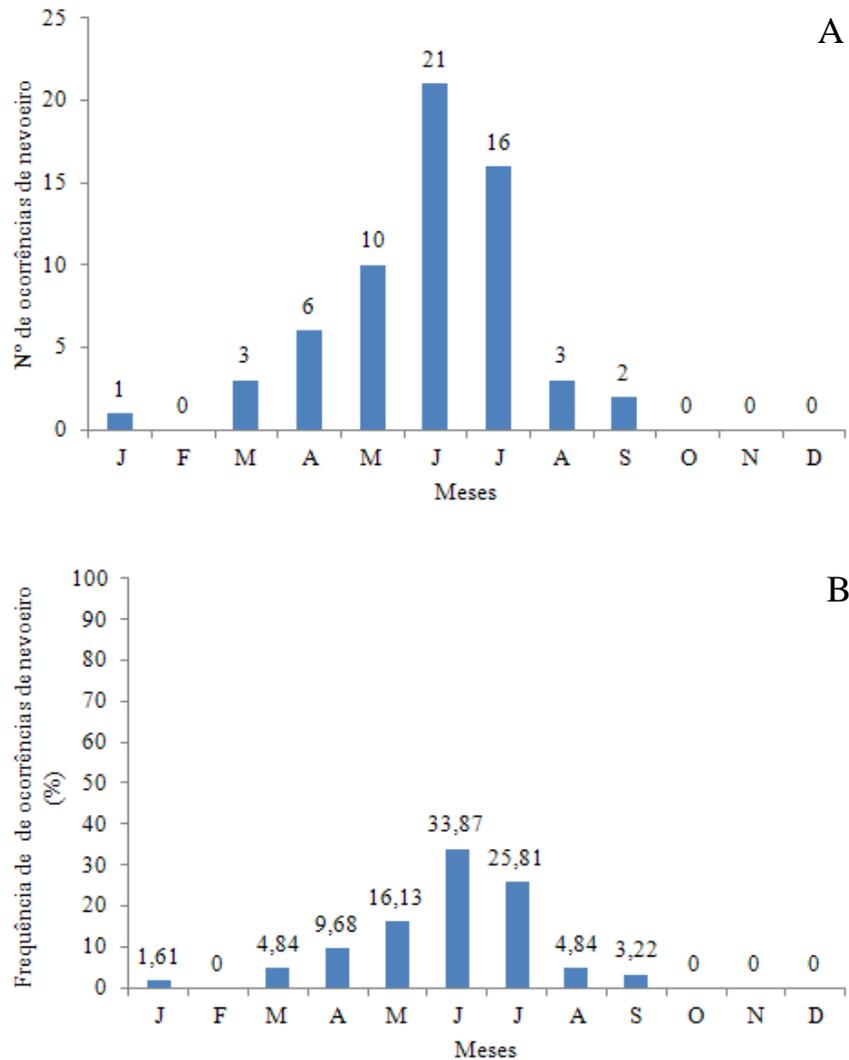
A Organização Meteorológica Mundial (OMM) define Normal climática como valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas e padrões climatológicos normais como médias de dados climatológicos calculados para períodos consecutivos de 30 anos (INMET, 2020).

Desse modo, é possível inferir que o diagrama ombrotérmico é um método relevante para indicar a marcha anual de chuvas e temperaturas e a duração e intensidade do período seco e/ou de estiagem. Podem ser aplicados em qualquer região, pois utilizam dados locais, com geração de resultados confiáveis; permite estabelecer bioclimas análogos, o que possibilita a introdução ou a transposição de plantas para diferentes regiões propícias, o que é de grande interesse para a agricultura (ROMARIZ, 2012). De acordo com Pereira et al. (2010), o diagrama ombrotérmico pode ser relacionado em várias áreas do conhecimento, também com a saúde humana, já que os elementos climáticos (temperatura, umidade do ar e precipitação pluvial, dentre outros), influenciam sobre as manifestações de diversas doenças de forma positiva e negativa.

#### **4.2 Avaliação da frequência de ocorrência de nevoeiro no Aeroporto Internacional de Maceió, Zumbi dos Palmares entre os anos 2007 a 2016**

Conforme características climatológicas da região, a presença de nevoeiro no Aeroporto Zumbi dos Palmares se intensificou entre o período de março a setembro com picos de ocorrência que coincidiu com o período chuvoso (Gráficos 1 e 2A e 2B). Desse modo, o número de ocorrência mensal no período estudado (2007-2016) apontou junho como o mês com maior número de ocorrência de nevoeiro, totalizando 21 vezes, seguido de julho com 16 registros (Gráficos 2A e 2B). O menor registro de nevoeiro ocorreu de outubro a fevereiro (Gráficos 2A e 2B), coincidindo com o período de estiagem na região (Gráfico 1). De modo que nos meses fevereiro, outubro, novembro e dezembro não houve registro de nevoeiro (Gráficos 2A e 2B).

**Gráfico 2 - Número de ocorrência de nevoeiro mensal (A) e Frequência (%) de ocorrência de nevoeiro, mensal (B), no período 2007-2016, Rio Largo, Alagoas.**

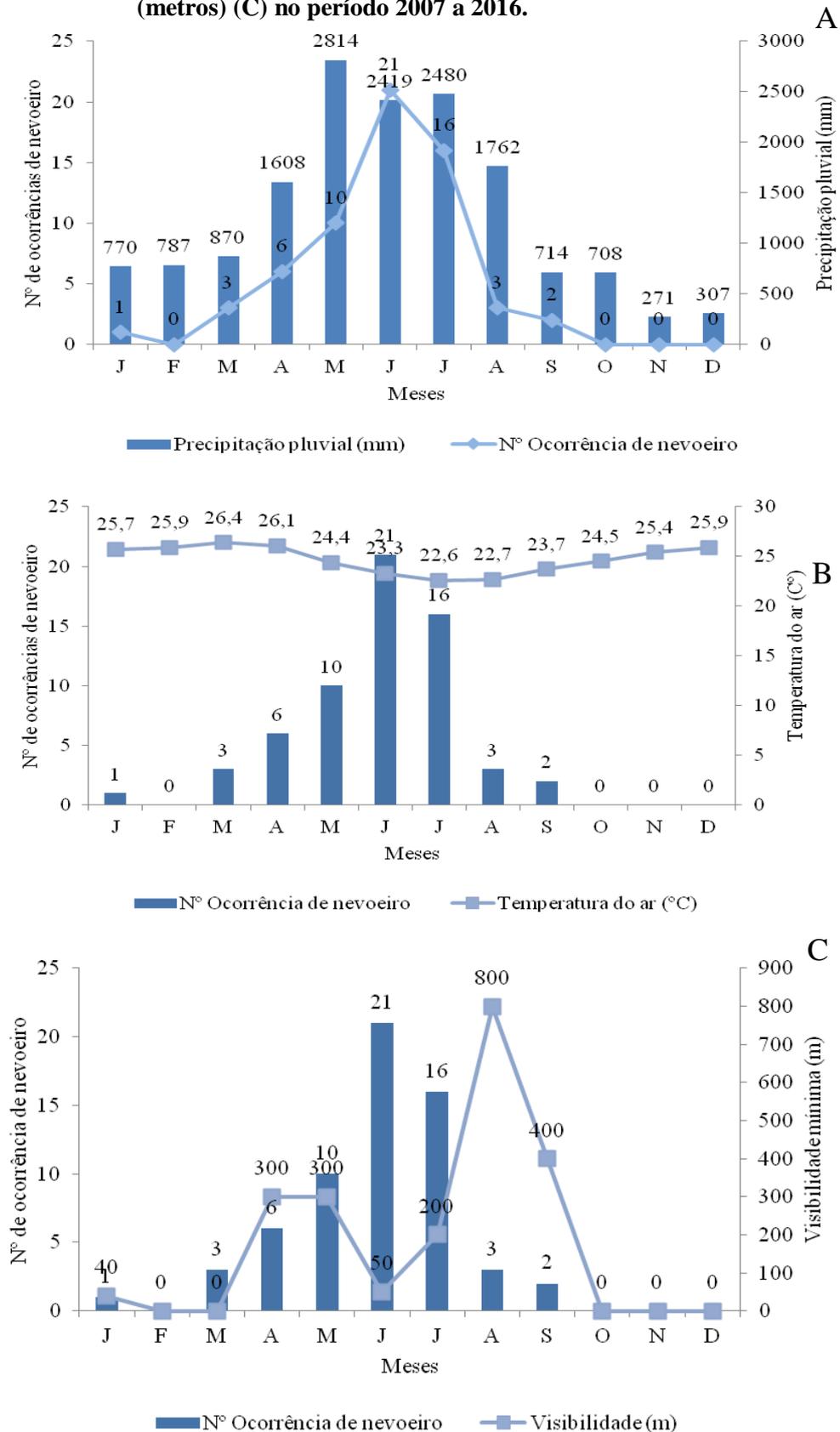


Fonte: Henrique Andreão Neto.

Para efeito de comparação, nos meses maio, junho e julho ocorreu maior número de nevoeiro, maiores precipitações pluviais (mm) e menores temperaturas do ar (°C) (Gráficos 3A e 3B). As ocorrências de menores visibilidades foram constatadas em janeiro e março, inferindo-se que não há maiores restrições visuais nos meses com maior número de ocorrência de nevoeiro (maio, junho e julho) (Gráfico 3C).

No estudo realizado por Petalas (2014) no período no período de 1991 a 2010 verificou que no solstício de inverno (junho), o número de horas diárias de temperatura do ar (°C) mais elevada é menor e a velocidade do vento (m/s) é reduzida a mais de 50%, o que contribuiu para condições propícias para formação de nevoeiro (SMITHSON et al., 2002).

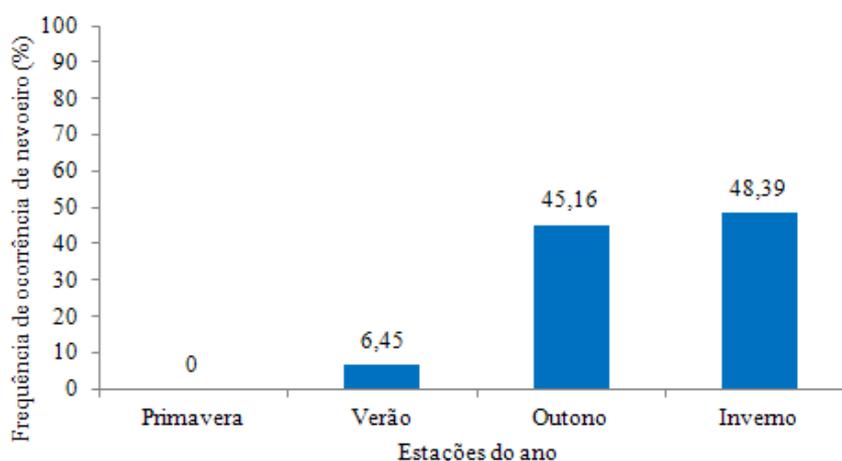
**Gráfico 3 – Número de ocorrência de nevoeiro relacionado com precipitação pluvial (mm) (A), Temperatura do ar (°C) (B) e visibilidade mínima (metros) (C) no período 2007 a 2016.**



Fonte: Henrique Andreão Neto.

De modo geral, no período 2007-2016 os nevoeiros no Aeroporto Zumbi dos Palmares, considerando as estações do ano, distribuem-se da seguinte maneira: entre 23 de setembro a 21 de dezembro (equinócio de primavera) o percentual corresponde a 0,00% (Gráfico 4) coincidindo com o período de estiagem na região (Gráfico 1). Entre 21 de dezembro a 19 de março (solstício de verão) sobe para 6,45%, entre 20 de março a 20 de junho (equinócio de outono) aumenta para 45,16%, e entre 21 de junho a 22 de setembro (solstício de inverno) atinge o percentual mais elevado, registrando-se 48,39% (Gráfico 4).

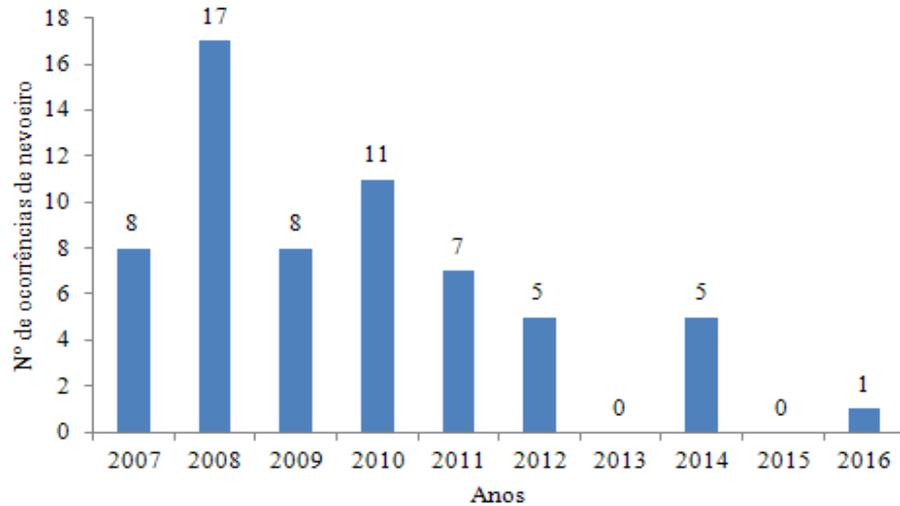
**Gráfico 4 - Frequência de ocorrência de nevoeiro de acordo com as estações do ano, no período 2007-2016, Rio Largo, Alagoas.**



Fonte: Henrique Andreão Neto.

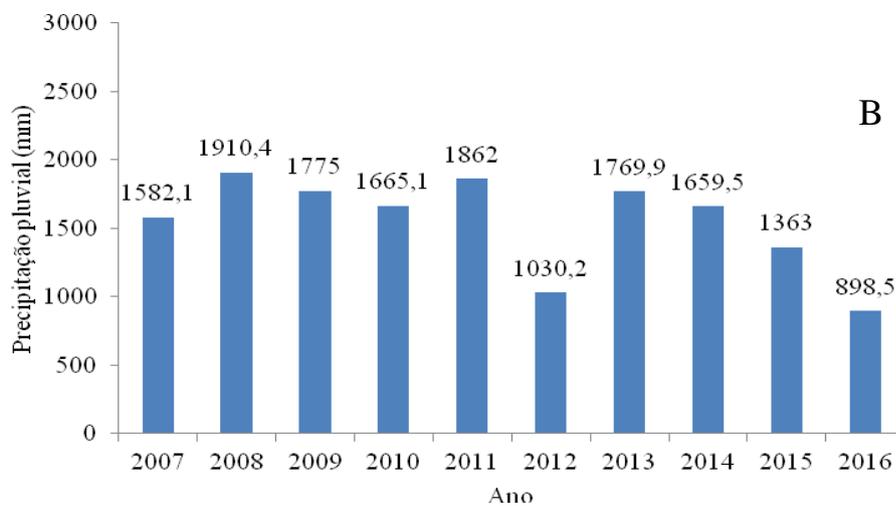
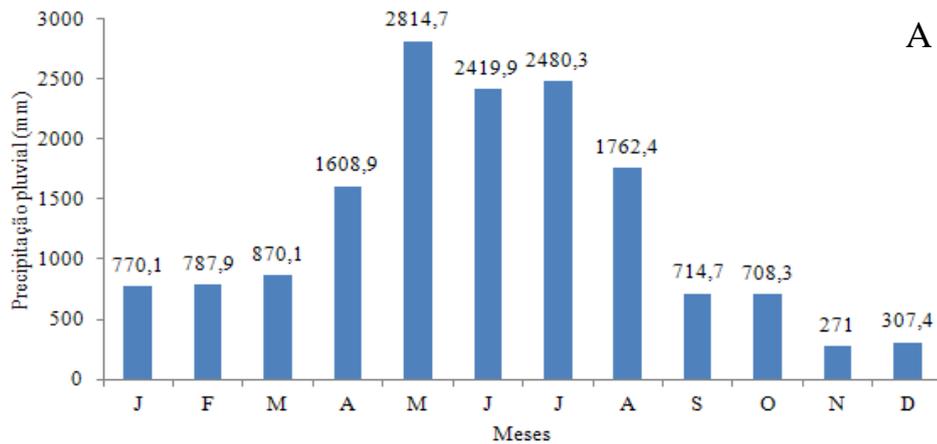
Verificou-se, em análise aos relatórios meteorológicos de aeródromo (METAR), que no período de 2007 a 2016, houve 62 ocorrências de nevoeiros, sendo que 2008 foi o ano em que mais se registrou o fenômeno, totalizando 17 ocorrências (Gráfico5). Não houve registros de nevoeiros nos anos de 2013 e 2015 segundo dados do ICEA (BRASIL, 2017), mesmo tendo havido ocorrência de precipitação pluvial, o que sugere que outras variáveis limitaram a ocorrência de nevoeiro nos respectivos anos (Gráficos 6A e 6B).

**Gráfico 5 - Número de ocorrência de nevoeiro, por ano, no período 2007 a 2016, Rio Largo, Alagoas.**



Fonte: Henrique Andreão Neto.

**Gráfico 6 - Precipitação pluvial (mm) (A) total e com meses distribuídos entre os anos (B) no período 2007 a 2016, Rio Largo, Alagoas.**



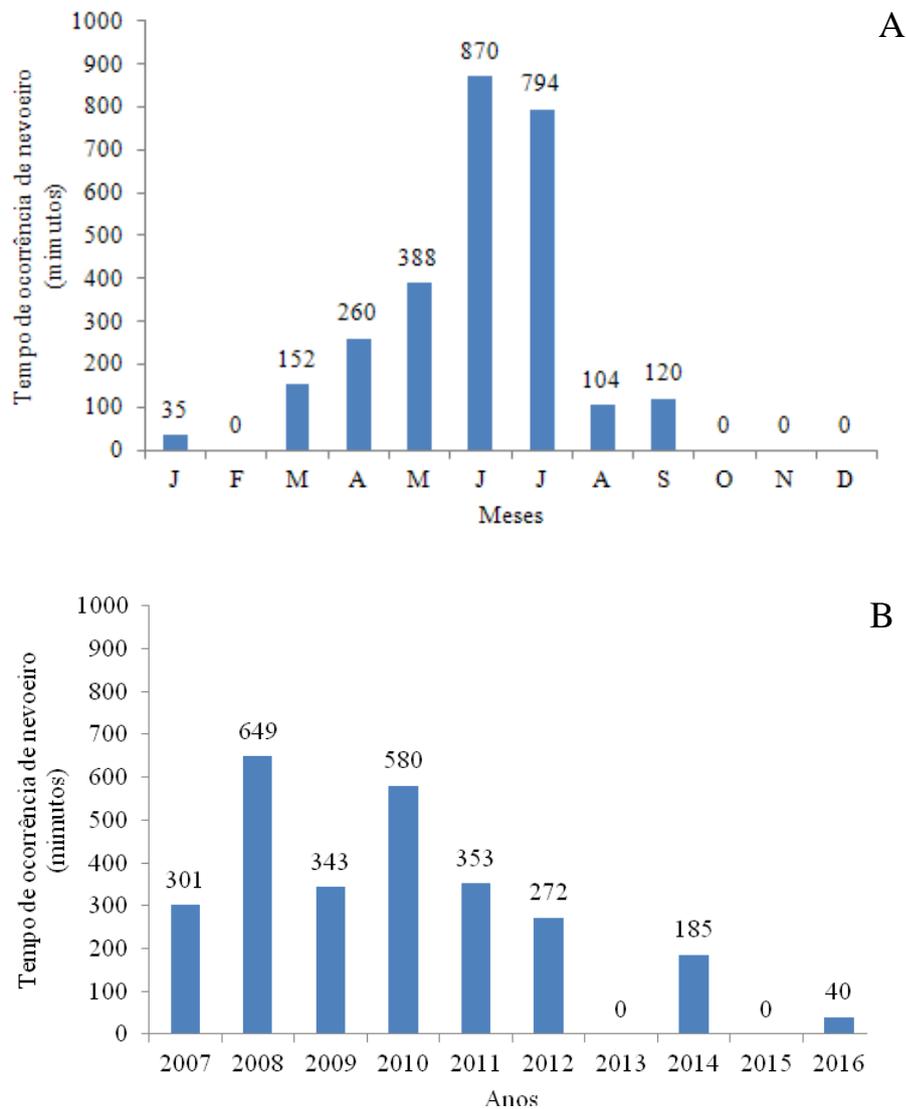
Fonte: Henrique Andreão Neto.

### **4.3 Quantificação do número de ocorrência de nevoeiro, tempo de duração e a visibilidade do fenômeno**

No período estudado (2007-2016) observou-se que o maior tempo de ocorrência de nevoeiro corresponde ao mês de junho totalizando 870 minutos (14h30min), seguido de julho com 794 minutos (13h14min) (Gráfico 7A). Os meses fevereiro, outubro, novembro e dezembro não foram registrados nevoeiro, e em janeiro só foi contabilizado uma ocorrência de 35 min (Gráfico 7A). Este período de atraso, que culminou em junho e julho, deve-se ao pico do período chuvoso na região, já que o município pela série histórica reflete precipitação superior a 100 mm durante quase sete meses (março a setembro), ocorrendo o inverso nos demais meses mencionados, notadamente em novembro e dezembro que pela normal climática é caracterizado como sendo meses secos e/ou de estiagem (Gráfico 2).

De 2007 a 2016, o tempo de duração de nevoeiro total foi de 2.723 minutos (45h23min) (Gráfico 7B). Nos anos 2008 e 2010 o tempo de ocorrência de nevoeiro correspondeu a 649 minutos (10h49min) e 580 minutos (9h40min), respectivamente. Nos anos 2013 e 2015 não houve registros de nevoeiro (Gráfico 7B).

**Gráfico 7 - Tempo, em minutos, de ocorrência de nevoeiro, mensal (A) e Tempo, em minutos, de ocorrência de nevoeiro, por ano (B), no período 2007-2016, Rio Largo, Alagoas.**



Fonte: Henrique Andreão Neto.

Na presença de nevoeiro, a maior restrição causada nas operações de pousos e decolagens é a redução da visibilidade, que é a maior distância que um observador pode visualizar um objeto preto contra o céu no horizonte (MALM, 1983). A baixa visibilidade causada por nevoeiro é uma condição perigosa e contribui para ocorrência de acidentes aéreo e terrestre (SILVA et al., 2012; CALSAVARA, 2018).

Em virtude da baixa visibilidade provocada por nevoeiro foi registrado um acidente que envolveu um avião bimotor (prefixo PT-REX), que estava em procedimento de pouso e colidiu com fios elétricos da subestação da Companhia Hidrelétrica do São Francisco

(CHESF), em Rio Largo, Alagoas (Figuras 4A e 4B), nas proximidades do Aeroporto Zumbi dos Palmares, o que resultou na morte do piloto (SILVA et al., 2012).

**Figura 4 - Destroços do bimotor PT-REX (A e B), Rio Largo, Alagoas, 2007.**



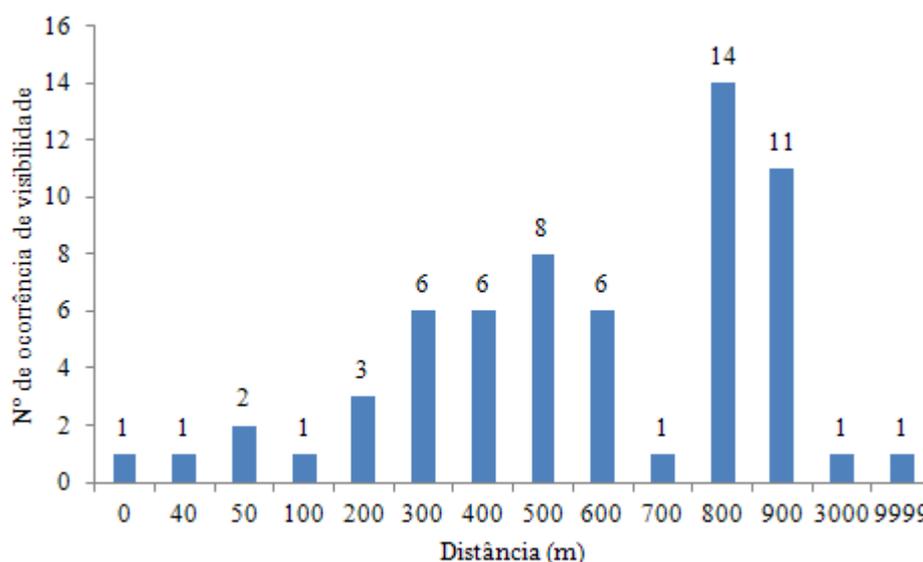
Fonte: ALAGOAS24HORAS (2007).

O aeroporto e os municípios de Maceió, Rio Largo e Messias ficaram sem fornecimento de energia elétrica por aproximadamente oito horas. Houve, ainda, outros prejuízos causados, como a perda da carga aérea, composta por talões de cheques e notas promissórias, devido à explosão da aeronave, e às indústrias, que tiveram o fornecimento de energia interrompido (GALVÃO et al., 2007).

No período de 2007 a 2016, a maior ocorrência de redução de visibilidade foi de 800 m, totalizando 14 vezes. Houve apenas uma ocorrência onde a visibilidade reduziu-se a zero, e como consequência atraso na partida de um voo, e somente uma ocorrência onde, mesmo na presença de nevoeiro, a visibilidade estava  $\geq 10$  km, sem transtornos às operações do Aeroporto Zumbi dos Palmares. Verificou-se 62 ocorrências de visibilidade na presença de nevoeiro (Gráfico 8).

A Carta de Aproximação por Instrumentos (IAC) do Aeroporto de Maceió informa que a visibilidade mínima para prosseguir ao pouso é de 1.200 m (BRASIL, 2016). Caso a visibilidade seja menor do que informada na IAC, o Aeroporto é considerado fechado para operações aéreas, causando atrasos e cancelamentos de voos.

**Gráfico 8 - Ocorrências de visibilidade e a distância (m), no período de 2007 a 2016.**

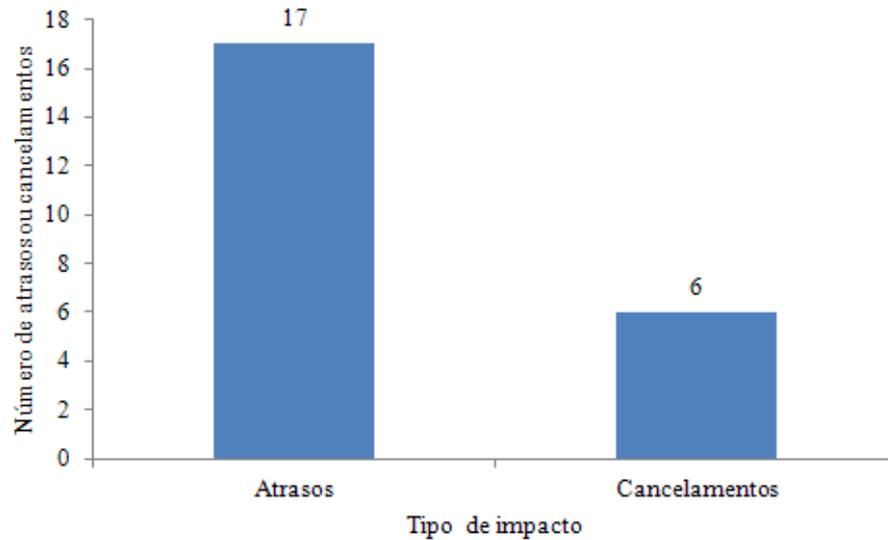


Fonte: Henrique Andreão Neto.

#### **4.4 Análise dos impactos das restrições nas operações aéreas causadas por nevoeiro, com prejuízos aos passageiros e companhias aéreas**

No período de 26 de julho de 2007 a 02 de junho de 2016, houve um total de 23 voos impactados por condições meteorológicas no Aeroporto Zumbi dos Palmares, sendo 6 voos cancelados e 17 voos com saídas atrasadas (Gráfico 9).

**Gráfico 9 - Voos impactados por condições meteorológicas no período de 2007 a 2016.**

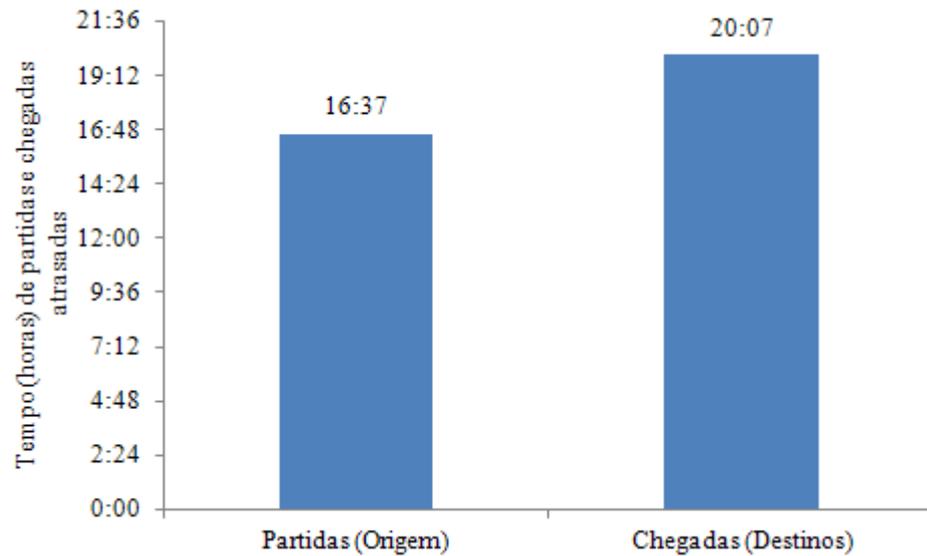


Fonte: Henrique Andreão Neto.

A meteorologia tem importância direta na segurança da aviação, e está presente nos aeroportos de origem, destino e rota do voo (PAMPLONA et al., 2015). Os autores afirmam que, embora a maioria dos acidentes aeronáuticos seja causada por falha humana, a meteorologia é responsável por 23% dessas ocorrências, causando atrasos e altos custos financeiros.

O tempo total de atraso nas partidas e nas chegadas, no período 2007-2016, levou em consideração o tempo de atrasos provocados por mau tempo meteorológico com presença de nevoeiro, foi de, respectivamente, 997 minutos (16h37min) e 1.207 minutos (20h07min) (Gráfico 10). Desse modo, os nevoeiros causam grandes transtornos quando geram atrasos e cancelamentos, interrompendo partidas e chegadas de voos, notadamente no mundo globalizado em que os avanços tecnológicos demandam transportes mais rápidos e eficazes, com aeronaves cada vez mais velozes e a meteorologia tem destaque na eficácia desta demanda (CERQUEIRA et al., 2005).

**Gráfico 10 - Tempo (horas) de partidas e chegadas atrasadas no período 2007 a 2016.**

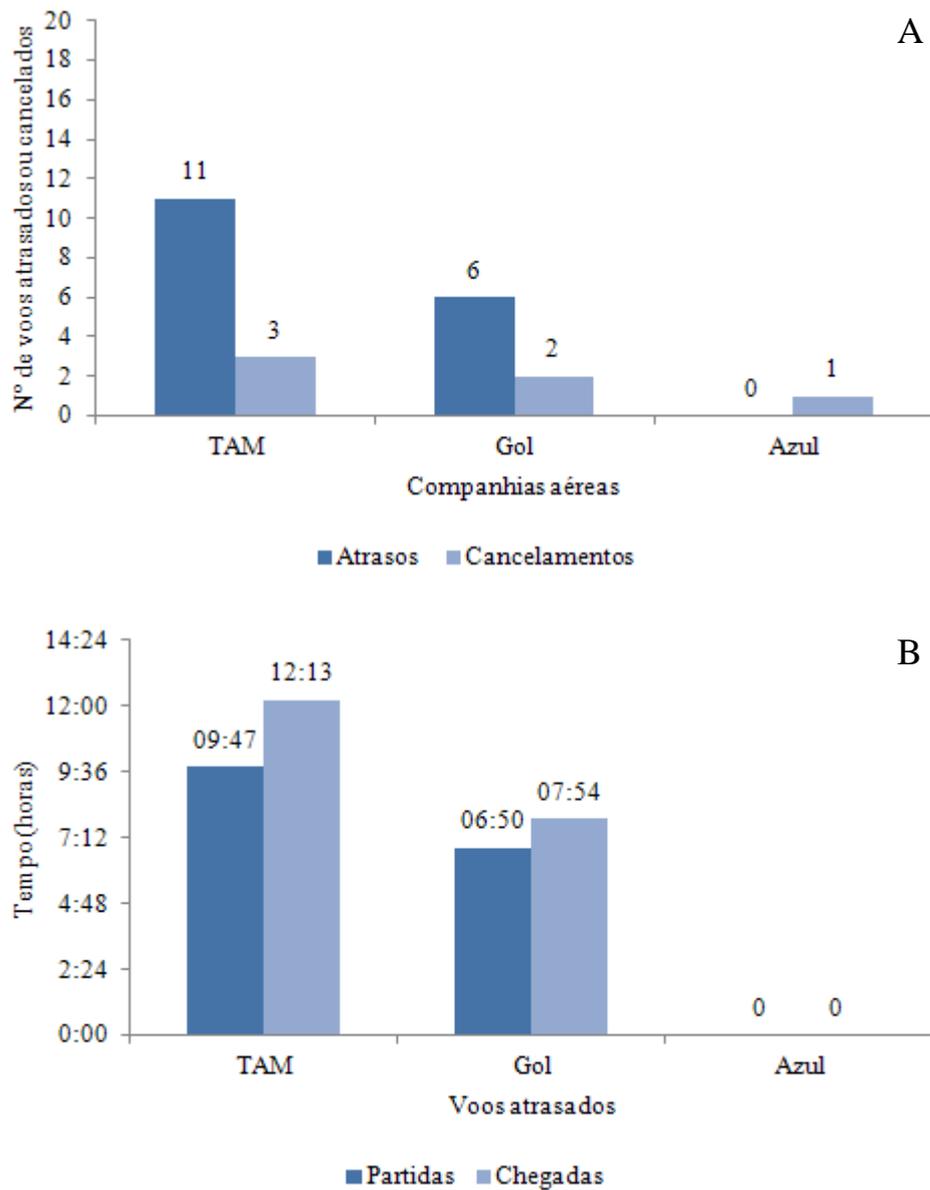


Fonte: Henrique Andreão Neto.

Durante o período de 2007 a 2016, foram impactadas três companhias aéreas: TAM, atualmente LATAM, com onze voos atrasados e três cancelados; Gol, tendo seis voos atrasados e dois cancelados; e Azul, com apenas um voo cancelado (Gráfico 11A).

A companhia aérea com maior tempo de partidas atrasadas foi a TAM (LATAM) com 587 minutos (9h47), em seguida a Gol com 410 minutos (6h50), e a Azul não houve partidas atrasadas. As chegadas atrasadas foram lideradas pela TAM (LATAM), com um total de 733 minutos (12h13), seguido pela Gol com 474 minutos (7h54). A Azul não apresentou chegadas atrasadas (Gráfico 11B).

**Gráfico 11 - Número de voos atrasados ou cancelados por companhia aérea (A) e Tempo de partidas e chegadas atrasadas por companhia aérea (B) no período de 2007-2016.**



Fonte: Henrique Andreão Neto.

O nevoeiro registrado na madrugada do dia 7 de junho de 2018 provocou atrasos em pousos no Aeroporto Zumbi dos Palmares (Figura 5), em Maceió, com dois voos da Empresa Azul com horário de chegada a Maceió adiado (TNH1.COM.BR, 2018).

**Figura 5 - Nevoeiro, em 7 de junho de 2018, no Aeroporto de Maceió, Alagoas.**



Fonte: TNH1.com.br (2018)

Para auxiliar pousos de aeronaves em condições de baixa visibilidade, como na presença de nevoeiro, alguns aeroportos podem dispor do ILS (*Instrument Landing System*), que é um sistema que auxilia a aeronave (se equipada com este instrumento) com orientação de alinhamento e ângulo de descida (COSTA, 2008), contribuindo para o sucesso de pousos em condições meteorológicas restritas e mitigando atrasos e cancelamentos de voos causados por mau tempo.

O ILS possui três categorias distintas: CAT I (baixa precisão), CAT II (média precisão) e CAT III (alta precisão), este último com algumas subcategorias (JESUS, 2016; BRAGA, 2019). O aeroporto Zumbi dos Palmares dispõe deste sistema, mas sua categoria é apenas CAT I (AISWEB, 2020). Segundo Braga (2019), os aeroportos brasileiros apresentam baixo investimento na melhoria de categoria desses equipamentos, devido ao alto custo para instalação e manutenção.

Os impactos causados nas operações de pousos e decolagens pela presença de nevoeiro prejudicam passageiros, ao impossibilitarem que cheguem aos seus destinos ou fazendo-os chegar com atraso. Além disso, as companhias aéreas também são afetadas negativamente, pois precisam arcar com alguns custos aos passageiros, como: hospedagens, transportes, alimentação, acomodação em outras empresas aéreas, indenizações, dentre outras, conforme previsto na Resolução nº 400 da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2016).

Dos prejuízos causados às companhias aéreas, destaca-se o consumo adicional de combustível. Em uma simulação realizada pelo programa *Total Airspace and Airport Modeler* (TAAM), que é uma ferramenta de simulação em tempo rápido que prevê e analisa com

precisão o impacto das operações atuais e futuras do espaço aéreo e do aeroporto (JEPPESEN, 2020). Foram realizadas simulações de voos na rota da ponte aérea Rio de Janeiro-São Paulo, que demonstraram maior consumo de combustível, devido à necessidade de desvios de rota causada por formações meteorológicas (PAMPLONA et al., 2015). Ainda segundo o autor, as perdas financeiras com combustível causadas por desvio de rota variam de 0,30 a 8,97% com média de perda de 5,09%.

## 5 CONCLUSÕES

No município Rio Largo, Alagoas, predomina o período chuvoso, com precipitação superior a 100 mm durante seis meses, e somente dois meses secos;

A relação entre ocorrência de nevoeiro e precipitação pluvial (mm) é diretamente proporcional, porém as relações da temperatura do ar (°C) e distância de visibilidade (em metros) são variáveis à ocorrência de nevoeiro.

No Aeroporto Internacional de Maceió, Zumbi dos Palmares, apresenta baixa frequência de ocorrência de nevoeiro. No entanto, este fenômeno causa impactos nas operações aéreas deste aeroporto, o que gera atrasos e cancelamentos de voos regulares, e prejudicam passageiros e companhias aéreas, com transtornos socioeconômicos aos envolvidos.

A contribuição científica deste trabalho às atividades aeronáuticas acerca da influência da Climatologia no Aeroporto Internacional de Maceió, Zumbi dos Palmares, visa demonstrar aos tomadores de decisão possíveis impactos socioeconômicos causados por ocorrência de nevoeiro, sendo necessária a continuação de estudos visando atualizar os períodos das hipóteses desta pesquisa, visto que este trouxe informações meteorológicas do interstício 2007 a 2016.

Recomenda-se, a fim de mitigar impactos que causem transtornos às operações aéreas, analisar outros fenômenos meteorológicos para obtenção de resultados complementares e investimentos em equipamento de auxílio à aproximação para pouso mais eficientes em condições restritas de visibilidade.

## REFERÊNCIAS

ABRÃO JUNIOR, F. A. et al. Mudanças do clima e resiliência aeroportuária. **XVI SIMPÓSIO DE TRANSPORTE AÉREO**, 16, 2018, Brasília. **Anais...** Brasília: INFRAERO, 2018. p. 99-113.

\_\_\_\_\_. Avaliação do impacto de cancelamentos meteorológicos nas operações de pouso em aeroportos. **XVI SIMPÓSIO DE TRANSPORTE AÉREO**, 16, 2018, **Anais...** Brasília: INFRAERO, 2018. p. 114-129.

AENA BRASIL. **Aeroporto de Maceió, Zumbi dos Palmares**. Disponível em: <https://www.aenabrasil.com.br/>. Acesso em: 27 fev. 2020, 04:49:50.

AENA. **Aena adquiere el grupo aeroportuario del Nordeste de Brasil**. Disponível em: <http://www.aena.es>. Acesso em: 09 jan. 2020, 21:59:55.

AISWEB. INFORMAÇÕES AERONÁUTICAS DO BRASIL. **Zumbi dos Palmares (SBMO)**. Disponível em: <https://aisweb.aer.mil.br>. Acesso em: 09 jan. 2020, 22:21:12.

ALAGOAS. **Perfil Municipal de Rio Largo**. 2014. Disponível em: <http://dados.al.gov.br>. Acesso em: 12 mai. 2020, 22:28: 26.

ANAC. AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Histórico de voos**. Disponível em: <https://www.anac.gov.br>. Acesso em: 25 jan. 2020, 15:44:13.

\_\_\_\_\_. AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Resolução nº 400, de 13 de dezembro de 2016**. 1.ed. Brasília: Diário Oficial da União, 2016, p. 111.

ARAÚJO FILHO, J. C. et al. **Levantamento de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade dos Solos do Estado de Alagoas**. 1. ed. Recife: Embrapa Solos, 2012. 238 p.

BIANCHINI, D. **Regulamentos de Tráfego Aéreo VFR e IFR**. 4. ed. São Paulo: Ed. do Autor, 2013. 364 p.

BRAGA, L. C. et al. ILS CAT III no Brasil: custo-benefício de instalação no Brasil. **Brazilian Journal of Education, Technology and Society**, Goiânia, v. 12, n. 1, p. 14-23, jan. 2019.

BRASIL. COMANDO DA AERONÁUTICA, DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. **Carta de Aproximação por Instrumentos (IAC) MACEIÓ/Zumbi dos Palmares (SBMO) ILS Y RWY 12**. 1.ed. Rio de Janeiro, 2016. 1 p.

\_\_\_\_\_. **Dados climatológicos do Aeroporto de Maceió.** 1.ed. Rio de Janeiro, 2017. 4 p.

\_\_\_\_\_. **Estações Meteorológicas de Superfície – ICA 105-15.** 1.ed. Rio de Janeiro, 2018. 73 p.

CABRAL, E. **Climatologia dos nevoeiros no aeroporto de Guarulhos (1969-1997).** X CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998. Brasília. **Anais...** Brasília: SBMET, 1998, p. 1-5.

CALSAVARA, F. et al. Efeitos dos sistemas inteligentes de aviso nas estratégias de busca visual dos motoristas em situações de baixa visibilidade. XXXII CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ANPET, 32, 2018. Gramado. **Anais...** Gramado: ANPET, 2018, p. 3487-3490.

CARVALHO, A. L. et al. Ocorrência de períodos secos na região de Rio Largo, Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 173-180, jun. 2013.

CERQUEIRA, F. S. et al. Ameaça à aviação. **Revista CFOE**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 94-99, jun. 2005.

COHEN, J. C. P. et al. Linha de instabilidade continental na Amazônia. XII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBMet, 2002. p. 3745-3751.

COSTA, M. M. G. Meteorologia aeronáutica no Aeroporto de Guarulhos. VII SIMPÓSIO DE TRANSPORTE AÉREOS, 7, 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: COMAER, 2008. p. 539-550.

COUTINHO, E. C. et al. Distúrbios ondulatórios de leste (DOLs) na região do centro de lançamento de Alcântara-MA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 193-203, ago. 2007.

CPRM. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea:** diagnóstico do município de Rio Largo. 1. ed. Recife: Serviço Geológico do Brasil, 2005. 12 p.

FEDOROVA, N. et al. Um estudo sobre a formação de nevoeiro de radiação em Porto Alegre. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 47-62, dez. 1999.

FERREIRA, A. G. et al. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacíficos e atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 15-28, dez. 2005.

FERREIRA, E. B. et al. **Introdução à estatística básica com R.** 1. ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 2008. 124 p.

FERREIRA, G. M. L. **Atlas geográfico: espaço mundial**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2010. 123 p.

FRANÇA, V. D. J. **Avaliação da metodologia de previsão de nevoeiro e visibilidade horizontal do modelo Eta**. 2008. 172 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)-Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008.

FONSECA, D. V. **A importância da infraestrutura meteorológica em aeroportos regionais**. 2019. 50 f. Monografia (Graduação em Ciências Aeronáuticas), Universidade do Sul da Santa Catarina, Palhoça, 2019.

GALVÃO, C. et al. **Bimotor cai após colidir com fios de subestação da Chesf**. Alagoas24Horas, Maceió, jun. 2007. Disponível em: <https://www.alagoas24horas.com.br>. Acesso em: 05 mar. 2020, 15:42:10.

GAMA, J. R. V. et al. Fitossociologia de duas fitocenoses de floresta ombrófila aberta no município de Codó, Estado do Maranhão. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 465-477, mai. 2007.

GLOBO.COM. **Nevoeiro afeta voos no aeroporto de Viracopos e reduz visibilidade em vias e rodovias da região**. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com>. Acesso em: 21 out. 2019, 10:25:10.

GOMES, W. J. F. **A construção do destino turístico Alagoas: a tradução das políticas contemporâneas de turismo**. 2015. 149 f. Dissertação (Mestrado em Sociologia)-Instituto de Ciências Sociais, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2015.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 1. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 92 p.

\_\_\_\_\_. **Mapa de unidades de relevo do Brasil**. Escala 1:5.000.000. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 maio 2020, 02:17:30.

\_\_\_\_\_. **Mapa de vegetação do Brasil**. Escala 1:5.000. 000. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 maio 2020, 10:40:11.

INFRAERO. EMPRESA BRASILEIRA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA. **Aeroporto de Maceió encerra 2018 com recorde na movimentação de passageiros**. Disponível em: <https://www4.infraero.gov.br>. Acesso em: 21 nov. 2019, 20:41:11.

\_\_\_\_\_. **Histórico**. Disponível em: <https://www4.infraero.gov.br/>. Acesso em: 09 jan. 2020, 04:38:07.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Glossário**. Disponível em: <https://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 16 abr. 2020, 14:21:11.

\_\_\_\_\_. **Normais climatológicas do Brasil**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 17 abr. 2020, 00:01:51.

JEPPESEN, E. B. **Jeppesen total airspace and airport modeler**. Disponível em: <https://ww2.jeppesen.com>. Acesso em: 20 maio 2020, 23:34:15.

JESUS, N. V. G. **Padrões atmosféricos de condições meteorológicas adversas no Aeroporto Internacional de Belém**. 2016. 131 f. Tese (Doutorado em Meteorologia)-Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, 2016.

MALM, W. C. **Introduction to visibility**. 1. ed. Fort Collins: Forgotten Books, 1983. 51 p.

MENDONÇA, F. et al. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2007. 206 p.

MONTEIRO, C. A. F. O estudo geográfico do clima. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis, ano 1, n. 1, mai. 1999.

MOURA, M. N. et al. Variabilidade da precipitação em tempo e espaço associada à zona de convergência intertropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 475-483, dez. 2012.

NOBRE, J. P. G. et al. Nova metodologia para previsão de eventos de nevoeiro para o Aeroporto Zumbi dos Palmares em Maceió (Alagoas). **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 3, p. 527-535, mar. 2019.

PAMPLONA, D. A. et al. Quantificação dos impactos operacionais na aviação na presença de formações meteorológicas. XXIX CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET, 29, 2015, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: ANPET, 2015. p. 2046-2057.

PEREIRA, C. C. et al. Dengue: uma análise climato-geográfica na cidade de Jataí-GO. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 6, n. 6, p. 94, jun. 2010.

PETALAS, K. V. Avaliação das condições bioclimáticas da região costeira do nordeste brasileiro: o município de Fortaleza, CE. **Revista Brasileira de Climatologia**, Fortaleza, v. 13, n. 9, p. 185-201, jun. 2014.

PETERSEN, S. **Weather analysis and forecasting**. 1. ed. London: McGraw-Hill Book Company, 1940. 505 p.

REDEMET. REDE DE METEOROLOGIA DO COMANDO DA AERONÁUTICA.

**Decodificação de METAR.** Disponível em: <https://www.redemet.aer.mil.br>. Acesso em: 13 jan. 2020, 10:07:47.

RODEGUERO, M. A. et al. **Gerenciando o risco na aviação geral.** 1. ed. São Paulo: Editora Bianch, 2013. 134 p.

RODRIGUES, M. F. G. **Estudo estatístico das chuvas de outono no estado do Ceará.**

1996.75 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)-Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1996.

ROMARIZ, D. A. **Biogeografia:** temas e conceitos. 1. ed. São Paulo: Scortecci, 2012. 199 p.

SILVA, A. O. et al. **Análise e previsão de visibilidade baixa no aeroporto de Maceió.**

2012. 142 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)-Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2012.

SMITHSON, P. et al. Fundamentals of Physical environment. In: LEITE, L. et al. **As nuvens e o nevoeiro:** concepções de estudantes do Minho e da Galiza. 4. ed. Londres: Routledge, 2002, p. 933-950.

THN1.COM. **Neblina atrasa pousos no Aeroporto Zumbi dos Palmares.** Maceió, 2018.

Disponível em: <https://www.tnh1.com.br>. Acesso em: 23 out. 2019, 19:34:15.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia.** 2. ed. Brasília: INMET, Gráfica e Editora Pax, 2001. 532 p.

VASCONCELOS D. A. L. et al. Evolução histórica do destino turístico Maceió-Alagoas-Brasil: de antecedentes à atual situação. **RITUR-Revista Iberoamericana de Turismo,** Penedo, v. 6, n. 1, p. 139-164, jan./jun. 2016.

VIANA, D. R. et al. Avaliação de desastres do Rio Grande do Sul associados a complexos convectivos de mesoescala. **Sociedade & Natureza,** Uberlândia, v. 21, n. 2, p. 91-105, ago. 2009.

WMO. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Guide to instruments and methods of observation:** measurement of meteorological variables. 1. ed. Geneva: Publications Board, 2018. 545 p.

**APÊNDICES**

## APÊNDICE A

**Tabela 1A - Grupo de características meteorológicas de tempo presente**

<b>Intensidade ou Proximidade</b>	<b>Descritor</b>	<b>Precipitação</b>	<b>Obscurecedor</b>	<b>Outros</b>
(-) Leve	MI Baixo	DZ Chuvisco	BR Névoa úmida	PO Poeira/areia em redemoinhos
	BC Banco	RA Chuva	FG Nevoeiro	SQ Tempestade
Sem sinal representa a intensidade moderada	PR Parcial	SN Neve	FU Fumaça	FC Nuvem(ns) funil (tornado ou tromba d'água)
	DR Flutuante	SG Grãos de neve	VA Cinzas vulcânicas	SS Tempestade de areia
(+ ) Forte (bem desenvolvido para redemoinhos de poeira/areia e nuvens funil	BL Soprada	PL Pelotas de gelo	DU Poeira extensa	DS Tempestade de poeira
	SH Pancada(s)	GR Granizo	SA Areia	
VC Nas vizinhanças	TS Trovoada ou raios e relâmpagos	GS Granizo pequeno e/ou grãos de neve	HZ Névoa seca	
	FZ Congelante			

Fonte: REDEMET (2020).

## APÊNDICE B

**Tabela 1B - Instruções para interpretação de METAR**

“SBRJ 231200Z 31015G27KT 280V350 4000 -RA SCT020 BKN120 25/20 Q1012 =”	
SBRJ	Indicador da localidade. O exemplo “SBRJ” refere-se ao Aeroporto Santos Dumont.
231200Z	Informa o dia e o horário da observação, em horas e minutos UTC ( <i>Universal Time Coordinated</i> ) seguido da letra indicadora Z.
31015G27KT 280V350	Refere-se à direção e a velocidade do vento à superfície em relação ao norte verdadeiro. Interpretando: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 31015G27KT 280V350: Direção do vento de 310°;</li> <li>• 31015G27KT 280V350: Velocidade do vento de 15 KT;</li> <li>• 31015G27KT 280V350: Ocorrência de vento de rajada de 27 KT;</li> <li>• 31015G27KT 280V350: Unidade de medida utilizada para a velocidade do vento. KT é a sigla, em inglês, da unidade de medida “nó”;</li> <li>• 31015G27KT 280V350: Vento variando entre 280° e 350°.</li> </ul>
4000	Refere-se à visibilidade horizontal predominante, expressa em metros. O exemplo refere-se a 4.000 m.
-RA	Este grupo é interpretado conforme Apêndice A, Tabela 1.
SCT020 BKN120	Refere-se à quantidade e altura da base das nuvens. Os três primeiros dígitos indicam a quantidade de nuvens: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 a 2 oitavos serão informados como FEW (<i>Few</i>);</li> <li>• 3 a 4 oitavos serão informados como SCT (<i>Scattered</i>);</li> <li>• 5 a 7 oitavos serão informados como BKN (<i>Broken</i>);</li> <li>• 8 oitavos serão informado como OVC (<i>Overcast</i>).</li> </ul> Nas condições de nevoeiro, em que as nuvens não podem ser observadas, poderá ser reportada a visibilidade vertical, usando as siglas VV antes da visibilidade vertical. Os três últimos dígitos indicam a altura da base das nuvens em unidades de centenas de pés (ft). Os tipos de nuvens não serão identificados, exceto os das nuvens convectivas significativas, que são: cumulus nimbus, indicado por CB e cumulus de grande extensão vertical, indicado por TCU, exemplo: FEW010CB e SCT020TCU. No exemplo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• SCT020 – camada de 3 a 4 oitavos de nuvens a 2000ft.</li> <li>• BKN120 – camada de 5 a 7 oitavos de nuvens a 12000ft.</li> </ul>
25/20	Temperatura do ar e do ponto de orvalho observadas, cada uma com dois algarismos, são arredondadas para os valores inteiros mais próximos, em graus Celsius. Temperaturas negativas serão precedidas pela letra M. No exemplo: 25/20 expressa à temperatura do ar de 25 °C e a temperatura do ponto de orvalho de 20 °C.
Q1012	Indica a pressão barométrica da estação de observação (QNH) arredondada para o hectopascal inteiro imediatamente abaixo. O grupo é formado pela letra Q seguida por quatro algarismos. No exemplo: Q1020 – Pressão QNH de 1012 hPa.
=	Designador de término da mensagem.

Na leitura dos códigos que compõem o METAR, as letras “FG” significam NEVOEIRO, e os sete primeiros números, seguidos da letra Z, significam o dia (os dois primeiros números), a hora de emissão do METAR (os quatro últimos números, seguidos da letra Z).

Fonte: REDEMETS (2020).

## APÊNDICE C

**Tabela 1C - Relatórios meteorológicos (METAR) com ocorrências de nevoeiro no Aeroporto Internacional de Maceió, Zumbi dos Palmares, de 2007 a 2016**

<b>29 de abril de 2007</b>
SBMO 290640Z 27004KT 0600 FG VV003 23/23 Q1014=
SBMO 290700Z 27004KT 0600 FG VV003 23/23 Q1014=
SBMO 290735Z 27005KT 0900 FG BKN003 SCT010 23/23 Q1014=
<b>26 de julho de 2007</b>
SBMO 260719Z 28002KT 0900 R12/P1500 FG BKN010 21/21 Q1017=
SBMO 260728Z 00000KT 0600 R12/P1500 FG SCT010 21/21 Q1017=
SBMO 260800Z 30002KT 0300 R12/P1500 FG SCT010 21/21 Q1017=
SBMO 260900Z 26003KT 0400 R12/P1500 FG SCT010 21/21 Q1017=
SBMO 261000Z 30004KT 0200 R12/P1500 FG SCT010 21/21 Q1018=
<b>25 de janeiro de 2008</b>
SBMO 250825Z 00000KT 0040 FG OVC001 23/23 Q1011=
<b>06 de maio de 2008</b>
SBMO 060832Z 28003KT 0800 FG NSC 22/22 Q1012=
SBMO 060842Z 28003KT 0800 FG NSC 22/22 Q1012=
<b>21 de maio de 2008</b>
SBMO 210900Z 30005KT 0900 FG SCT020 21/21 Q1012=
SBMO 211000Z 30005KT 3000 0900SW FG FEW020 SCT100 21/21 Q1013=
<b>05 de junho de 2008</b>
SBMO 050532Z 27004KT 0900 FG FEW005 SCT014 21/21 Q1015=
<b>11 de junho de 2008</b>
SBMO 110820Z 00000KT 0800 FG FEW020 19/19 Q1014=
SBMO 110826Z 00000KT 0400 FG FEW020 19/19 Q1014=
<b>22 de junho de 2008</b>
SBMO 230130Z 31003KT 0500 FG SCT020 BKN300 22/22 Q1015=
SBMO 230200Z 31003KT 0050 FG VV001 21/21 Q1015=
<b>23 de junho de 2008</b>
SBMO 230300Z 35003KT 0050 FG VV002 21/21 Q1015=
SBMO 230400Z 34002KT 0100 FG BKN010 BKN300 21/21 Q1014=
SBMO 230536Z 29004KT 0200 FG FEW020 BKN300 21/21 Q1014=
<b>03 de agosto de 2008</b>
SBMO 030500Z 27003KT 0900 FG SCT010 BKN015 BKN100 21/21 Q1014=
SBMO 030945Z 30003KT 0900 FG BKN005 SCT015 BKN100 21/21 Q1015=
SBMO 031031Z 27001KT 0800 FG BKN007 SCT015
<b>10 de setembro de 2008</b>
SBMO 100600Z 27003KT 0400 FG SCT009 SCT018 21/21 Q1017=
<b>12 de maio de 2009</b>

---

SBMO 120600Z 29003KT 0800 FG FEW003 BKN100 23/23 Q1012=  
 SBMO 120630Z 29003KT 0300 FG FEW003 BKN100 23/23 Q1012=

---

**08 de junho de 2009**

---

SBMO 080311Z 00000KT 0900 FG SCT009 SCT017 BKN100 22/22 Q1014=

---

**16 de junho de 2009**

---

SBMO 170206Z 00000KT 0800 FG SCT001 22/22 Q1015=

---

**24 de junho de 2009**

---

SBMO 240600Z 36003KT 0400 FG FEW020 21/21 Q1014=

SBMO 240610Z 36003KT 0900 FG SCT005 21/21 Q1014=

---

**16 de julho de 2009**

---

SBMO 160600Z 31002KT 0900 FG SKC 21/21 Q1016=

SBMO 160700Z 30002KT 0600 FG SKC 22/22 Q1016=

---

**11 de abril de 2010**

---

SBMO 110600Z 25002KT 0500 FG BKN002 SCT015 23/23 Q1011=

SBMO 110700Z 25002KT 0300 FG BKN002 SCT015 23/23 Q1011=

SBMO 110800Z 26003KT 0300 FG BKN002 SCT015

---

**05 de maio de 2010**

---

SBMO 050700Z 31002KT 0800 FG FEW020 23/23 Q1011=

SBMO 050800Z 26002KT 0800 FG FEW020 23/23 Q1011=

SBMO 050829Z 00000KT 0300 FG FEW020 23/23 Q1012=

SBMO 050900Z 00000KT 0600 FG FEW020 23/23 Q1012=

---

**11 de junho de 2010**

---

SBMO 110420Z 30001KT 0400 FG SKC 21/21 Q1016=

SBMO 110500Z 29001KT 0200 FG SKC 21/21 Q1016=

SBMO 110600Z 32001KT 0400 FG SKC 21/20 Q1015=

SBMO 110700Z 31001KT 0300 FG SKC 20/20 Q1015=

---

**17 de junho de 2011**

---

SBMO 170910Z 00000KT 0800 FG BKN003 SCT010 BKN100 21/21 Q1015=

---

**07 de julho de 2011**

---

SBMO 070425Z 27003KT 0900 FG SCT002 21/21 Q1015 =

---

**08 de julho de 2011**

---

SBMO 080400Z 28002KT 0900 FG FEW018 21/21 Q1014 =

SBMO 080500Z 27002KT 0500 FG FEW018 21/21 Q1014=

SBMO 080732Z 32002KT 0800 FG FEW018 21/20 Q1015=

SBMO 080800Z 33002KT 0500 FG FEW018 21/20 Q1014=

SBMO 081000Z 33003KT 0800 FG FEW018 21/21 Q1015=

---

**07 de março de 2012**

---

SBMO 070828Z 27004KT 0500 FG VV001 23/23 Q1012=

SBMO 070900Z 25004KT 0000 FG VV001 23/23 Q1013=

SBMO 071000Z 24003KT 0800 FG VV002 23/23 Q1013=

---

**18 de junho de 2012**

---

SBMO 180700Z 26003KT 0500 FG VV008 22/21 Q1015=

---

**18 de julho de 2012**

---

SBMO 180800Z 32002KT 0800 FG SCT020 20/20 Q1017=

---

**26 de junho de 2014**

---

SBMO 270125Z 00000KT 0700 FG BKN005 BKN015 20/19 Q1017=

SBMO 270200Z 00000KT 0800 FG BKN003 BKN015 20/19 Q1017=

---

---

**18 de julho de 2014**

SBMO 190030Z 33003KT 0500 FG FEW020 19/18 Q1019=

---

**19 de julho de 2014**

SBMO 190600Z 28003KT 0500 -RA FG OVC007 19/19 Q1018=

---

**09 de setembro de 2014**

SBMO 040900Z 00000KT 9999 0800NW FG FEW005 22/22 Q1015=

---

**02 de junho de 2016**

SBMO 020520Z 31003KT 0600 FG OVC002 23/23 Q1013=

---

Fonte: REDEMET (2020).

## APÊNDICE D

**Tabela 1D - Histórico de voos impactados com atrasos ou cancelamentos, devido condições meteorológicas no período de 26/07/2007 a 02/06/2016**

Voo	Origem	Destino	Partida prevista	Partida real	Chegada prevista	Chegada real	Situação	Justificativa
TAM 3179	SBMO	SBSV	26/07/2007 06:45	26/07/2007 10:12	26/07/2007 07:45	26/07/2007 11:16	Realizado	WO
TAM 3377	SBMO	SBSV	26/07/2007 03:10	26/07/2007 03:33	26/07/2007 04:05	26/07/2007 04:32	Realizado	WO
TAM 3179	SBMO	SBSV	11/06/2008 05:50	11/06/2008 06:08	11/06/2008 06:50	11/06/2008 07:13	Realizado	WO
GLO 1607	SBMO	SBSV	11/06/2008 05:35	11/06/2008 06:03	11/06/2008 06:30	11/06/2008 07:05	Realizado	WO
TAM 3179	SBMO	SBSV	03/08/2008 05:50	03/08/2008 06:08	03/08/2008 06:50	03/08/2008 07:17	Realizado	WO
TAM 3165	SBMO	SBGR	03/08/2008 03:40	03/08/2008 04:56	03/08/2008 06:30	03/08/2008 08:12	Realizado	WO
GLO 1632	SBMO	SBBR	03/08/2008 04:00	03/08/2008 04:17	03/08/2008 06:10	03/08/2008 06:42	Realizado	WR
TAM 3165	SBMO	SBGR	12/05/2009 03:30	12/05/2009 03:52	12/05/2009 06:35	12/05/2009 07:38	Realizado	WT
TAM 3248	SBMO	SBAR	11/04/2010 04:30		11/04/2010 05:00		Cancelado	XO
GLO 1845	SBMO	SBAR	11/04/2010 13:35		11/04/2010 14:25		Cancelado	XT
TAM 3511	SBMO	SBAR	11/04/2010 15:55	11/04/2010 18:32	11/04/2010 16:40	11/04/2010 19:10	Realizado	WT
TAM 3179	SBMO	SBSV	05/05/2010 05:50	05/05/2010 05:57	05/05/2010 06:50	05/05/2010 07:22	Realizado	WO
GLO 1607	SBMO	SBSV	05/05/2010 05:33	05/05/2010 05:57	05/05/2010 06:33	05/05/2010 07:26	Realizado	WO
GLO 1723	SBMO	SBBR	11/06/2010 04:00	11/06/2010 06:33	11/06/2010 06:18	11/06/2010 08:59	Realizado	WO
GLO 1831	SBMO	SBGR	11/06/2010 04:20		11/06/2010 07:10		Cancelado	XO
GLO 1607	SBMO	SBSV	11/06/2010 05:33	11/06/2010 07:09	11/06/2010 06:33	11/06/2010 08:15	Realizado	WO
AZU 4181	SBMO	SBKP	11/06/2010 02:30		11/06/2010 05:20		Cancelado	XO
TAM 3481	SBMO	SBBR	17/06/2011 06:20	17/06/2011 06:38	17/06/2011 08:44	17/06/2011 09:08	Realizado	WO
TAM 3645	SBMO	SBGR	02/06/2016 03:39		02/06/2016 06:40		Cancelado	XO
TAM 3481	SBMO	SBBR	02/06/2016 05:32		02/06/2016 08:05		Cancelado	XO
GLO 1607	SBMO	SBSV	08/07/2011 05:05	08/07/2011 06:36	08/07/2011 06:12	08/07/2011 07:41	Realizado	WO
TAM 3153	SBMO	SBSV	08/07/2011 05:40	08/07/2011 06:17	08/07/2011 06:40	08/07/2011 07:21	Realizado	WO
TAM 3481	SBMO	SBBR	07/03/2012 06:52	07/03/2012 06:56	07/03/2012 09:16	07/03/2012 09:49	Realizado	WO

Fonte: ANAC (2020).

## APÊNDICE E

**Tabela 1E - Siglas correspondentes aos dados expressos no apêndice D**

<b>Sigla</b>	<b>Companhia aérea</b>
GLO	Gol
TAM	Tam
AZU	Azul
<b>Sigla</b>	<b>Aeroporto</b>
SBMO	Aeroporto de Maceió, Alagoas
SBAR	Aeroporto de Aracaju, Sergipe
SBGR	Aeroporto de Guarulhos, São Paulo
SBSV	Aeroporto de Salvador, Bahia
SBBR	Aeroporto de Brasília, Distrito Federal
SBKP	Aeroporto de Campinas, São Paulo
<b>Sigla</b>	<b>Justificativas de ocorrências causadoras de atrasos/cancelamentos</b>
WO	Aeroporto origem abaixo dos limites meteorológicos
WR	Atraso devido retorno - condições meteorológicas
WT	Aeroporto destino abaixo dos limites meteorológicos
XO	Cancelamento - aeroporto origem abaixo dos limites meteorológicos
XT	Cancelamento - aeroporto destino abaixo dos limites meteorológicos

Fonte: REDEMET (2020).