



CENTRO DE INSTRUÇÃO E ADAPTAÇÃO DA AERONÁUTICA
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS ESPECIALISTAS

FILIPE **MENEGARDO** DE SOUZA, AL CFOE MET
EDSON LUIZ **CARDOSO** JUNIOR , AL CFOE MET

**ANÁLISE SINÓTICA EM EVENTOS DE NEVOEIRO DENSO NO AEROPORTO
INTERNACIONAL DE PORTO ALEGRE**

Belo Horizonte
2017

**CENTRO DE INSTRUÇÃO E ADAPTAÇÃO DA AERONÁUTICA
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS ESPECIALISTAS**

**FILIFE MENEGARDO DE SOUZA, AL CFOE MET
EDSON LUIZ CARDOSO JUNIOR , AL CFOE MET**

**ANÁLISE SINÓTICA EM EVENTOS DE NEVOEIRO DENSO NO AEROPORTO
INTERNACIONAL DE PORTO ALEGRE**

Trabalho apresentado ao Curso de Formação de Oficiais Especialistas do Centro de Instrução e Adaptação da Aeronáutica, como requisito parcial para aprovação no referido curso.

Área de concentração: Meteorologia Aeronáutica.

Orientadores Técnicos: Fernando Gonçalves Brandão, Cap Esp Met.

Orientador Metodológico: Joice Rodrigues Teixeira, 1º Ten QOCon BIB

RESUMO

O estudo foi desenvolvido com o objetivo de verificar em que medida os tipos sinóticos de superfície contribuíram para a ocorrência de nevoeiros densos no Aeroporto Internacional de Porto Alegre (SBPA), no período de 2012 a 2016. Foram utilizados os dados observacionais do código METAR (*Meteorological Aerodromo Report*) para a caracterização climatológica, sendo efetuados cálculos de duração total e estatística descritiva, com distribuição de frequências horárias, mensais e anuais. Com o uso da técnica de análise das cartas sinóticas de superfície, obteve-se um sumário estatístico de ocorrências de nevoeiros densos. Os resultados apontaram que seis tipos sinóticos (alta pressão, crista, crista pós-frontal, cavado, colo e frente fria) contribuíram para a ocorrência do fenômeno em, respectivamente, 37,04%, 33,33%, 14,81%, 7,42%, 3,70% e 3,70%, dos casos. Contribui-se assim com uma importante base de consulta para os previsores da FAB sobre a ocorrência de nevoeiros densos no Aeroporto Internacional de Porto Alegre.

Palavras-chave: Nevoeiro denso. Análise Sinótica. Previsão do Tempo. Climatologia.

ABSTRACT

This study was developed with the objective of verify how the surface synoptic types contributed to the dense fogs events in Porto Alegre International Airport. METAR code data were used to description climatological, calculating the total duration and descriptive statistics, with hourly, monthly and annual frequencies. Through the synoptic charts analysis technique, it was obtained a statistical summary of dense fog occurrences. The results showed that six synoptic types (high pressure, ridge, post-frontal ridge, trough, col and cold front) contributed to the phenomenon occurrence at, respectively, 37,04%, 33,33%, 14,81%, 7,42%, 3,70% and 3,70% of cases. This contributes to an important consultation basis for the FAB forecasts of a dense fog at the Porto Alegre International Airport.

Keywords: *Dense Fog. Synoptic Analysis. Weather Forecast. Climatology.*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 DESENVOLVIMENTO	8
2.1 Referencial Teórico	8
2.2 Metodologia	10
2.2.1 Classificação da pesquisa quanto aos fins	10
2.2.2 Classificação da pesquisa quanto aos meios ou procedimentos	11
2.2.3 Universo e amostra	11
2.2.4 Técnicas de coletas de dados	11
2.2.5 Análise dos dados coletados	11
2.3 Apresentação e análise dos resultados	12
2.3.1 Identificação das características climatológicas dos nevoeiros densos	12
2.3.2 Análise da distribuição temporal dos eventos de nevoeiro denso	15
2.3.3 Identificação dos tipos sinóticos atuantes nos casos de nevoeiros densos ocorridos no mês de maior incidência	16
3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	17
REFERÊNCIAS	19

1 INTRODUÇÃO

Em uma malha aérea cada vez mais movimentada e conexa, onde uma mesma aeronave pode realizar diversas rotas ao longo de um período, a interligação entre os aeroportos torna-se essencial para o bom fluxo da navegação. A meteorologia insere-se nesse contexto mostrando sua relevância, pois está diretamente ligada ao sucesso ou não das atividades a serem realizadas (ALMEIDA, 2008, p. 6).

Diversos fenômenos meteorológicos influenciam no gerenciamento de tráfego aéreo, sendo dedicada maior atenção àqueles que causem maior impacto. Dentre eles, destaca-se o nevoeiro, uma condição de risco dada a restrição na visibilidade que provoca (VAREJÃO-SILVA, 2006, p. 349). O nevoeiro denso, ou seja, o de maior intensidade, proporciona severa queda na visibilidade afetando demasiadamente as operações, e em alguns casos, podendo ser fator contribuinte para a ocorrência de acidentes aeronáuticos (BRANDÃO, 2016, p. 5).

As reduções na capacidade aeroportuária provocadas pela restrição de teto e visibilidade levam a incrementos significativos de custos para as companhias aéreas (TARDIF; RASMUSSEN, 2007). Também podem provocar transtornos para os tripulantes, que por vezes regulamentam em suas cargas horárias de trabalho inviabilizando a continuidade do voo e passageiros que vêm seus compromissos adiados ou cancelados. Por isso, a análise das informações meteorológicas, especificamente o nevoeiro denso, objetivo estabelecido para este trabalho, têm sido cada vez mais solicitadas, sendo imprescindíveis para a segurança e planejamento dos voos (BRANDÃO, 2016, p. 5).

Nesse estudo foi investigado o fenômeno no Aeroporto Internacional Salgado Filho em Porto Alegre. Essa escolha se justifica em razão de ser o aeroporto mais movimentado da região sul do Brasil, sendo um importante HUB internacional para os países do Cone Sul, com vôos diretos para Europa e Estados Unidos (BRASIL, ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE TRÁFEGO AÉREO, 2016). O aeroporto também possui características geográficas peculiares que o tornam um dos mais afetados pelas ocorrências de nevoeiros (latitude média 29° 59' 38''S; influência de fenômenos sinóticos e aporte de umidade pela presença de rios e terrenos alagadiços).

Diferentes tipos sinóticos de superfície são responsáveis por influenciar a formação de nevoeiros densos, cada qual tem seu grau de probabilidade para a geração do fenômeno. Piva e Fedorova (1999) identificaram que a presença de um sistema de alta pressão a leste ou a nordeste do Aeroporto de Porto Alegre favorecia a maior frequência de ocorrência de nevoeiro. Brandão (2016) verificou que cinco tipos sinóticos (alta pressão, crista pós-frontal, crista, cavado de este e frente fria) contribuíram para a formação de nevoeiro denso para o Aeroporto Internacional de Guarulhos.

Almeida (2008) em seu trabalho realizou um estudo climatológico da ocorrência de nevoeiros no Aeroporto Internacional de Porto Alegre, com cálculos de duração total e estatística descritiva com distribuição de frequências anuais, mensais e horárias dentre outras análises. Como um dos resultados, o autor determinou que cerca de 62,4% do total de nevoeiros ocorridos caracterizavam-se como sendo densos.

A previsão do fenômeno é vital para que o Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea (CGNA) possa executar com sucesso a harmonização do fluxo de tráfego aéreo, proporcionando a gestão operacional das ações correntes do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB) e a efetiva supervisão de todos os serviços prestados (GONZALES, 2017, p. 2).

Surgiu então o seguinte problema de pesquisa: qual a relação entre os tipos sinóticos de superfície e o registro de nevoeiros densos no Aeroporto de Porto Alegre no período de 2012 a 2016?

Considerando a questionamento levantado, foi estabelecido como objetivo geral do trabalho: verificar em que medida os tipos sinóticos de superfície contribuíram para a ocorrência de nevoeiros densos no Aeroporto Internacional de Porto Alegre (SBPA), no período de 2012 a 2016.

Para alcançar o objetivo geral, foram delimitados os seguintes objetivos específicos (OE):

OE1: identificar as características climatológicas dos casos de nevoeiros densos no Aeroporto Internacional de Porto Alegre entre os anos de 2012 e 2016.

OE2: identificar o mês de maior incidência de nevoeiro denso, a partir da técnica estatística do desvio-quartilico;

OE3: identificar os tipos sinóticos de superfície, por meio da técnica de análise sinótica, para os casos de nevoeiros densos ocorridos no mês de maior incidência.

OE4: relacionar os tipos sinóticos de superfície com a ocorrência de nevoeiros densos.

No levantamento bibliográfico realizado, foi localizado apenas um estudo no Brasil que versa especificamente sobre o nevoeiro denso. Trata-se do trabalho de Brandão (2016), que verificou sua ocorrência para o Aeroporto de Guarulhos, estabelecendo uma relação entre os sistemas sinóticos e a formação do fenômeno.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Referencial Teórico

O tema deste trabalho científico está relacionado com nevoeiro, especificamente o nevoeiro denso, e análise sinótica. A pesquisa foi baseada em definições teóricas e estudos realizados por diversos autores, com ênfase naqueles elaborados por Brandão (2016), Meyer e Lala (1990), Piva e Fedorova (1999) e Almeida (2008).

O fenômeno nevoeiro é definido como gotículas de água ou cristais de gelo em suspensão que reduzem a visibilidade a menos de 1000m (BRASIL, ICA 105-15, 2016). Para Mayer e Lala (1990) os nevoeiros densos são aqueles que restringem a visibilidade para valores menores ou iguais a 400 m. De acordo com Ferreira (2006), os nevoeiros formam-se em uma atmosfera estável colados à superfície cobrindo todo o céu, restringindo a visibilidade e causando grandes transtornos na operação dos aeródromos e graves acidentes nas estradas.

Dependente das condições atmosféricas, diferentes tipos de nevoeiros podem surgir:

- a) Nevoeiro de Radiação: é típico de inverno, onde em noites de céu claro, ou seja, com ausência de nuvens, ocorre rápido resfriamento do solo por irradiação.

- b) Nevoeiro de advecção: surge quando o ar úmido escoar sobre uma superfície fria (água ou solo), perdendo calor de baixo para cima (VAREJÃO-SILVA, 2006, p. 350).

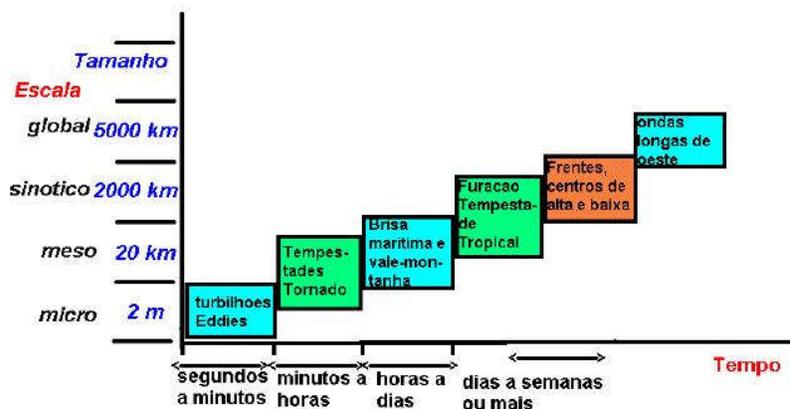
À medida que a umidade relativa se aproxima gradualmente de 100%, maior será a condensação nos núcleos higroscópicos fazendo com que as gotículas presentes cresçam até tornarem-se visíveis a olho nu. A restrição da visibilidade ocorre devido ao aumento de tamanho e concentração dessas gotículas (AHRENS, 2009).

A visibilidade, para fins aeronáuticos, é definida como a maior distância em que um objeto de dimensões apropriadas pode ser visto e identificado, quando observado de encontro a um fundo brilhante; ou a maior distância em que luzes na vizinhança podem ser vistas e identificadas, quando observadas de encontro a um fundo escurecido (BRASIL, ICA 105-15, p. 13).

Sinótica vem do grego *synoptikos*, que significa ter uma visão geral do todo. Assim, a meteorologia sinótica está relacionada com a descrição, análise e previsão do tempo de sistemas meteorológicos de grande escala (MASTER, 2017).

A escala de um fenômeno atmosférico refere-se às suas dimensões espaciais e temporais típicas. A figura a seguir ilustra as diferentes escalas dos fenômenos atmosféricos:

Figura 1 - Escala dos fenômenos meteorológicos



Fonte: MASTER (2017).

Dentro da escala sinótica encontramos fenômenos tais como:

- a) Frente fria: uma frente é dita fria quando sua passagem por um determinado ponto da superfície terrestre provoca a substituição do ar quente que ali existia por ar frio (VAREJÃO-SILVA, 2006, p. 373);
- b) Frente quente: é um sistema onde a massa de ar quente avança na direção da massa de ar frio, substituindo-a;
- c) Ciclone: constitui uma região, com isóbaras fechadas, circuncêntricas ou não, que possui valores de pressão mais reduzidos do que qualquer outro ponto à sua volta. Ocorre convergência de massa à superfície e movimentos de ar ascendentes (VAREJÃO-SILVA, 2006, p. 128);
- d) Anticiclone: é uma região, com isóbaras fechadas, circuncêntricas ou não, que possui valores de pressão mais elevados do que qualquer outro ponto à sua volta. Ocorre divergência de massa à superfície e movimentos de ar descendentes (VAREJÃO-SILVA, 2006, p. 126);
- e) Crista: representa uma superfície isobárica ondulada com um eixo onde a pressão é máxima em relação à área circundante (VAREJÃO-SILVA, 2006, p. 129);
- f) Cavado: superfície isobárica ondulada que apresenta um eixo onde a pressão é mínima em relação à área circundante (VAREJÃO-SILVA, 2006, p. 129);
- g) Colo: identifica uma região de calmaria, com ventos fracos e variáveis, situada entre duas áreas de altas e baixas pressões.

Em uma carta sinótica de superfície são plotadas as observações meteorológicas, que permitem ao previsor realizar a análise dos campos de pressão atmosférica, temperatura, umidade e vento, com a finalidade de identificar os tipos sinóticos atuantes (BRANDÃO, 2016, p. 6).

2.2 Metodologia

2.2.1 Classificação da pesquisa quanto aos fins

Para alcançar os objetivos geral e específicos, esta pesquisa foi classificada como descritiva (GIL, 2002), pois busca-se por meio da análise de dados estabelecer uma

relação entre os tipos sinóticos identificados nas cartas meteorológicas de superfície e as ocorrências de nevoeiros densos detectados no Aeroporto Internacional de Porto Alegre entre os anos de 2012 a 2016. A escolha do período foi definida a fim de serem considerados os dados mais recentes e em número suficiente de casos para caracterizar o estudo e identificar os padrões de tempo associados ao nevoeiro.

2.2.2 Classificação da pesquisa quanto aos meios ou procedimentos

Considerando os procedimentos que foram adotados, esta pesquisa foi classificada como documental (GIL, 2002), pois valeu-se dos registros de dados meteorológicos do Aeroporto Internacional de Porto Alegre entre os anos de 2012 e 2016 e da análise das cartas sinóticas de superfície elaboradas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação para os casos identificados de nevoeiro denso.

2.2.3 Universo e amostra

O universo desse trabalho refere-se à totalidade de ocorrências de nevoeiros no Aeroporto Internacional de Porto Alegre entre os anos de 2012 a 2016, cujos registros totalizaram 177 ocorrências com 618,91 horas. A amostra refere-se às ocorrências de nevoeiro caracterizado como denso para o aeroporto no período, cujos registros totalizaram 81 ocorrências com 239,28 horas.

2.2.4 Técnicas de coletas de dados

Para a execução desta pesquisa, serão coletados os dados de visibilidade e tempo presente do código METAR de SBPA, disponíveis no site do Banco de Dados Meteorológicos do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) e as cartas sinóticas de superfície disponíveis no site da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN), referente aos casos detectados, entre os anos de 2012 a 2016.

2.2.5 Análise dos dados coletados

Para o cumprimento do OE1, foram selecionados os casos ocorridos no período de 2012 a 2016, identificados como nevoeiro denso, considerando a definição de Meyer e Lala (1990), onde a restrição de visibilidade tem de ser menor ou igual a 400 metros. Os registros do fenômeno para um mesmo dia foram contabilizados uma única vez, independente de sua duração ou intermitência. Também foram

considerados os dados de data e hora para a caracterização da incidência do fenômeno, sendo efetuados cálculos de duração total e estatística descritiva, com distribuição de freqüências horárias, mensais e anuais.

Para o cumprimento do OE2, foi aplicada a técnica do desvio-quartilico, com associação policromática, conforme proposto por Colabone (2011) e utilizado por Brandão (2016), para definição do mês de maior incidência do nevoeiro denso no período considerado.

Para o OE3, foi empregada a técnica de análise das cartas sinóticas de superfície, das 00Z e 12Z, de acordo com data e hora de ocorrência de nevoeiros densos identificados, com a finalidade de determinar os tipos sinóticos que influenciaram para a formação do fenômeno. Foi utilizada a categorização conforme sugerida por Meyer e Lala (1990) e Croft e Bourton (2006): alta pressão, crista, crista pós-frontal, baixa pressão, cavado, frente fria e colo.

Por fim, para o cumprimento do OE4, foi construído um sumário estatístico de ocorrências de nevoeiros densos de acordo com o tipo sinótico associado, para o mês de maior ocorrência no período de 2012 a 2016.

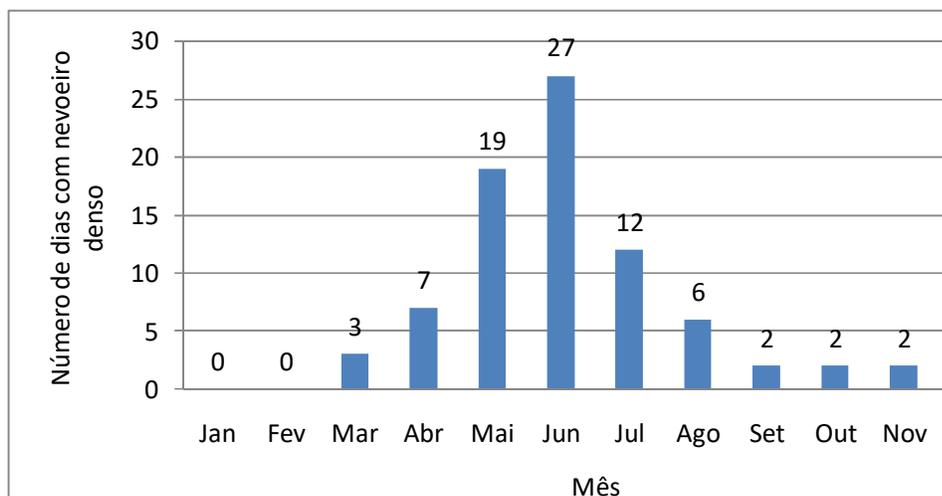
2.3 Apresentação e análise dos resultados

2.3.1 Identificação das características climatológicas dos nevoeiros densos

Utilizando os dados de tempo presente e visibilidade do código METAR de SBPA, no período de 2012 a 2016 foram identificados 81 casos de nevoeiros densos. Em cumprimento ao OE1, foram analisadas suas características climatológicas.

De acordo com o Gráfico 1, observa-se uma preponderância da ocorrência dos nevoeiros densos no trimestre Maio, Junho e Julho (~72%). Os meses de Abril e Agosto apresentaram um resultado intermediário, totalizando 13 casos (16%). No restante do ano, entre os meses de Setembro a Março, um número menor ocorreu, totalizando 10 eventos (~12%). Janeiro e Fevereiro não tiveram registro do fenômeno. Tais resultados estão em consonância com os valores obtidos para nevoeiros em geral em SBPA por Almeida (2008), o que reforça a preocupação com o fenômeno para o período de transição outono/inverno.

Gráfico 1 - Frequência absoluta das ocorrências de nevoeiros densos em SBPA de 2012 a 2016.

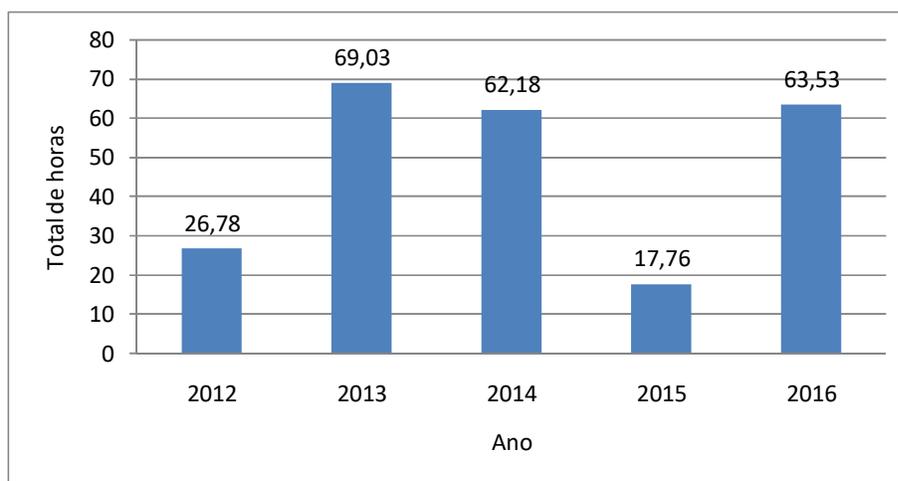


Fonte: Os autores.

Com relação ao total anual de horas de nevoeiros densos, verifica-se no Gráfico 2 que o ano de maior ocorrência foi o de 2013 (69,03h) e que o ano de 2015 registrou os menores valores (17,76h).

Destaca-se a nítida distinção entre os anos de 2013, 2014 e 2016, os quais apresentaram resultados com maior viés, enquanto que os anos de 2012 e 2015 tiveram os menores registros. Tais resultados apontam para uma possível anomalia de fenômenos que influenciam a formação do nevoeiro denso nestes anos.

Gráfico 2 - Total anual de horas de nevoeiros densos em SBPA de 2012 a 2016.

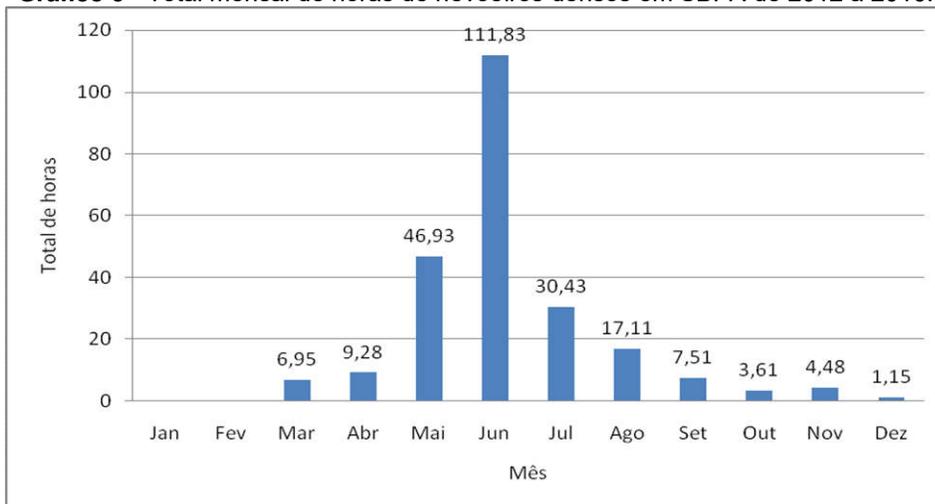


Fonte: Os autores.

No período de estudo, foram registrados 239,28 horas de nevoeiro denso. Deste total, como pode ser verificado no Gráfico 3, destaca-se o trimestre Maio, Junho e

Julho com 189,19h (~79%). Tais resultados apontam que o mês de Junho, além de registrar a maior quantidade de nevoeiros, como visto anteriormente, também sobressai em horas de ocorrência correspondendo a quase metade dos valores registrados (~47%).

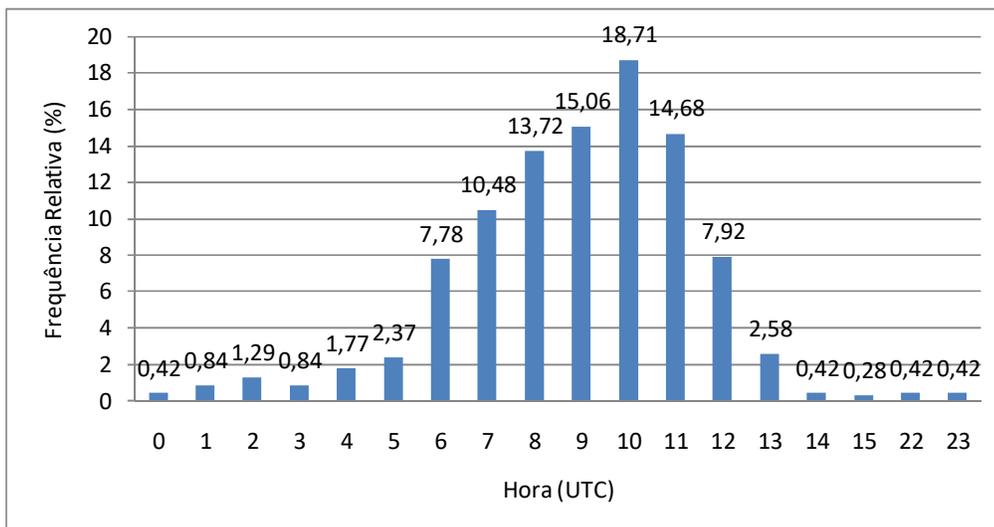
Gráfico 3 - Total mensal de horas de nevoeiros densos em SBPA de 2012 a 2016.



Fonte: Os autores.

Analisando a distribuição horária dos nevoeiros densos (Gráfico 4), verifica-se que a maioria dos casos ocorreu entre 6 e 12 UTC, totalizando frequência relativa de aproximadamente 88%. Não houve registro de nevoeiros densos entre 16 e 21 UTC, o que corresponde normalmente ao período mais quente e seco do dia.

Gráfico 4 - Distribuição horária de nevoeiros densos em SBPA de 2012 a 2016.



Fonte: Os autores.

2.3.2 Análise da distribuição temporal dos eventos de nevoeiro denso

Com a finalidade de cumprir o OE2, foram calculados os pesos percentuais mensais de ocorrências de nevoeiros densos, conforme Quadro 1, para aplicação da técnica do desvio-quartilico.

Quadro 1 – Pesos percentuais de ocorrências de nevoeiro denso, em relação ao período de estudo.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2012	0,000	0,000	0,000	0,049	0,075	0,012	0,025	0,012	0,012	0,000	0,000	0,000
2013	0,000	0,000	0,025	0,012	0,049	0,099	0,049	0,025	0,000	0,025	0,000	0,012
2014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,075	0,086	0,012	0,038	0,000	0,000	0,012	0,000
2015	0,000	0,000	0,012	0,012	0,000	0,012	0,025	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000
2016	0,000	0,000	0,000	0,012	0,038	0,123	0,038	0,000	0,012	0,000	0,000	0,000

Fonte: Os autores.

A classificação da incidência mensal do fenômeno com o uso da técnica resultou nos intervalos de classes descritos no Quadro 2.

Quadro 2 – Intervalos de classes obtidos a partir da aplicação da técnica do desvio-quartilico e escala de cor associada.

Classes	Limite Mínimo	Limite Máximo	Cor Associada
Ausência de nevoeiro denso	0	0	
1ª Classe	0,012	0,037	
2ª Classe	0,038	0,074	
3ª Classe	0,075	0,098	
4ª Classe	0,099	0,123	

Fonte: Os autores.

A combinação dos pesos percentuais, com as classes e cores associadas, pode ser vista no Quadro 3. Nela, classifica-se a incidência das ocorrências de nevoeiros densos para o período de 2012 a 2016.

Verifica-se a maior incidência de nevoeiro denso entre os meses de Maio e Julho, com destaque para o mês de Junho (o de maior registro). Valores intermediários foram encontrados para os meses de Abril e Agosto. Esse resultado corrobora com o encontrado por Cabral (1998) e França (2008) para o Aeroporto de Guarulhos (SBGR) e Colabone (2011) para o aeródromo da Academia da Força Aérea (SBYS), para qualquer nevoeiro e também com o de Brandão (2016), para nevoeiros densos em SBGR.

Na análise anual, identifica-se que o trimestre Maio, Junho e Julho de 2016 apresentaram maior incidência, com destaque para Junho. Convém aqui registrar que no dia 19 de junho de 2016 foi identificado o nevoeiro denso de maior duração do período de estudo com um total de 14 horas.

Quadro 3 - Classificação da incidência mensal de nevoeiros densos em SBPA, com escala de cores associada para os anos de 2012 a 2016.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2012				■	■	■	■	■	■			
2013			■	■	■	■	■	■		■		■
2014					■	■	■	■			■	
2015			■	■		■	■				■	
2016				■	■	■	■		■			

Fonte: Os autores.

2.3.3 Identificação dos tipos sinóticos atuantes nos casos de nevoeiros densos ocorridos no mês de maior incidência

Para o cumprimento do OE3, foi empregada a técnica de análise das cartas sinóticas de superfície, das 00Z e 12Z, de acordo com data e hora de ocorrência de nevoeiros densos identificados, com a finalidade de se determinar os tipos sinóticos que influenciaram para a formação do fenômeno. Esta análise foi realizada para o mês de Junho, pois como demonstrado, considerando os 5 anos de dados, foi o mês de maior incidência do fenômeno. Identificou-se 6 tipos sinóticos que contribuíram para a formação do nevoeiro denso: crista, alta pressão, crista pós-frontal, frente fria, cavado e colo.

Por fim, para o cumprimento do OE4, obteve-se o Quadro 4, onde são apresentadas as frequências relativas de cada tipo sinótico. Observa-se que a maioria dos nevoeiros ocorreu por influência de 3 tipos sinóticos associados a áreas de maior pressão (crista, alta pressão e crista pós-frontal), totalizando 85,18% dos casos. Não foi detectada a influência de baixa pressão, porém em 1 situação (3,70%) foi identificado o cavado como fator contribuinte.

Quadro 4 - Sumário estatístico de nevoeiros densos em SBPA de acordo com o tipo sinótico, para o mês de Junho entre os anos de 2012 a 2016.

Tipo Sinótico	Numero de ND Associados	Frequência Relativa (%)
Crista	10	37,04
Alta Pressão	09	33,33
Crista Pós-Frontal	04	14,81
Frente Fria	02	07,42
Cavado	01	03,70
Colo	01	03,70
Baixa Pressão	00	00,00
Total	27	100

Fonte: Os autores.

3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Esta pesquisa foi estabelecida com o intuito de identificar em que medida os tipos sinóticos de superfície contribuíram para a formação do nevoeiro denso no Aeroporto Internacional de Porto Alegre no período de 2012 a 2016.

Para responder ao questionamento deste trabalho, foram definidos 4 objetivos específicos. O primeiro (OE1) era identificar as características climatológicas da ocorrência do nevoeiro denso, determinando sua duração total e estatística descritiva, com distribuição de frequências horárias, mensais e anuais. No período de estudo, foram verificados 81 eventos de nevoeiros densos, com destaque para o trimestre Maio, Junho e Junho, onde se concentraram a maior parte dos eventos (73%). Não houve registro do fenômeno para os meses de Janeiro e Fevereiro.

Com relação ao total de horas do fenômeno, os anos de 2013, 2014 e 2016 tiveram os maiores valores, aproximadamente o dobro dos registrados nos anos de 2012 e 2015. Tal oscilação pode ter sido influenciada por fenômenos meteorológicos de larga escala como o El Niño e La Niña.

Para a identificação do mês de maior ocorrência do nevoeiro denso (OE2) utilizou-se a técnica do desvio-quartilico, onde o mês de Junho destacou-se no período de estudo. Essa conclusão foi a mesma encontrada por Almeida (2008) para nevoeiros

de qualquer de intensidade para SBPA e Brandão (2016) para nevoeiros densos em SBGR. O período de transição Outono/Inverno mostra-se, por tanto, o mais favorável para o registro do fenômeno.

Para responder aos OE3 e OE4, após análise das cartas sinóticas de superfície, considerando o mês de Junho como o de maior incidência, os resultados mostraram que 6 tipos sinóticos contribuíram para a formação do nevoeiro denso. Os valores encontrados foram: crista (37,04%), alta pressão (33,33%), crista pós-frontal (14,81%), frente fria (7,42%), cavado (3,70%) e colo (3,70%).

Espera-se que os resultados apresentados nesta pesquisa possam servir de referência para consulta dos previsores da FAB sobre a ocorrência de nevoeiros densos no Aeroporto Internacional de Porto Alegre, com fins de aumentar a base de conhecimento, que é fundamental para aumentar a precisão das previsões realizadas.

Por fim, sugere-se um estudo específico para averiguar quais foram os fatores que contribuíram para a variação anual da ocorrência do nevoeiro denso, assim como, que o problema deste trabalho seja estudado considerando outros aeroportos, o que viabilizaria uma realização análises comparativas.

REFERÊNCIAS

- AHRENS, C. DONALD. **Meteorology Today**: an introduction to weather, climate and environment. 9. ed. Boston: Brooks/Cole, 2009.
- ALMEIDA, L. A. F. **Análise de Frequência da Ocorrência de Nevoeiro no Aeroporto Internacional Salgado Filho – Porto Alegre/RS**. Monografia (Curso de Especialização em Meteorologia Aeronáutica) – Instituto de Controle do Espaço Aéreo, São José dos Campos, SP, 2008.
- BRANDÃO, F. G. **Estudo climatológico sobre eventos de nevoeiro denso no Aeroporto Internacional de Guarulhos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) – Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica, Rio de Janeiro, RJ, 2016.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo 2016**. Rio de Janeiro, RJ, 2016.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **ICA 105-15 de 22 de dezembro de 2016**. Estações Meteorológicas de Superfície. Rio de Janeiro, RJ, 2016.
- CABRAL, E. **Climatologia dos Nevoeiros no Aeroporto de Guarulhos**. São Paulo: SIPAER, 1998.
- CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- COLABONE, R. O. **Nevoeiro e dinâmica atmosférica: uma contribuição ao estudo sobre ocorrências de nevoeiro no aeródromo da Academia da Força Aérea - Pirassununga/SP**. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2011.
- CROFT, P. J.; BURTON, A. N. **Fog during the 2004–2005 winter season in the northern mid-Atlantic states**: Spatial characteristics and behaviors as a function of

synoptic weather types. In: Proc. 12th Conf. on Aviation, Range and Aerospace Meteorology, 2006.

FERREIRA, A. G. **Meteorologia Prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

FRANÇA, V. D. J. **Avaliação da Metodologia de Previsão de Nevoeiro e Visibilidade Horizontal do Modelo ETA**. Dissertação (Curso de Pós-Graduação em Meteorologia), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 2008.

GIL, Antônio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GONZALES, J. J. C. **Previsão de nevoeiro para o Aeroporto Salgado Filho por meio do uso combinado do Fog Stability Index com o método desenvolvido por José Soares Lima**. ECEMAR. Disponível em: <http://www.redemet.aer.mil.br/uploads/2015/03/Previsao_de_nevoeiro_para_o_Aeroporto_Salgado_Filho.pdf>. Acesso em: 24 fev 2017.

METEOROLOGIA APLICADA A SISTEMAS DE TEMPO REGIONAIS (MASTER). Disponível em: < <http://master.iag.usp.br/pr/ensino/sinotica/aula01/>>. Acesso em: 27 maio 2017.

MEYER, M. B.; LALA, G. G. **Climatological aspects of radiation fog occurrence at Albany, New York**. Journal of Climate, v. 3, n. 5, p. 577-586, 1990.

PIVA, E. D.; FEDOROVA, N. **Um estudo sobre a formação de nevoeiro de radiação em Porto Alegre**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 14, n. 2, 47-62, 1999.

TARDIF, R.; RASMUSSEN, R. M. **Event-based climatology and typology of fog in the New York City region**. Journal of Applied Meteorology and Climatology, v. 46, n.8, p. 1141-1168, 2007.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. INMET, Ministério da Agricultura e Abastecimento. Recife, PE, 2006.