

**O IMPACTO DA BAIXA VISIBILIDADE EM APROXIMAÇÕES, POUSOS E
DECOLAGENS CAUSADO POR CONDIÇÕES CLIMÁTICAS ADVERSAS E OS
SEUS RISCOS PARA A SEGURANÇA OPERACIONAL NO AEROPORTO DE
PORTO ALEGRE/RS****Marcos Ferro de Almeida Rodrigues¹****João Erick de Mattos Fernandes²****Jairo Afonso Henkes³****RESUMO**

Nos aeroportos, as condições climáticas adversas ocasionam em especial a baixa visibilidade, que prejudicam as operações aéreas, pois afetam diretamente a ângulo de visão, condição necessária para que os pilotos consigam realizar, com segurança, procedimentos de pousos, decolagens e movimentações em solo. O objetivo do presente trabalho foi investigar e analisar os efeitos de condições climáticas adversas nas operações de aproximação, pouso e decolagem no Aeroporto Internacional Salgado Filho. Este trabalho pode ser caracterizado como uma pesquisa qualitativa, que a partir dos dados analisados pode avaliar as condições de pousos e decolagens e o que precisa ser melhorado no Aeroporto Internacional Salgado Filho, para se evitar maiores atrasos e acidentes por conta de baixa visibilidade. Foi realizada uma análise das características estruturais e ambientais do Aeroporto Internacional Salgado Filho, com análise de dados climatológicos históricos dos últimos 10 anos da região de Porto Alegre, através do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Verificou-se que a ocorrência ou não de nevoeiro, e diversas outras condições meteorológicas podem ser decisivas para que as atividades aeronáuticas tenham um bom

¹ Graduando em Ciências Aeronáuticas (AEROTD). E-mail: marcosferro45@gmail.com.

² Mestrado Profissional em Administração (IBMEC, 2009). Graduado em Engenharia Mecânica (PUC/RIO, 2012). Graduado em Administração (UERJ, 2006). Professor da AEROTD. E-mail: joaoerick@gmail.com.

³ Doutorando em Geografia (UMinho, 2019). Mestre em Agroecossistemas (UFSC, 2006). Especialista em Administração Rural (UNOESC, 1997). Engenheiro Agrônomo (UDESC, 1986). Professor dos Cursos de Ciências Aeronáuticas e CSTTA da AEROTD. E-mail: jairohenkes333@gmail.com.

desempenho, de tal modo que se essas condições sejam desfavoráveis, o transporte aéreo pode sofrer diversos riscos. Foi possível concluir que a melhor opção para melhorar as condições de pouso quando há baixa visibilidade causada por nevoeiros, seria a implantação do equipamento ILS - categoria III, pois este possui um sistema que é o mais preciso para orientação vertical e lateral para pousos.

Palavras-chave: Nevoeiro. Baixa Visibilidade. Aeroporto. ILS.

THE IMPACT OF LOW VISIBILITY ON APPROACHES, LANDINGS AND TAKEOFF CAUSED BY ADVERSE WEATHER CONDITIONS AND THEIR RISKS TO OPERATIONAL SAFETY AT THE AIRPORT OF PORTO ALEGRE/RS

ABSTRACT

In airports, adverse weather conditions, in particular, cause low visibility, which impairs air operations, as they directly affect the angle of view, a necessary condition for pilots to be able to safely perform landing, take-off and ground handling procedures. The objective of the present work was to investigate and analyze the effects of adverse weather conditions on approach, landing and take-off operations at Salgado Filho International Airport. This work can be characterized as qualitative research, which from the analyzed data can evaluate the conditions of landings and takeoffs and what needs to be improved at Salgado Filho International Airport, to avoid further delays and accidents due to low visibility. An analysis of the structural and environmental characteristics of the Salgado Filho International Airport was carried out, with analysis of historical climatological data from the last 10 years in the Porto Alegre region, through the website of the National Institute of Meteorology (INMET). It was verified that the occurrence or not of fog, and several other meteorological conditions can be decisive for the aeronautical activities to have a good performance, in such a way that if these conditions are unfavorable, the air transport can suffer several risks. It was possible to conclude that the best option to improve landing conditions when there is low visibility caused by fog would be the implementation of ILS equipment - category III, as it has a system that is the most accurate for vertical and lateral guidance for landings.

Keywords: Fog. Low Visibility. Airport. ILS.

1 INTRODUÇÃO

Nos aeroportos, as condições climáticas adversas ocasionam em especial a baixavisibilidade, que prejudica as operações aéreas, pois afeta diretamente o ângulo de visão, 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.

Esse estudo buscou analisar as diferentes estratégias e equipamentos utilizados para proporcionar segurança dos processos da aviação civil, melhorando sua eficiência. É sabido que as condições adversas de tempo são responsáveis por modificações no espaço aéreo, provocando mudanças nas condições operacionais em um curto espaço de tempo. Isso produz um desafio ao sistema de administração de tráfego aéreo, pois as escolhas estratégicas, tomadas para amenizar a demanda de voo, podem promover alterações na complexidade do espaço aéreo local, modificando a trajetória das aeronaves e, conseqüentemente, a carga de trabalho de tripulantes, controladores e aeroviários (CONSIGLIO, 2011).

Deste modo, o presente estudo buscou apurar de que forma as condições meteorológicas adversas impactam nas operações aeroportuárias, em especial nas fases de aproximação, pouso e decolagem no Aeroporto Internacional Salgado Filho, descrevendo estratégias que são ou podem reduzir seus impactos e seus riscos para a segurança operacional, no contexto da aviação civil. Em relação ao meio ambiente, vive-se época de mudanças climáticas e existe a necessidade de novos estudos para avaliar esta temática associada à aviação civil. Os estudos realizados por Araújo (2008) e Brito e Sousa Junior (2009) avaliam as quantidades de emissões realizadas pela aviação, no entanto, esses estudos não consideram os resultados a presença de mau tempo como fator influenciador nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), em consequência de disponibilidade de aproximação, pouso e decolagens e seus possíveis impactos ao

meio ambiente.

A análise dessa temática é importante devido à necessidade de se aprofundar mais sobre o impacto que as condições climáticas adversas exercem sobre a capacidade operacional do tráfego aéreo. Esse estudo é fundamental para elaborar estratégias de gerenciamento de fluxo capazes de melhorar o balanceamento entre a demanda de tráfego e as capacidades do espaço aéreo em especial para as operações do Aeroporto Internacional Salgado Filho.

Esse estudo é focado no Aeroporto Internacional Salgado Filho. O aeroporto tem sua localização na cidade de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul. Com cerca de 1,5 milhões de habitantes. A capital Porto Alegre está situada na 4ª maior metrópole do Brasil, com o número total de habitantes de 4,2 milhões, seu o clima úmido e subtropical, e as quatro estações definidas. Com verões rigorosos e intensas geadas no inverno. É o único aeroporto de Porto Alegre e está localizado dentro da área urbana, cerca de 11 km da região central da cidade. Sua área total é de aproximadamente 318,9 hectare (ANAC, 2015).

Com base nas informações acima, o problema de pesquisa gerado foi: Quais as possibilidades de minimizar os impactos de condições climáticas adversas para aproximações, pousos e decolagens no Aeroporto Internacional Salgado Filho, em Porto Alegre/RS?

Em determinadas situações há a impossibilidade de realizar a operação de aproximação para pouso de precisão devido à falta de segurança. Dentre os fatores que podem acarretar essas condições adversas, “as mais comuns estão ligadas à existência momentânea de obstáculo na pista designada e alterações das condições meteorológicas no setor da aproximação” (ARAÚJO, 2008, p. 556).

A aproximação perdida exige que a aeronave efetue novo procedimento de aproximação e pouso, o aumento no tempo de voo, desconforto para os passageiros, grande atenção das tripulações, ações alternativas, atenção especial do controle de tráfego aéreo e aumento de custos para as empresas operadoras. Esse tipo de ocorrência e procedimentos apresentam alta incidência nos principais aeroportos brasileiros e seus efeitos são bastante prejudiciais ao transporte aéreo (ZHOU, 2018).

A adoção de procedimentos alternativos para aproximação e pouso por instrumentos permite reduzir o número de aproximações perdidas e, juntamente com outras medidas pesquisadas, pode melhorar as condições de gestão da operação aérea da aproximação e pouso em certos aeroportos onde o sistema de pistas e a infraestrutura possui mais de uma pista (BRITO; SOUSA JUNIOR, 2009, p. 241).

O objetivo do presente trabalho foi investigar e analisar os efeitos de condições climáticas adversas nas operações de aproximação, pouso e decolagem no Aeroporto Internacional Salgado Filho. Tendo como objetivos específicos: analisar as condições climáticas nos últimos 10 anos (período de 2012 a 2022) da região de Porto Alegre/RS e como essas condições interferem nas operações.

O presente trabalho buscou analisar as medidas técnicas e operacionais adotadas no Aeroporto Internacional Salgado Filho para proporcionar segurança dos processos da aviação civil, melhorando sua eficiência. Sabe-se que condições adversas no clima podem fazer com o espaço aéreo sofra modificações, alterando assim as condições de operações em um espaço pequeno de tempo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

No Brasil, há aeroportos que recebem voos comerciais regularmente e ainda assim não possuem uma infraestrutura adequada, principalmente para a operação em condições climáticas adversas e isso acaba resultando em aeroportos fechados temporariamente devido à atmosfera adversa e a respectiva falta de preparo estrutural para tais condições climáticas (RICCO, 2018).

2.1 OS IMPACTOS DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS NOS AEROPORTOS

A meteorologia (ou tempo) é o estado atmosférico em um dado tempo e espaço, e seus aspectos mais comumente observados incluem temperatura, chuvas, nuvens, ventos e, quando em condições extremas, tempestades, inundações, furacões, tornados, nevas e secas (EPA, 2015; WMO, 2015). Clima por sua vez é definido pelo tipo, frequência, média, duração e intensidade desses

eventos (*ocip.cit*). Em outros termos, clima é pode ser definido como a média do tempo (ou meteorologia). Assim, mudanças climáticas e meteorologia estão interconectados, de modo que as observações podem mostrar que houve mudanças meteorológicas, e são as estatísticas dessas mudanças ao longo do tempo que identificam as mudanças climáticas (IPCC, 2014).

Eventos climáticos extremos, associados ao aquecimento global, tendem a se intensificar no futuro e o entendimento sobre como tais mudanças climáticas impactarão a aviação auxilia o planejamento de futuras operações. Poucos estudos têm analisado os efeitos das mudanças climáticas na aviação. De acordo com Zhou (2018), há a necessidade de compreensão do efeito da temperatura na performance das aeronaves, em especial durante a decolagem.

As mudanças climáticas globais são caracterizadas principalmente pelo aumento na média da temperatura global, mudanças em regimes hidrológicos, alterações na intensidade de eventos extremos e aumento do nível do mar. As mudanças estão associadas ao crescimento populacional, econômico, ao estilo de vida e ao uso de energias e tecnologias, uma vez que estas podem aumentar a concentração de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido de nitrogênio (N₂O). A emissões destes gases, conhecidos como Gases de Efeito Estufa (GEE), são as causas definidas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) como “extremamente prováveis” na mudança do sistema climático (IPCC, 2014).

O IPCC (2014, p. 299),

realiza simulações que indicam diferentes cenários, nomeados de RCPs (*Representative Concentration Pathways*), baseados no número de reflexão de radiação. Isso corresponde à razão entre a quantidade de energia solar que entra e que sai do planeta, indicando o quanto ficou armazenada no sistema terrestre de acordo com as emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Os cenários propostos pelo IPCC são projeções climáticas globais que adotam resoluções que atingem cerca de 1º e 3º na latitude ou longitude. Contudo, estas resoluções em escalas locais ou regionais podem não englobar outros fatores relevantes, como topografia e uso e ocupação do solo, para estudos mais pontuais (LYRA *et al.*, 2017).

De acordo com Pal e Eltahir (2015), as altas temperaturas começam a exceder os limites históricos e alguns impactos na aviação podem ocorrer, como o aumento da restrição de pesos na decolagem. Segundo Anderson (2015), com o aumento da temperatura do ar, há uma pressão constante, ocorre a expansão do ar, deixando-o menos denso. A sustentação gerada pela asa de um avião ocorre devido ao fluxo de massa através da sua superfície. Em baixas densidades, uma maior velocidade é requerida para produzir dado coeficiente de sustentação em um dado perfil aerodinâmico que, por sua vez, interfere no peso de decolagem da aeronave.

Segundo Coffel *et al.*, (2017, p. 6), “o entendimento de como a mudança climática interfere no peso de decolagem, é determinante para o planejamento de operações futuras”. Contudo, poucos estudos que exploram os potenciais riscos foram realizados.

2.2 A INFLUÊNCIA DOS NEVOEIROS

Os meios de transporte aéreo, como viajam imersos no meio invisível da atmosfera, estão sujeitos a todas as intempéries que ocorrem no ar. A atmosfera, sempre em movimento, faz com que variados efeitos ocorram prejudicando diferentes atividades humanas e uma delas é a aviação. “Além das chuvas, dos ventos, do granizo e de outros eventos mais intensos da natureza, o que atualmente mais afeta a dinâmica da aviação comercial, principalmente nos grandes centros urbanos, é a ocorrência de nevoeiros” (RICCO, 2018, p. 23).

Nevoeiros são gotículas de água em estado líquido que podem ser formadas pela condensação do vapor d'água, ou por gotículas formadas pela maritimidade, ou ainda pela evaporação das gotas de chuva. A água presente em estado líquido no ar deixa a visão muito mais turva do que ela em seu estado líquido (BRUIJNZEEL *et al.*, 2005).

Os impactos dos nevoeiros podem ser sentidos na saúde humana, quando poluentes provocam a condensação do vapor d'água, na agricultura, quando o nevoeiro mantém as folhas das plantas úmidas por um tempo maior, o que causa o surgimento das pragas; nas rodovias, o nevoeiro pode atrapalhar o tráfego,

diminuindo a visibilidade e causando acidentes. Nos transportes marítimos, dificultam a entrada de navios em portos e causando colisão e na aviação, dificultando pousos e as operações nas áreas de estacionamento e taxiamento (VAREJÃO-SILVA, 2001).

Bruijnzeel *et al.*, (2005, p. 18) classificam a intensidade do nevoeiro como:

[...] nevoeiro bastante denso quando a visibilidade não atinge 100 metros até “neblina” quando a visibilidade fica entre 1001 à 2000 m. Além de 2000 m de visibilidade não é considerado nevoeiro. Os nevoeiros podem ter várias classificações adotadas conforme a sua forma de surgimento e sua localização geográfica.

Para mitigar os efeitos dos nevoeiros nos últimos anos, algumas companhias aéreas, como a Azul, criaram um departamento próprio de meteorologia. A Azul criou um Centro de Controle Operacional (CCO), localizado num prédio comercial em Alphaville, onde o departamento de despacho de voos recebe dados meteorológicos e planeja a quantidade de combustível presente na aeronave para evitar que em casos de eventos meteorológicos, o avião fique sem combustível e tenha que pousar em aeroporto diferente do qual era seu destino. Segundo o diretor do setor, com isso, a Azul “reduziu em 39% a quantidade de voos alternados para aeroportos diferentes de seu destino” (CASAGRANDE, 2018, site).

A instalação de tecnologias de auxílio ao pouso (*Instrumentos Landing System - ILS*) reduzem a quantidade de voos prejudicados por eventos de nevoeiro, embora o sistema presente em Congonhas ainda não seja o mais avançado. O aeroporto conta também com a recente instalação do sistema Procedimento de Aproximação com Guia Vertical Baroaltimétrico (BARO VNAV) para pousos, que permite o pouso de forma mais segura utilizando sistemas GPS e o altímetro. Porém, sua pista curta e ausência de um sistema mais moderno, faz com que muitos pilotos se recusem a pousar em Congonhas em dias de nevoeiro (RICCO, 2018).

2.3 O CLIMA COMO FATOR CRUCIAL NO ATRASO E CANCELAMENTO DE VOOS

Um dos motivos para que ocorram os cancelamentos de voos pode ser o tempo em que a decolagem está atrasada. Um outro motivo que também pode levar aos cancelamentos de voos são os atrasos que acontecem no momento do desembarque, causando, conseqüentemente, atrasos no embarque. Para que seja decretado o cancelamento de determinado voo, Xiong e Hansen (2013) citam que os tomadores de decisão nessas operações, como os controladores de voo, levam em consideração o tamanho das companhias, valores das tarifas aéreas, quantidade de passageiros e cargas e distância entre os pontos de origem e destino dos voos.

Segundo Abdel-Aty *et al.*, (2007, p. 358-359),

Atrasos de voos estão fortemente relacionados às condições meteorológicas nos aeroportos de origem e/ou destino, ou durante o trajeto. As conseqüências desses tipos de atrasos e suas propagações no sistema aéreo, incluindo queda da produtividade da aeronave e a insatisfação do passageiro, não podem ser negligenciadas. Adicionalmente aos atrasos podem ocorrer cancelamentos, os quais trazem perdas de receita e/ou aumento de custos operacionais. Em que pese os atrasos e eventuais cancelamentos terem causas variadas, a meteorologia é o fator mais recorrente. Nesse contexto, os autores sugerem que aproximadamente 75% dos atrasos são decorrentes de condições meteorológicas adversas.

ISSN 2763-7697

Os fatores e as condições climáticas, como também os cancelamentos e os atrasos nos voos, podem causar muitos acidentes aéreos. Janic (2015, p. 12) descreve diversos fatores que afetam o transporte aéreo, tais como:

Destacam-se as ações de infraestrutura e manutenção, grande fluxo aéreo e terrestre, acidentes terrestres, desastres naturais (terremotos, vulcões, maremotos) e, principalmente, eventos climáticos ou mau tempo (denso nevoeiro, chuva intensa e/ou queda de neve, furacões, tornados, etc.). Dependendo do tipo, intensidade e duração desses eventos climáticos, o seu impacto pode durar desde algumas horas a vários dias. Alguns desses fatores podem, além de levar ao atraso ou cancelamento de voos, também serem responsáveis por encerramento das operações nesse período.

De acordo com Benedetto (2002), para que um pouso e uma decolagem aconteçam de forma segura, a pista deve estar em condições favoráveis, assim

como o clima, sendo que as intensidades das chuvas tem forte influência sobre as operações no trânsito aéreo. Koetse e Rietveld (2009) descreveram que as fortes chuvas estão se agravando por conta das mudanças climáticas que vem ocorrendo, aumentando assim, os riscos de acidentes aéreos.

2.4 PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS FRENTE A DETERMINADAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

No âmbito da aviação, condições meteorológicas adversas são aquelas que afetam diretamente a segurança de uma operação aeronáutica, durante o voo ou procedimento de solo (KEEL, 2000). No caso de um aeroporto, o teto e a visibilidade são variáveis meteorológicas cruciais para as operações de pouso e decolagem (ANAC, 2021). Elas são importantes para os pilotos em voos por instrumentos (*Instrument Flight Rules - IFR*) e visuais (*Visual flight rule - VRF*). Para este último, visibilidade e teto mínimos são requeridos durante todas as fases do voo enquanto que em voos IFR são mais importantes na área terminal durante os procedimentos de pouso e decolagem (KEEL, 2000).

De acordo com a ANAC (2021, p. 135), assume-se que o pouso ou decolagem de aeronaves são, em circunstâncias normais, comprometidos quando o componente de vento de través exceder:

- a) 37 km/h (20 kt), para pistas com comprimento maior ou igual a 1.500 m;
- b) 24 km/h (13 kt), para pista maior ou igual a 1.200 m e menor que 1.500 m;
- c) 19 km/h (10 kt), para pistas menores que 1.200 m.

Além das restrições impostas pelas condições meteorológicas e pelos requisitos de segurança formulados pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), as empresas aéreas também podem adotar procedimentos de contingência.

2.5 O INSTRUMENT LANDING SYSTEM (ILS)

De acordo com Eltahier e Hamid (2017, p. 107),

o *Instrument Landing System* (ILS), sistema de pouso por instrumento, é conhecido mundialmente na aviação civil e utilizado praticamente por todas as companhias aéreas que operam em condições adversas de meteorologia. Foi o primeiro equipamento de pouso de precisão adotado pela ICAO em 1946 e operacionalizado em 1964. Sendo hoje o sistema mais usado no mundo em condições extremas de baixa visibilidade e teto, elevando o índice de segurança para os tripulantes e passageiros de uma aeronave em procedimento para pouso.

Abdelghany *et al.* (2004) relataram que 75% dos atrasos que acontecem nos sistemas aéreos são causados por conta das más condições climáticas. Para evitar, ou minimizar esses atrasos causados pelas condições climáticas, foi criado um equipamento para auxiliar no pouso quando o tempo não estiver com condições favoráveis. Esse equipamento auxilia o piloto quando o mesmo está realizando o procedimento de aproximação da pista de pouso (DECEA, 2011).

Os auxílios visuais que compõem o sistema ILS, buscando ajudar os pilotos a completarem a aproximação são:

O *Visual Approach Slope Indicator System* – Sistema Indicador da Rampa de Aproximação Visual (VASIS), o *Approach Lighting System* – Sistema de Luzes de Aproximação (ALS) e o *Precision Approach Path Indicator* – Indicador de Trajetória de Aproximação de Precisão (PAPI). O ILS pode ser complementado também por um equipamento conhecido como *Distance Measuring Equipment* – Equipamento de Medição de Distância (DME) e juntamente a ele pode ser concluído com o *Very High Frequency Omnidirectional Range* – Equipamento eletrônico usado na navegação aérea (VOR), formando o sistema integrado de pouso ILS/VOR/DME (BOTTURA, 1989, p. 28).

Segundo Lobato (2013), o ILS é dividido em três categorias: CAT I, CAT II e CAT III. Sendo que a CAT III possui três subdivisões: IIIA, IIIB e IIIC. Essas categorias levam em consideração a altura da camada de nuvens mais baixa, a condição de transparência da atmosfera, o teto e a visibilidade.

De acordo com Braga e Silva (2019), no pouso, o piloto deve atentar para a descida até a altitude de decisão (DA) em uma aproximação ILS CAT I e II ou até a Altura de Decisão – *Decision Height (DH)* para a aproximação na III. Estas distâncias verticais estabelecem o momento em que o piloto decide se pousará ou não, caso negativo, fará a arremetida e, após estabilizado, tentará um novo procedimento de pouso. O aviador também deve relevar as indicações dos marcadores.

O sistema ILS possui algumas categorias e cada categoria define previamente seus parâmetros para que o piloto receba auxílio do sistema durante o pouso sob condições de teto e visibilidade restritas.

De acordo com Farrier (2015, site),

existem dois conjuntos básicos de custos associados a um ILS, um sobre a instalação e o outro de manutenção. O preço para a instalação é estipulado a partir da preparação da pista, das luzes de aproximação, da infraestrutura aeroportuária, do estudo topográfico, da compra do ILS, da homologação e certificação do sistema para o aeroporto. O custo de manutenção é gerado pela exigência de inspecionar regularmente o aparelho ILS, para assegurar que está operando dentro suas tolerâncias aceitáveis. Alguns equipamentos são auto verificados periodicamente e submetidos a um *check* de voo, capaz de medir a intensidade do sinal do *Localizer* (LLZ) e do *Glide Slope* (GS) e sua precisão em relação ao azimute e elevação.

O Brasil possui um número expressivo de aeroportos, o que o coloca em segundo lugar como um dos países com maior número de aeroportos, perdendo apenas para os Estados Unidos. Mesmo possuindo um grande número de aeroportos, pouquíssimos são os aeroportos que utilizam o ILS (ANAC, 2021).

Segundo a Associação Nacional das Empresas Administradoras de Aeroporto (ANEAA) (2014, site), “em 2014 eram 32 aeroportos em operação ILS em todo o Brasil, com previsão de implantação, entre 2014 e 2015, para Londrina (PR), Campina Grande (PB) e Vitória (ES), além do ILS CAT III para Guarulhos (SP), Galeão (RJ) e Curitiba (PR)”. Mas um levantamento foi realizado juntamente com a Força Aérea Brasileira (FAB) e foram confirmados que existem “27 aeroportos que possuem o ILS CAT I, 5 o CAT II e 2 implantaram o CAT III, mas que no momento não estão em operação” (AISWEB, 2017, site).

Segundo dados da AISWEB (2017), os ILS CAT III estão instalados corretamente nos aeroportos de: Curitiba (Afonso Pena) e Garulhos (Cumbica); já no aeroporto da cidade do Rio de Janeiro (Galeão), ainda continua se usando o ILS CAT II e não tem previsão para mudar para o CAT III, mesmo sendo necessária a mudança.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho pode ser caracterizado como uma pesquisa quantitativa, usando de relatórios para avaliar as condições de voos e o que precisa ser melhorado no Aeroporto Internacional Salgado Filho afim de evitar maiores atrasos e acidentes por conta de baixa visibilidade.

O método utilizado para realizar o trabalho foi o método do estudo de caso. O estudo de caso é definido por Yin (2010, p. 40) como “uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real”, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.

O trabalho foi dividido em duas etapas:

- 1ª etapa: foi realizada uma revisão de literatura analisando a bibliografia a respeito das normas, regulamentos operacionais e técnicas de mitigação que melhor se adequem a cada tipo de evento, e por fim, apresentar proposição das ações que serão mais adequadas para minimizar as ocorrências e mitigar seus impactos, considerando o estudo realizado.

- 2ª etapa: foi realizada uma análise das características físicas e ambientais do Aeroporto Internacional Salgado Filho, a partir de dados históricos dos últimos 10 anos da cidade de Porto Alegre, através do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Buscando avaliar as condições de voos e o que precisa ser melhorado no Aeroporto Internacional Salgado Filho, para se evitar maiores atrasos e acidentes por conta de baixa visibilidade, foram estudadas as características físicas e ambientais que ocasionam os nevoeiros na região metropolitana de Porto Alegre.

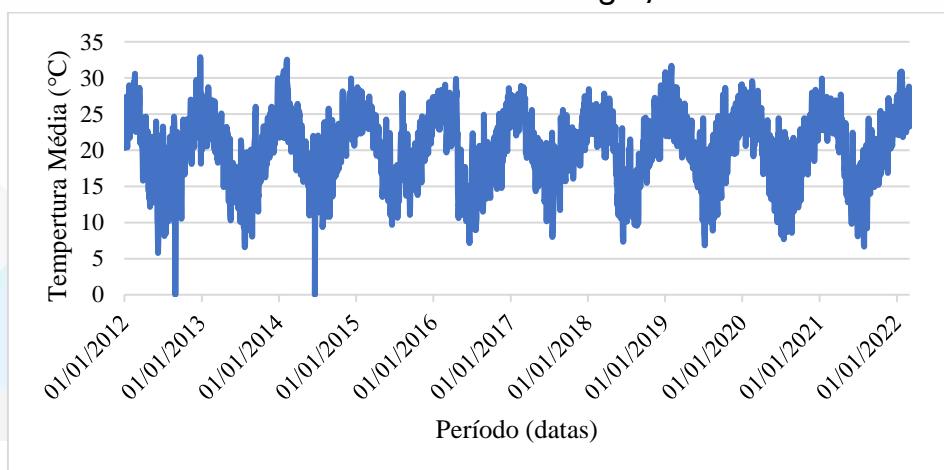
Os nevoeiros são muito frequentes no sul do Brasil (TUBELIS; NASCIMENTO, 1983). Mesmo sendo fenômenos que ocorrem em condições de atmosfera estável os nevoeiros causam prejuízos em diversos sectores socioeconômicos, por reduzir a visibilidade a menos de 1km (PEREIRA, 2016).

Segundo Afonso, Levit e Fedorova (2019), no estado do Rio Grande do Sul, por exemplo, o transporte rodoviário é afetado frequentemente, enquanto o Porto de Rio Grande é fechado por longos períodos devido a esses fenômenos. Além disso, os atrasos das partidas/chegadas e os cancelamentos de voos no Aeroporto Internacional Salgado Filho, em Porto Alegre, são umas das consequências mais relevantes da ocorrência de nevoeiros no Rio Grande do Sul.

Afonso, Levit e Fedorova (2019), observaram em seus estudos que em um período de 11 anos (2004 a 2014) foram registradas 1.117 horas e 36 minutos de operações interrompidas no Aeroporto Internacional Salgado Filho, por conta dos nevoeiros. Em 2013, o governo de Porto Alegre investiu R\$ 40 milhões na instalação do sistema *Instrument Landing System* (ILS) no Aeroporto Internacional Salgado Filho, com o intuito de ampliar a capacidade operacional em dias de nevoeiro. Mesmo assim, nevoeiros intensos continuam a provocar o fechamento do aeroporto por conta da restrição do equipamento em operar com visibilidade horizontal mínima de 350 metros (AFONSO; LEVIT; FEDOROVA, 2019).

Com a intenção de realizar uma análise das características físicas e ambientais do Aeroporto Internacional Salgado Filho, foram coletados os dados históricos de temperatura e umidade dos últimos 10 anos da cidade de Porto Alegre (período de 01/01/2012 a 01/01/2022), através do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados podem ser observados nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 - Dados de temperatura média (°C) no período de 01/01/12 a 01/01/22, na cidade de Porto Alegre/RS

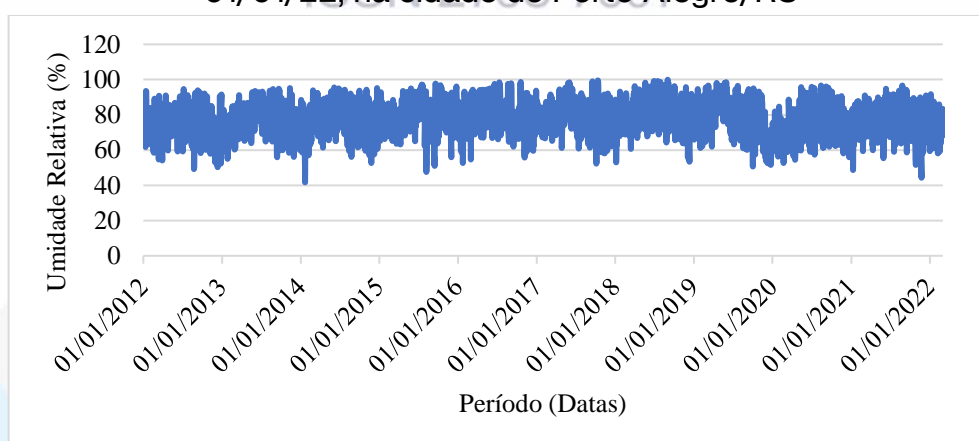


Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado de INMET (2022).

De acordo com Casagrande (2018, site), “o maior problema para os aviões ocorre nas fases críticas de decolagem e pouso. Durante a decolagem, é preciso que o avião tenha potência e com isso ganhe velocidade e sustentação de forma mais rápida possível”. Já durante o pouso, o avião precisa ter sustentação, reduzindo sua velocidade o mais baixo possível para que possa frear. E, para pouso e decolagens, as condições que o ar precisa estar são: alta pressão, baixa temperatura, ar seco e baixa altitude. Ao encontrar todas essas situações, o avião decola e pouso em um percurso menos da extensão da pista, garantindo assim maiores seguranças para que as operações aéreas aconteçam (CASAGRANDE, 2018).

Com dados climáticos da temperatura e da umidade relativa do ar é possível estudar as condições para formação de nevoeiros no Aeroporto Internacional Salgado Filho, auxiliando assim, nas tomadas de decisões evitando maiores problemas. Os nevoeiros dentro de uma massa de ar podem ocorrer em qualquer parte do mundo, sobre superfícies marítima e terrestre, mas especialmente os de radiação são mais frequentes em regiões litorâneas ou nas proximidades de lagos. Por ter pequenas dimensões espaciais, este tipo de nevoeiro é mais difícil de prever (OLIVEIRA, 2002).

Figura 2 - Dados de umidade relativa do ar (%) no período de 01/01/12 a 01/01/22, na cidade de Porto Alegre/RS



Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado de INMET (2022).

Lima (1982) foi o pioneiro ao estudar os efeitos do nevoeiro de radiação na cidade de Porto Alegre, desenvolvendo um método para prever os nevoeiros na cidade e verificou que existe a possibilidade de se ter nevoeiro de radiação

quando: a direção e velocidade do vento às 19h forem, respectivamente, de leste ou sudeste, com intensidade abaixo de 1,4 m/s; a temperatura do ar variar entre 16°C e 22°C; e o ponto de orvalho for menor que 1°C.

Ainda no mesmo estudo, Lima (1982) encontrou perfis verticais de temperatura e de umidade que se caracterizaram por uma camada úmida ($T-T_d < 6^\circ\text{C}$) abaixo de 750hPa, e acima uma camada seca ($T-T_d > 6^\circ\text{C}$). Piva e Fedorova (1999) no estudo de nevoeiro de radiação em Porto Alegre determinaram dois tipos de perfis verticais de temperatura e umidade, que foram separados de acordo com: 1) profundidade e intensidade da inversão na camada à superfície (até 950hPa); 2) camada úmida em baixos níveis; 3) camada seca em médios e altos níveis; e 4) velocidade do vento da superfície até 1000hPa.

De acordo com Piva e Fedorova (1999, p. 52):

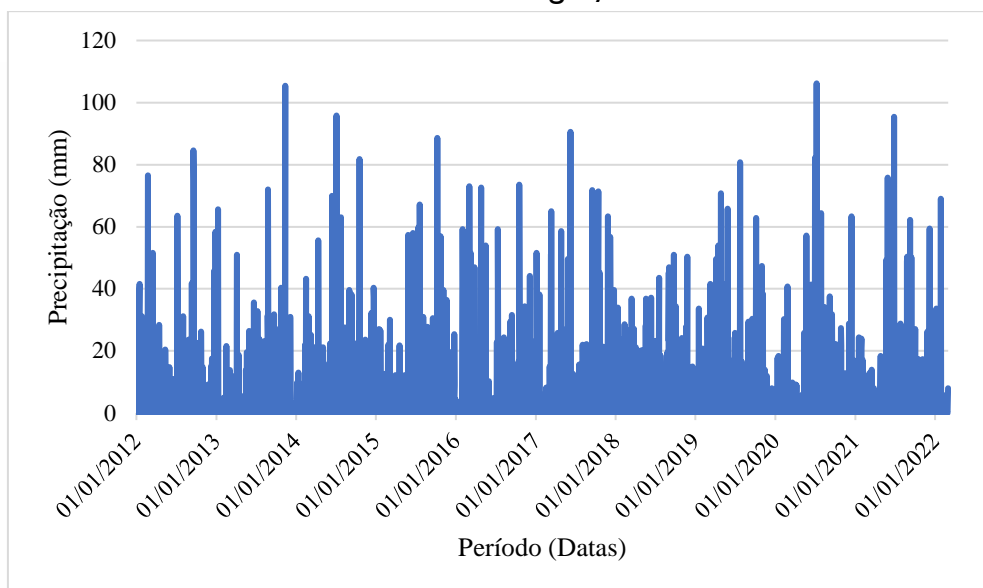
A inversão térmica é uma evidência do resfriamento radiativo noturno da superfície terrestre. Durante a noite, na ausência de nuvens, o resfriamento da superfície é favorecido, pois há perda de energia para o espaço. Esse resfriamento é mais acentuado quando as camadas acima da superfície se apresentam relativamente secas, diminuindo a absorção pelo vapor d'água.

Os sistemas sinóticos que influenciam nas condições de tempo no sul do Brasil foram apresentados por Velasco *et al.*, (1987), são os seguintes: 1) Ciclones e Anticilones Baroclínicos, 2) Sistemas frontais, 3) Ciclone Barotrópico de Chaco, 4) Jato em baixos níveis e Corrente de Jato em Altos níveis e 5) Complexo Convectivos de Mesoescala.

A Figura 3 a seguir, apresenta os dados de precipitação no período de 01/01/12 a 01/01/22, na cidade de Porto Alegre/RS.



Figura 3 - Dados de precipitação (mm) no período de 01/01/12 a 01/01/22, na cidade de Porto Alegre/RS



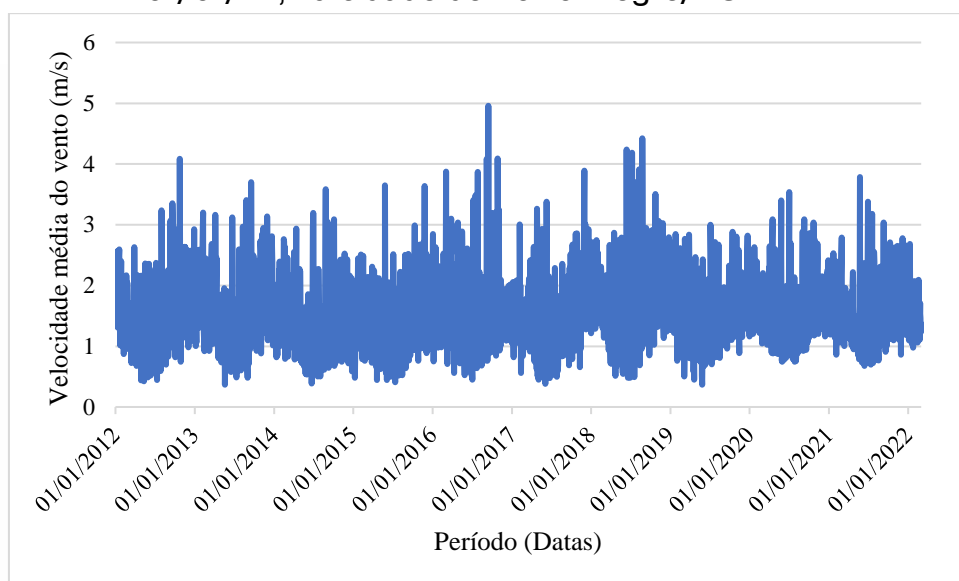
Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado de INMET (2022).

Segundo Afonso, Levit e Fedorova (2019, p. 136):

No Sul do Brasil, no inverno passam mais ciclones do que nas outras estações do ano. O vento associado com estes sistemas diminui a quantidade de dias com nevoeiro de radiação. A predominância dos anticiclones subtropicais durante as outras estações do ano fornece as condições principais para a formação de nevoeiro de radiação. Embora as temperaturas apresentem aproximadamente o mesmo intervalo e as situações sinóticas sejam parecidas no outono e na primavera, a maior duração do período noturno no outono favorece a ocorrência de um maior número de casos de nevoeiro nesta estação do que na primavera. Uma maior duração do período noturno aumenta a possibilidade de o ar chegar à saturação por perda radiativa. O desenvolvimento da convecção térmica predomina na estação quente do ano e diminui a ocorrência do nevoeiro no verão.

Na sequência a Figura 4 apresenta os dados da velocidade média do vento (m/s) no período de 01/01/12 a 01/01/22, na cidade de Porto Alegre/RS.

Figura 4 - Dados da velocidade média do vento (m/s) no período de 01/01/12 a 01/01/22, na cidade de Porto Alegre/RS



Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado de INMET (2022).

De acordo com Vinicius (2014, site):

As aeronaves são controladas em meio a um oceano de ar, e os movimentos desse oceano influenciam diretamente sobre o voo. Dependendo da direção e intensidade do vento, pode haver um aumento ou economia do consumo de combustível, turbulência e até desvio de rumo e rota. Os ventos são descritos através de sua intensidade (geralmente expressa em km/h ou nós), direção (seu sentido, de onde vem) e caráter (se é um vento contínuo ou uma rajada).

De acordo com Almeida (2008, p. 23), “na aviação, de maneira especial, a meteorologia mostra sua grande relevância, vez que possibilita o estudo dos mais diversos fatores meteorológicos que estão diretamente ligados ao sucesso ou não das atividades a serem realizadas”. Com isso, estudar as condições meteorológicas e também os fenômenos climáticos é de extrema importância para que as atividades aeronáuticas ocorram da forma mais correta possível, visando agilizar o transporte de bens e de pessoas entre todas as partes do mundo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em determinadas situações, as condições climáticas e meteorológicas podem interferir significativamente nas operações aéreas, acarretando atrasos, cancelamentos e acidentes. Com o advento das mudanças climáticas, essas

condições podem se tornar mais intensas e frequentes. O Aeroporto Internacional Salgado Filho integra uma das rotas de maior tráfego do país e está localizado em área sujeita a frequentes interferências meteorológicas, como nevoeiros que causam baixa visibilidade.

O presente trabalho buscou analisar as diferentes estratégias e equipamentos utilizados para proporcionar segurança dos processos da aviação civil, melhorando sua eficiência. É sabido que as condições adversas de tempo são responsáveis por modificações no espaço aéreo, provocando mudanças nas condições operacionais em um curto espaço de tempo.

Foi possível concluir que a melhor opção para melhorar as condições de pouso quando há baixa visibilidade causada por nevoeiros, seria a implantação do equipamento ILS – CAT III, pois este possui um sistema que é o mais preciso para orientação vertical e lateral para pousos.

REFERÊNCIAS

ABDEL-ATY, M.; LEE, C.; BAI, Y., LI, XI., MICHALAK, M. Detecting periodic patterns of arrival delay. **Journal of Air Transport Management**, v.13, n. 1, p. 355-361, 2007. Disponível em: https://econpapers.repec.org/article/eeejaitra/v_3a13_3ay_3a2007_3ai_3a6_3ap_3a355-361.htm. Acesso em: 29 jun. 2022.

ABDELGHANY, K. F., SHAH, S.S., RAINA, S., ABDELGHANY, A. F. A model projecting delays during irregular operation conditions. **Journal of Air Transport Management**. 10, 385-394, 2004. Disponível em: https://www.academia.edu/31035439/A_model_for_projecting_flight_delays_during_irregular_operation_conditions. Acesso em: 29 jun. 2022.

AFONSO, J. M. S.; LEVIT, V.; FEDOROVA, N. Estudo de baixa visibilidade no aeroporto de Porto Alegre: processos sinóticos e termodinâmicos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.6, p. 131-145, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/342852139_Estudo_de_baixa_visibilidade_no_aeroporto_de_Porto_Alegre_processos_sinoticos_e_termodinamicos. Acesso em: 29 jun. 2022.

AISWEB. 2017. **Informações aeronáuticas do Estado brasileiro**. Disponível em: <https://www.aisweb.aer.mil.br/?i=aerodromos&codigo=SBSP>. Acesso em: 27 jun. 2022.

ALMEIDA, L. A. F. de. **Análise de frequência da ocorrência de nevoeiro no Aeroporto Internacional Salgado Filho – Porto Alegre/RS**. Curso de Especialização em Meteorologia Aeronáutica do ICEA. Instituto de Controle do Espaço Aéreo. 2008. Disponível em: <https://docplayer.com.br/7074958-Analise-de-frequencia-da-ocorrencia-de-nevoeiro-no-aeroporto-internacional-salgado-filho-porto-alegre-rs-relatorio-de-pesquisa.html>. Acesso em: 27 jun. 2022.

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. **Estudos de engenharia e afins Aeroporto de Porto Alegre - RS**. Relatório final ano base 2015. ANAC, 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/concessoes/andamento/evtea/porto-alegre/porto-alegre-estudos-de-engenharia-e-afins.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2022.

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. **Voo regular ativo**. 2021. Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/vra/>. Acesso em: 27 jun. 2022.

ANDERSON, J. D. **Introduction to flight. McGraw-Hill Education**. 8 ed. Nova York. 2015. Disponível em: <http://ae.sharif.edu/~iae/Download/Introduction%20to%20flight.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2022.

ANEAA. Associação Nacional das Empresas Administradoras de Aeroportos. **Brasil é referência em sistema de pouso por aparelho**. 2014. Disponível em: <http://aneaa.aero/brasil-e-referencia-em-sistema-de-pouso-poraparelho/>. Acesso em: 27 jun. 2022.

ARAÚJO, G. S. M. Modelagem e mensuração do nível de emissões por etapa de voo. **SITRAER 7**, p. 551-563, 2008. Disponível em: <http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/04.17.12.05/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2022.

BENEDETTO, A. A decision support system for the safety of airport runways: the case of heavy. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 36, n. 8, p. 665-68, 2002. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/eee/transa/v36y2002i8p665-682.html>. Acesso em: 28 jun. 2022.

BOTTURA, H. **Curso prático de voo por instrumento**. 2 ed. São Paulo: Drag. 1989.

BRAGA, L. C.; SILVA, T. A. da. ILS CAT III no Brasil: custo-benefício de instalação no Brasil. **Br. J. Ed., Tech. Soc.**, v.12, n.1, p.14-23, 2019. Disponível em: <https://brajets.com/v3/index.php/brajets/article/view/463/299>. Acesso em: 25 set. 2022.

BRITO, T. F. M.; SOUSA JUNIOR, W. C. **Emissões atmosféricas do setor aeroespacial no Brasil**. In: Encontro De Iniciação Científica E Pós-Graduação Do

ITA, 15., 2009, São José dos Campos. Anais... São José dos Campos: ITA, 2009. Disponível em: <http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/04.17.12.05/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2022.

BRUIJNZEEL, L. S.; BURKARD R.; EUGSTER, W. **Fog as a Hydrologic Input**; *Encyclopedia of Hydrological Sciences*; 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/230223404_Fog_as_a_Hydrologic_Input. Acesso em: 29 jun. 2022.

CASAGRANDE, V. **Clima influencia segurança do avião**. Publicado em: 08 ago. 2018. Disponível em: <https://todosabordo.blogosfera.uol.com.br/2018/08/08/calor-frio-seguranca-desempenho-aviao/>. Acesso em: 27 jun. 2022.

COFFEL E. D., THOMPSON T. R., HORTON R M. *The impacts of rising temperatures on aircraft takeoff performance*. **Climatic Change**, v. 144, n. 80, p.1-8, 2017. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/03/SR15_SOD_Chapter3_Annex3.1.pdf. Acesso em: 28 jun. 2022.

CONSIGLIO, M. C. **Integration of weather avoidance and traffic separation**. In: *DIGITAL AVIONICS SYSTEMS CONFERENCE (DASC)*, 30., 2011, Seattle. Proceedings... Reston: AIAA, 2011. Disponível em: <http://toc.proceedings.com/13475webtoc.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2022.

DECEA. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Gerenciamento de inoperâncias no SISCEAB**. 2015. Disponível em: <https://publicacoes.decea.mil.br/api/storage/uploads/files/82fa5312-78aa-4cbe-8d78fcf1371f0d36.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2022.

ELTAHIER, M. M. A.; HAMID, K. *Review of instrument landing system*. **IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering**, v.12. n.1, p. 106-113, 2017. Disponível em: <https://www.iosrjournals.org/iosr-jece/papers/Vol.%2012%20Issue%202/Version-3/P120203106113.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2022.

EPA. *Environmental Protection Agency*. **Climate Change Indicators in the United States**. *Weather and Climate*. 2015. Disponível em: <http://www.epa.gov/climate/climatechange/science/indicators/weather-climate/index.html>, atualizado em 30/06/2015. Acesso em: 27 jun. 2022.

FARRIER, T. **What's the estimated cost to deploy an ILS (instrument landing system) at an airport?** Quora. 2015. Disponível em: <https://www.quora.com/Whats-the-estimated-cost-to-deploy-an-ILS-instrument-landingsystem-at-an-airport>. Acesso em: 27 jun. 2022.

ICAO. *International Civil Aviation Organization*. **Strategic objectives. Uniting**

Aviation. A United Nations Specialized Agency. Montreal: ICAO, 2017. Disponível em: <https://www.icao.int/Meetings/a39/Documents/Business%20Plan%202017-2019.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2022.

IPCC. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* **Cambridge University Press**, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014. 688p. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>. Acesso em: 29 jun. 2022.

JANIC, M. *Modelling the resilience, friability and costs of an air transport network affected by a large-scale disruptive event.* **Transportation Research Part A: Policy and Practice.** v. 71, p. 1-16, 2015. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/eee/transa/v71y2015icp1-16.html>. Acesso em: 29 jun. 2022.

KEEL, B. **Aviation Weather Information Requirements Study.** Nasa, Virginia. 2000. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20000074058/downloads/20000074058.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2022.

KOETSE, M. J.; P. RIETVELD. *The impact of climate change and weather on transport: An overview of empirical findings.* **Transportation Research Part D: Transport and Environment.** v. 14, n. 3, p. 205-221, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S136192090800165X>. Acesso em: 29 jun. 2022.

LOBATO, I. **Navegação aérea descomplicada.** 2ed. São Paulo: Bianchi. 2013.

LYRA A., TAVARES P., CHOU S., SUEIRO G., DEREZYNSKI C., SONDERMANN M., SILVA A., MARENGO J. E GIROLLA A. *Climate change projections over three metropolitan regions in Southeast Brazil using the non-hydrostatic Eta regional climate model at 5-km resolution.* **Theoretical and Applied Climatology,** v. 132, p. 663-682, 2017. Disponível em: <https://www.proquest.com/docview/2016943961>. Acesso em: 27 jun. 2022.

OLIVEIRA, G. A. **Método Estatístico no auxílio à previsão de nevoeiro para o aeródromo de Guarulhos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/83415>. Acesso em: 07 jun. 2022.

PAL J. S.; ELTAHIR E. A. B. **Future temperature in southwest Asia projected to exceed a threshold for human adaptability.** *Nature Climate Change,* 2015. Disponível em: <https://eltahir.mit.edu/wp-content/uploads/2015/08/Paper.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2022.

PEREIRA, M. C. M. **Emprego de redes neurais artificiais RBF na previsão de**

nevoeiro no aeroporto Afonso Pena. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia. Curitiba/PR. 2016. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/47520>. Acesso em: 29 jun. 2022.

PIVA, E.; FEDOROVA, N. Um estudo sobre a formação de nevoeiro de radiação em Porto Alegre. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, p. 47-62, 1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/qM7qXjdwNm75gggkZDZSxGS/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 28 jun. 2022.

RICCO, R. A. **Clima e navegação aérea:** a influência dos nevoeiros no funcionamento do Aeroporto de Congonhas. Trabalho de Graduação Individual (TGI) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: https://bdta.aguia.usp.br/single.php?_id=003031591&locale=en_US&locale=pt_BR. Acesso em: 29 jun. 2022.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia Descritiva: Fundamentos e Aplicações Brasileiras.** São Paulo: Nobel, 1983.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia.** 2 ed. Brasília: INMET. Pax, 2001.

VELASCO, I.; FRITSCH, J. M. *Meso-scale Convective Complexes in the Americas.* **Journal of Geophysical Research**, v. 92, n. 8, p. 959-961, 1987. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/JD092iD08p09591>. Acesso em: 29 jun. 2022.

VINICIUS. Monolito Nimbus. **Efeitos do vento sobre a aeronave.** Publicado em: 15 maio. 2014. Disponível em: <https://www.monolitonimbus.com.br/efeitos-do-vento-sobre-a-aeronave/>. Acesso em: 27 jun. 2022.

WMO. *World Meteorological Organization.* **Understanding Climate.** 2015. Disponível em: http://www.wmo.int/pages/themes/climate/understanding_climate.php. Acesso em: 27 jun. 2022.

XIONG, J.; HANSEN, M. *Modelling airline light cancellation decisions.* **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review.** v. 56, p. 64-80, 2013. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/eee/transe/v56y2013icp64-80.html>. Acesso em: 08 jun. 2022.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ZHOU, Y., ZHANG N. LI C., LI Y.; HUANG P. *Decreased takeoff performance of aircraft due to climate change*. **Climatic Change**, v. 151, p. 463-472, 2018.

Disponível em:

https://ideas.repec.org/a/spr/climat/v151y2018i3d10.1007_s10584-018-2335-7.html. Acesso em: 28 jun. 2022.

