



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**  
**MATEO RICHARTZ PELLIZZATO**

**FILTRO HEPA – TECNOLOGIA APLICADA À SEGURANÇA DA  
TRIPULAÇÃO E PASSAGEIROS**

**PALHOÇA**  
**2021**

**MATEO RICHARTZ PELLIZZATO**

**FILTRO HEPA – TECNOLOGIA APLICADA À SEGURANÇA DA  
TRIPULAÇÃO E PASSAGEIROS**

Monografia apresentada ao curso de graduação em Ciências Aeronáuticas, da Universidade do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Marcos Fernando Severo de Oliveira

**Palhoça**

**2021**

**MATEO RICHARTZ PELLIZZATO**

**FILTRO HEPA – TECNOLOGIA APLICADA À SEGURANÇA DA  
TRIPULAÇÃO E PASSAGEIROS**

Esta Monografia foi julgada adequada à obtenção do título de Bacharel em Ciências Aeronáuticas e aprovada em sua forma final pelo Curso de Ciências Aeronáuticas, da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 10 de Junho de 2021

---

Orientador: Prof. Marcos Fernando Severo de Oliveira

---

Prof. Msc. Angelo Damigo Tavares

“Agradeço aos meus pais pelo apoio incondicional em todos os momentos difíceis da minha trajetória acadêmica. Este trabalho é dedicado a eles.”

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos.

Agradeço ao meu orientador professor Marcos Fernando Severo de Oliveira, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao final deste TCC, juntamente com todos os professores da Unisul, pela excelência da qualidade técnica de cada um.

Aos meus pais Egidio e Evandina e minha irmã Marilisa, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando ao longo de toda minha trajetória.

À minha querida namorada Gera, pelo seu amor incondicional e por compreender minha dedicação à Monografia.

## RESUMO

A COVID-19, é uma doença causada pelo vírus SARS-CoV-2. Os seus primeiros registros foram evidenciados na cidade de Wuhan, na China, em novembro de 2019. No dia 23 de janeiro de 2020, foi decretado quarentena na cidade de Wuhan, e logo esse vírus se espalhou para o mundo inteiro. Devido a Pandemia, foram iniciadas medidas para avaliar a segurança das aeronaves a fim de reduzir seu impacto na aviação. A maioria das aeronaves comerciais, exceto algumas, são equipadas com filtros HEPA. Portanto, o objetivo geral desta pesquisa é verificar a importância destes filtros nas aeronaves, o seu papel na retenção de partículas presentes no ar, em especial o SARS-CoV2. Como o Filtro HEPA impede que esses agentes contaminantes contaminem o ar e consequentemente, os passageiros e tripulantes durante uma viagem. Além de avaliar como eles funcionam, como é feita a sua manutenção, qual o seu propósito e o quanto pode influenciar no futuro da aviação pós pandemia. Assim, a metodologia utilizada para realizar este trabalho foi a pesquisa bibliográfica com abordagem qualitativa e busca de artigos científicos em jornais e revistas nacionais e internacionais. O Departamento de Energia dos Estados Unidos e a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), definem o HEPA com base numa eficiência mínima de 99,97% quando testado com um aerossol de 0,3  $\mu\text{m}$  (micrómetro) de diâmetro, ou seja, remove 99,97% da poeira, pólen, mofo, bactérias e outras partículas transportadas pelo ar. Dessa forma, o filtro HEPA é eficiente na captura de partículas virais transportadas pelo ar como SARS-CoV-2. O processo de circulação de ar na aeronave ocorre seguindo o fluxo de ar do teto descendo em direção ao chão e aproximadamente 40% do ar de um avião é filtrado através desse sistema HEPA, e o 60% restante é proveniente do ar puro canalizado de fora do avião. Além disso, esse ar circulante é trocado completamente a cada três minutos. Com base nesta pesquisa, conclui-se que o ar dentro da aeronave é extremamente limpo, gerando segurança para os passageiros e tripulação, onde o risco de contaminação por patógenos é bastante reduzido. As companhias aéreas nacionais e internacionais tem se esforçado para manter as normas e a qualidade do ar dentro do avião. Assim, para garantir que a aviação continue sempre sendo o meio de transporte mais seguro e rápido do mundo, faz-se necessário o trabalho em conjunto com os fabricantes dos filtros, desenvolvendo cada vez mais equipamentos eficientes e a vacinação em massa da população mundial.

Palavras – chave: Filtro HEPA. COVID-19. Pandemia. Aviação.

## ABSTRACT

COVID-19 is a disease caused by the SARS-CoV-2 virus. Its first records was described in Wuhan, China, in November 2019. On January 23, 2020, quarantine was declared in Wuhan, and soon this virus spread to the entire World. Due to the Pandemic, measures have been initiated to assess aircraft safety in order to reduce the impact on aviation. It is known that most commercial aircraft, except some, are equipped with HEPA filters. Therefore, the general objective of this research is to verify the importance of these filters in aircraft, their role in the retention of particles present in the air, especially in SARS-CoV2. How the HEPA Filter prevents these contaminants from contaminating the air, consequently, the passengers and crew during a trip. In addition to evaluating how they work, how they are maintained, what their purpose and how much they can influence the future of post-pandemic aviation. Thus, the methodology used to carry out this work was bibliographic research with a qualitative approach and search for scientific articles in national and international newspapers and magazines. The U.S. Department of Energy and the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) define HEPA based on a minimum efficiency of 99.97% when tested with a 0.3  $\mu\text{m}$  (micrometer) diameter aerosol, i.e., removing 99.97% of dust, pollen, mold, bacteria, and other airborne particles. Thus, the HEPA filter is efficient in capturing airborne viral particles such as SARS-CoV-2. The process of air circulation in the aircraft takes place following the airflow from the ceiling descending toward the ground and about 40% of the air of an aircraft is filtered through this HEPA system, and the remaining 60% comes from the pure air channeled from to one of the aircraft. Furthermore, this circulating air is completely changed every three minutes. Based on this research, it is concluded that the air inside the aircraft is extremely clean, generating safety for passengers and crew, where the risk of contamination by pathogens is greatly reduced. National and international airlines have strived to maintain standards and air quality inside the plane. Thus, to ensure that aviation always remains the safest and fastest means of transport in the world, it is necessary to work together with filter manufacturers, developing more and more efficient equipment and mass vaccination of the world population.

Keywords: HEPA filter. Covid-19. Pandemic. Aviation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização do filtro Hepa na aeronave.....	13
Figura 2 – Fluxo de ar na aeronave.....	13
Figura 3 – Manutenção do Filtro Hepa.....	19
Figura 4 – Impacto, Interceptação e Difusão de Ar.....	20
Figura 5 – Captação de Ar Externo.....	21
Figura 6 – Desenho do fluxo de ar na cabine de passageiros.....	22
Figura 7 – Movimento do ar na cabine do A320.....	23
Figura 8 – Estudo de Transmissão do COVID-19 durante voo Internacional .....	26
Figura 9 – Equipamentos de Proteção Individual.....	28
Figura 10 – Projeção Virtual .....	31
Figura 11 – Ultravioleta na desinfecção da aeronave.....	35

## GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição da estimativa do risco de contrair Covid-19.....	32
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS

$\mu\text{m}$	Micrometro
nm	Nanômetro

## LISTA DE SIGLAS

HEPA – *High Efficiency Particulate Air*. Ar Particulado de Alta Eficiência.

EPA - *Efficient Particulate Air*. Ar Particulado Eficiente.

ULPA - *Ultra-Low Penetration Air*. Ar de Penetração Ultra-Baixa

WHO - *World Health Organization*. Organização Mundial da Saúde.

OMS – Organização Mundial da Saúde

OPAS - Organização Pan-Americana da Saúde

MS – Ministério da Saúde

ASHRAE - *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*.

Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado.

EPA - *Environmental Protection Agency*. Agência de Proteção Ambiental.

MERV - *Minimum Efficiency Reporting Value*. Valor Reportado de Eficiência Mínima.

IATA – *International Air Transport Association*. Associação Internacional de Transporte Aéreo.

MPPS - *Most Penetrating Particle Size*. Tamanho de Partícula mais Eficiente.

IEST- Instituto de Ciência e Tecnologia Ambiental

SARS-CoV2 – Covid 19. *Severe Acute Respiratory Syndrome*. Síndrome Respiratória Aguda Severa.

TSA – *Transportation Security Administration*. Administração de Segurança de Transporte.

PHEIC - *Public Health Emergency of International Concern*. Emergência de Saúde Pública de Preocupação Internacional.

ACI – *Airport Council International*. Conselho Internacional do Aeroporto.

RPKs – Receita por Passageiro por quilômetro rodado.

UV – Ultra Violeta

PCO – *Photocatalytic oxidation*. Oxidação fotocatalítica.

TiO<sub>2</sub> – Dióxido de Titânio

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	15
<b>1.2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>15</b>
1.3 JUSTIFICATIVA.....	15
1.4 METODOLOGIA .....	16
<b>1.4.1 Natureza da Pesquisa e Tipo de Pesquisa .....</b>	<b>16</b>
<b>1.4.2 Material e Métodos.....</b>	<b>16</b>
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	17
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>18</b>
2.1 FUNDAMENTAÇÃO SOBRE FILTROS HEPA.....	18
2.2 RELAÇÃO DO FILTRO HEPA E COVID-19.....	23
2.3 MEDIDAS DE COMBATE DO COVID-19 NOS AEROPORTOS.....	26
2.4 CENÁRIO ATUAL DAS COMPANHIAS AÉREAS EM RELAÇÃO AO COVID-19.....	29
2.5 INOVAÇÕES E PRESPECTIVAS FUTURAS.....	33
<b>3 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Existem diversos tipos de filtros de ar, dentre eles: filtro eficiente de ar particulado (EPA), filtro anti-partícula de alta eficiência (HEPA) e filtro de ar de penetração ultrabaixa (ULPA), os quais são utilizados amplamente pelas indústrias em múltiplas aplicações há muitos anos. (NAZARENKO, 2020). Os filtros HEPA são recomendados para controle de infecção em ambientes de saúde baseada no equilíbrio de sua alta eficiência de filtração e menores quedas de pressão em comparação com os filtros ULPA. (HINDS, 1999). Além disso, esses filtros HEPA também são amplamente implantados em ambientes não relacionados à saúde, onde agentes infecciosos transportados pelo ar podem estar presentes, como na filtração de ar recirculado em aeronaves de passageiros e gabinetes de biossegurança em laboratórios, incluindo aqueles onde a pesquisa SARS-CoV-2 é conduzida. (WHO, 2020).

O Departamento de Energia dos Estados Unidos e a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) definem o HEPA com base numa eficiência mínima de 99,97% quando testado com um aerossol de 0,3  $\mu\text{m}$  (micrómetro) de diâmetro. (WHO, 2020), ou seja, remove 99,97% da poeira, pólen, mofo, bactérias e outras partículas transportadas pelo ar. O valor reportado de eficiência mínima (MERV) é a capacidade de um filtro de capturar partículas maiores, com um tamanho entre 0,3 e 10  $\mu\text{m}$ : quanto maior a classificação, melhor o filtro em capturar tipos específicos de partículas. Este valor é útil na comparação do desempenho de diferentes filtros. Essa classificação é derivada a partir de um método de teste desenvolvido pela Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado. (ASHRAE, 2021). Dessa forma, o filtro HEPA é eficiente na captura de partículas virais transportadas pelo ar como SARS-CoV-2. O diâmetro desse vírus é em torno de 60-140 nm (nanômetro) conforme Nazarenko, (2020). No entanto, muitas gotículas respiratórias exaladas que podem conter os vírus são substancialmente maiores do que os próprios vírus, assim, os filtros conseguem reter esses patógenos.

A COVID-19, é uma doença causada pelo vírus SARS-CoV-2, os seus primeiros registros foram evidenciados na cidade de Wuhan, na China, em novembro de 2019. No dia 23 de janeiro de 2020, foi decretado quarentena na cidade de Wuhan,

e logo espalhou-se para o mundo inteiro. Conforme Santos (2021), no dia 11 de março de 2020 a Organização Mundial de Saúde (OMS) decretou estado de Pandemia da COVID-19, nesta data, já havia mais de 118 mil casos da doença registrados em mais de 100 países e 4.291 mortes. Atualmente, conforme a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), após completar 1 ano de Pandemia já foram confirmadas no mundo 107.423.526 casos de COVID-19 e 2.360.280 mortes até 12 de fevereiro de 2021.

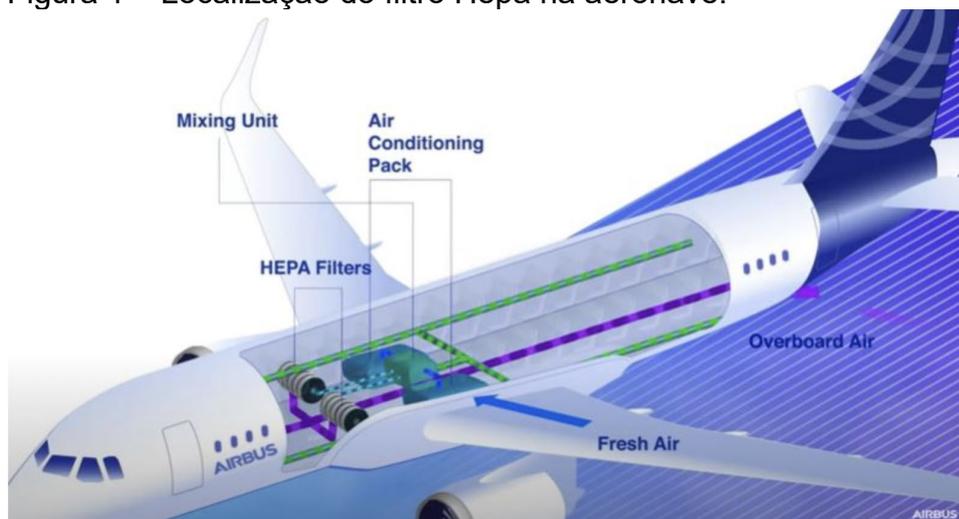
O tamanho da partícula do vírus SARS-CoV-2 é de cerca de 0,1  $\mu\text{m}$ . No entanto, o vírus não viaja sozinho pelo ar. Uma vez que é gerado por humanos, o vírus é aprisionado em gotículas respiratórias e núcleos de gotículas (gotículas respiratórias secas) que são predominantemente de 1  $\mu\text{m}$  de tamanho ou maiores. (ASHRAE, 2021). A COVID-19 apresenta um amplo espectro clínico, variando de infecções assintomáticas a quadros graves. Os sintomas da COVID-19 podem variar de um resfriado, a uma Síndrome Gripal (SG), cursando com febre associada a dor de garganta, dor de cabeça, tosse e coriza até uma pneumonia severa. A transmissão acontece de uma pessoa contaminada para outra ou por contato próximo através de gotículas de saliva, espirro, tosse, catarro. (BRASIL, 2021)

Esse vírus causou uma mudança drástica no planeta a partir março de 2020, quando foi decretada a Pandemia, e assim, muitas áreas foram afetadas, inclusive a aviação. Voos foram reduzidos em 43% em relação ao ano de 2019. (BIELECKI, 2020). Nos anos que antecederam esse decreto mundial, o setor da aviação apresentava um crescimento progressivo e a expectativa para 2020 era alta. Conforme o relato a seguir:

“O presidente da Gol, Paulo Kakinoff, previa que seria o melhor ano para as empresas desde 2010... Com a covid-19 e o distanciamento social, o setor teve o pior ano de sua história, com uma queda de demanda que chegou a 94,5% no pior momento. A paralisação dos voos foi global e o setor acabou sendo um dos mais atingidos pela crise do coronavírus.” (DYNIEWICZ, 2021, p. 01).

Assim, devido a pandemia, foram iniciadas medidas para avaliar a segurança das aeronaves a fim de reduzir o impacto na aviação. Sabe-se que a maioria das aeronaves comerciais, exceto algumas, é equipada com filtros HEPA, conforme Figura 1, que mostra a localização do filtro dentro da aeronave. Consta que os primeiros filtros HEPA da Airbus foram introduzidos em 1994. (MICHAELIS, 2005).

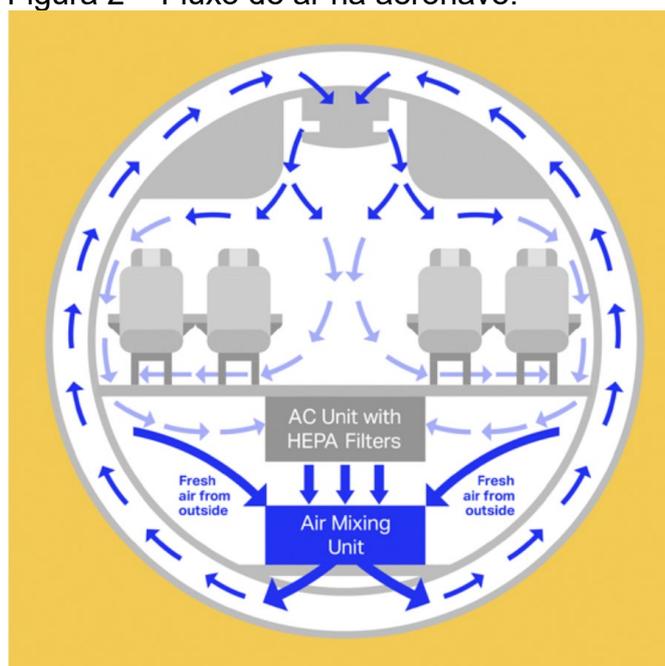
Figura 1 – Localização do filtro Hepa na aeronave.



Fonte: Cassol, 2020.

O processo de circulação de ar na aeronave ocorre seguindo o fluxo de ar do teto descendo em direção ao chão, a uma velocidade de aproximadamente 0,91 metro por segundo, sendo reabsorvido novamente embaixo dos assentos da janela. (JOHANNA, 2020), conforme mostra a Figura 2. Cerca de 40% do ar de um avião é filtrado através desse sistema HEPA, e o 60% restante é proveniente do ar puro canalizado de fora do avião. Além disso, esse ar circulante é trocado completamente a cada três minutos. (BIELECKI, 2020).

Figura 2 – Fluxo de ar na aeronave.



Fonte: IATA, 2021.

Embora do risco de transmissão do COVID-19 durante um voo seja considerado muito baixo, a estimativa é de um caso por 27 milhões de viajantes, conforme casos publicados. (BIELECKI, 2020). Apesar da filtragem de alta eficiência da aeronave, há algumas evidências de que os passageiros sentados entre duas fileiras de assentos, o índice de transmissão seria maior. Durante um voo de Cingapura para o Aeroporto Internacional de Hangzhou em Zhejiang, na China, em janeiro de 2020, uma aeronave comercial transportando 335 passageiros e membros da tripulação, 16 pacientes, que não usavam máscaras faciais, estavam expostos e infectados com SARS-CoV-2. A idade média daqueles infectados era de 37 anos, e nenhum desfecho fatal foi relatado nesta série, embora 10 desses casos fossem sintomáticos. (CHEN, 2020).

O risco de transmissão de infecções mediadas por gotículas em uma aeronave depende da proximidade de um caso índice e de outros fatores, como o movimento de passageiros e tripulantes, assim como, superfícies capazes de reter ou transportar organismos patogênicos além do contato entre os passageiros no portão de embarque. Essas transmissões podem ocorrer tanto antes, durante ou depois do voo. (HOEHL, 2020). Barnett (2020) estimou o risco de contrair o vírus durante um voo completo de 2 horas, este risco gira em torno de 1 em 4300. O risco cai para 1 em 7.700 se as companhias aéreas deixarem o assento da fileira do meio vazia.

Portanto, nos capítulos seguintes desta pesquisa verificam-se a importância destes filtros nas aeronaves, como eles funcionam, como é feita a manutenção, qual o seu propósito e o quanto pode influenciar no futuro da aviação pós pandemia.

## 1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Como o filtro HEPA, utilizado nas aeronaves, pode garantir a sua eficiência para conter a disseminação de patógenos infectantes no ambiente interno da aeronave e dessa forma, reduzir consideravelmente a contaminação de seus tripulantes e passageiros?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Compreender a importância do Filtro HEPA, utilizado nas aeronaves. O seu papel na retenção de partículas presentes no ar, que podem conter bactérias ou vírus, em especial o SARS-CoV2. Como o Filtro HEPA impede que esses agentes contaminantes contaminem o ar e conseqüentemente, os passageiros e tripulantes durante uma viagem.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar o funcionamento do Filtro HEPA;
- Definir a sua importância em função do Coronavírus;
- Comprovar que o vírus não é transmitido dentro do avião;
- Descrever como as companhias aéreas estão se adaptando em função da pandemia;
- Avaliar as medidas de combate do Coronavírus nos Aeroportos;

## 1.3 JUSTIFICATIVA

O setor da aviação foi o primeiro e mais fortemente atingido pela pandemia, quando a Organização Mundial da Saúde (OMS) anunciou as precauções que o mundo todo deveria tomar em razão da crise sanitária que se instaurou.

Vivemos em tempos sem precedentes de grandes mudanças e instabilidade econômica em função da pandemia que causou paralização e uma queda significativa nos voos, porém, podemos demonstrar que podemos retomar a aviação mesmo durante a pandemia.

O trabalho proposto pretende examinar e exibir questões referentes ao avanço tecnológico em especial, o filtro HEPA, muito importante, sendo ele um dos grandes responsáveis pela continuidade e segurança nos voos em função do COVID-19. Além de ajudar a população a entender como funciona a circulação do ar dentro

dos aviões, conseqüentemente fazendo com que a economia continue girando e mantendo dessa forma o transporte de passageiros e cargas em todo vapor.

## 1.4 METODOLOGIA

### 1.4.1 Natureza da Pesquisa e Tipo de Pesquisa

O trabalho foi baseado por pesquisa explicativa, com procedimento bibliográfico e com abordagem qualitativa.

A pesquisa explicativa, visa identificar os fatores que determinam fenômenos e explicar o porquê das coisas. Segundo Gil (2007), uma pesquisa explicativa pode ser a continuação de uma pesquisa descritiva, posto que a identificação de fatores que determinam um fenômeno exige que esteja suficientemente descrito e detalhado.

Quanto ao procedimento da pesquisa, este caracteriza-se como bibliográfico, definido como um processo de documentação indireta, que tem por intuito a obtenção de dados, principalmente através de artigos científicos, livros e revistas.

A abordagem da pesquisa foi qualitativa, lida com descrições e interpretações da realidade social tendo como base dados interpretativos. A pesquisa qualitativa, exige um estudo amplo do objeto de pesquisa, considerando o contexto em que ele está inserido e as características da sociedade a que pertence.

### 1.4.2 Material e Métodos

Segundo Cervo, Bervian e da Silva (2007), a pesquisa bibliográfica “constitui o procedimento básico para os estudos monográficos, pelos quais se busca o domínio do estado da arte sobre determinado tema”.

Os materiais analisados foram:

Bibliográficos: Livros, revistas, artigos científicos especializados em aviação.

Documentais: Documentos diversos sobre aviação, Filtros Hepa e legislações sobre Organização Mundial da Saúde.

São eles:

- EpiH – *Epidemiology and Health*
- Boeing – *Clean Airplane Program*
- ASHRAE
- *Journal of Travel Medicine*
- *American Academy of Otoralyngology – Head and Neck Surgery*

*Foundation*

- *World Health Organization*
- ICAO

## 1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho foi desenvolvido para atingir os objetivos pretendidos, sendo estruturado da seguinte maneira:

No primeiro capítulo foi dada a introdução do tema, explicando a origem do problema da pesquisa em um contexto mundial e nacional. Na sequência, é apresentado o problema da pesquisa, os objetivos gerais e específicos, a justificativa e a metodologia utilizada.

O segundo capítulo é composto pela fundamentação teórica, e inicia-se com a apresentação do Filtro Hepa, analisando o seu funcionamento e sua importância para manter a qualidade do ar, gerando segurança para os passageiros. Aborda sobre o início da pandemia do Covid e a relação com a contribuição do filtro para manter os aviões operando de forma segura e eficiente nas viagens aéreas internacionais, regionais e domésticas. Na sequência foi descrito medidas de combate do Coronavírus nos aeroportos, a fim de minimizar a transmissão do vírus. Apresenta a atual situação das companhias aéreas e as perspectivas futuras para a aviação geral.

O terceiro capítulo compreende as considerações finais, sendo apresentado uma síntese do que foi apresentado no trabalho, os objetivos específicos e a resposta para o problema da pesquisa, em concordância com a fundamentação teórica proposta.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 FUNDAMENTAÇÃO SOBRE FILTROS HEPA

O primeiro filtro HEPA foi projetado na década de 1940 por Arthur D. Little como parte do Projeto Manhattan. Esse Projeto foi um programa de pesquisa e desenvolvimento que produziu as primeiras bombas atômicas durante a Segunda Guerra Mundial (HEINISCH, 2018). Dessa forma, se iniciou um grande avanço na tecnologia de filtragem de ar. Esse filtro HEPA foi fundamental no controle de partículas muito pequenas, as quais estavam contaminadas por fontes radioativas nucleares. (MICHAELIS, 2005).

Existem diversos tipos de filtros, dentre eles, os filtros eficientes de ar particulado, filtros de retenção de partículas de alta eficiência e filtros de ar de penetração ultra-baixa, os quais têm sido amplamente utilizados em várias indústrias e aplicações por muitas décadas. (NAZARENKO, 2020).

Os filtros HEPA são recomendados para o controle de infecção em ambientes de saúde baseada no equilíbrio de sua alta eficiência de filtração e menores quedas de pressão em comparação com os filtros ULPA. (HINDS, 1999). Além disso, esses filtros também são utilizados para a filtragem de ar recirculado em cabines de aeronaves de passageiros conforme mostra a Figura 3 abaixo e armários de biossegurança em laboratórios. (WHO, 2020).

Figura 3: Manutenção do Filtro HEPA.



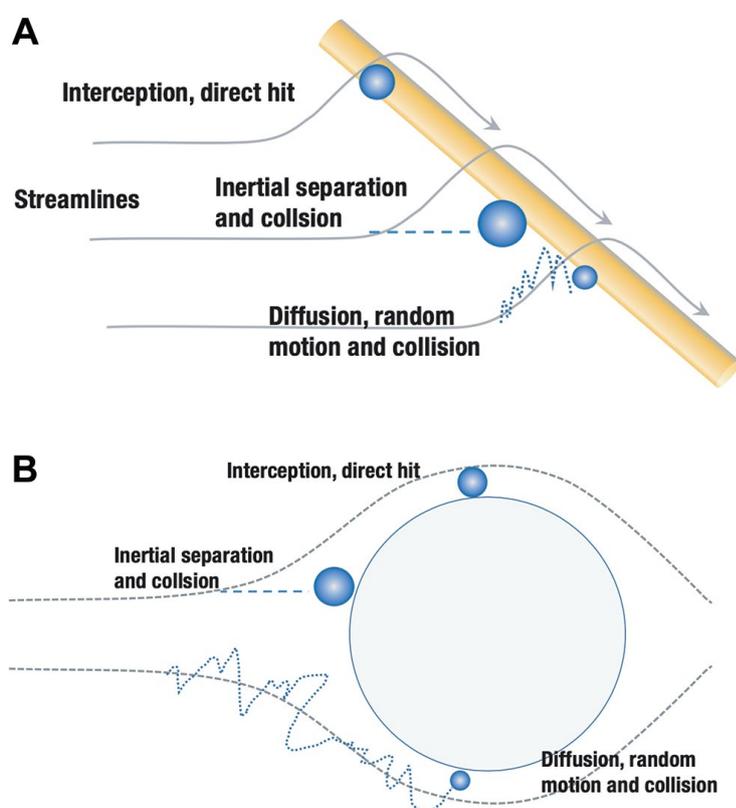
Fonte: Cassol, 2020

O Departamento de Energia dos Estados Unidos e a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos definem o HEPA com base em uma eficiência mínima de 99,97% quando testado com um aerossol de  $0,3 \mu\text{m}$  de diâmetro. (WHO, 2019). A EPA dos Estados Unidos define o diâmetro de  $0,3 \mu\text{m}$  como o "partícula de tamanho mais penetrante" (MPPS). No entanto, o MPPS pode variar em torno de  $0,3 \mu\text{m}$ , com o valor preciso dependendo da natureza das partículas de aerossol, do tipo do material do filtro e da taxa de fluxo. (NAZARENKO, 2020). Partículas maiores ou menores que a MPPS, são captadas com uma eficiência superior a 99,97%. (STADNYTSKYI, 2020).

Conforme a Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado (ASHRAE) em seu Artigo 161 de 2004, o ar que for recirculado através dos sistemas de aeronaves deverá passar por um filtro de ar particulado de alta eficiência antes de ser fornecido à cabine. Esses filtros HEPA utilizados para este fim, devem atender os requisitos de Instituto de Ciência e Tecnologia Ambiental (IEST) Tipo de Filtro "B", MERV 17 ou H13 de acordo com EN1822-1 e deve ter 99,97% de eficiência na coleta de partículas de  $0,3 \mu\text{m}$ . O ar usado para recirculação deve ser extraído da cabine em locais onde o ar é esperado para ser o mínimo contaminados. (MICHAELIS, 2005).

Os filtros HEPA geralmente são fabricados com vidro de microfibras plissados ou com outros tipos de fibras dispostas aleatoriamente em diversas camadas, com diâmetros que variam de 2 a 500 nm. À medida que o ar flui através do filtro e entre as fibras, partículas aéreas, como gotículas respiratórias e aerossol, ficarão presas por 1 de 3 mecanismos: impacto, interceptação e difusão. Conforme mostra na Figura 4 abaixo, a partícula é interceptada pelo filtro; colide com as estruturas do filtro; difusão e colisão das partículas. A parte B da figura mostra a visão do filtro em corte sagital dos três mecanismos descritos. (CHRISTOPHERSON, 2020).

Figura 4: Impacto, Interceptação e Difusão de Ar.

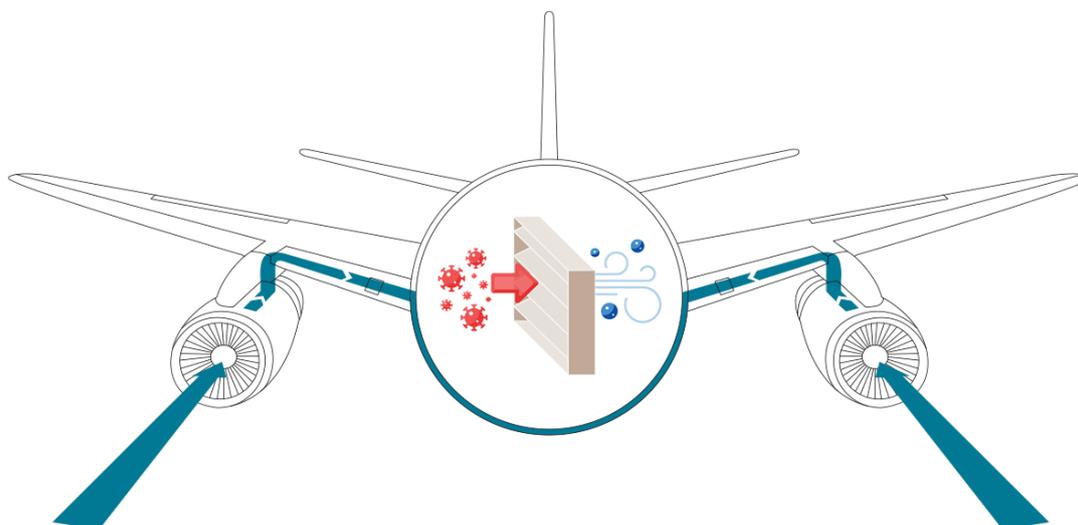


Fonte: R. Vijayakumar. CHRISTOPHERSON, 2020

Os primeiros filtros HEPA para aeronaves Boeing foram introduzidos no B747-400 em 1998. Em 1999, a United Airlines tornou-se a primeira grande companhia aérea a instalar filtros HEPA em toda a sua frota aérea. (MICHAELIS, 2005). Assim, os sistemas de filtragem de ar recirculados foram projetados para preservar a saúde e o conforto dos passageiros e da tripulação, controlando bactérias e vírus no ar. (PALL AEROSPACE, 2013). Esses filtros são eficazes em mais de

99,9% na remoção de partículas como vírus, bactérias e fungos antes que o ar seja recirculado de volta para a cabine da aeronave. Assim, esse ar da cabine é uma mistura de 50% de ar externo e 50% ar que passa por filtros HEPA. Além disso, o volume de ar da cabine é trocado a cada dois ou três minutos, ou mais de 20 vezes por hora. (BOEING, 2020). Como indicado na Figura 5 abaixo, mostrando captação de ar e sua passagem pelos filtros HEPA.

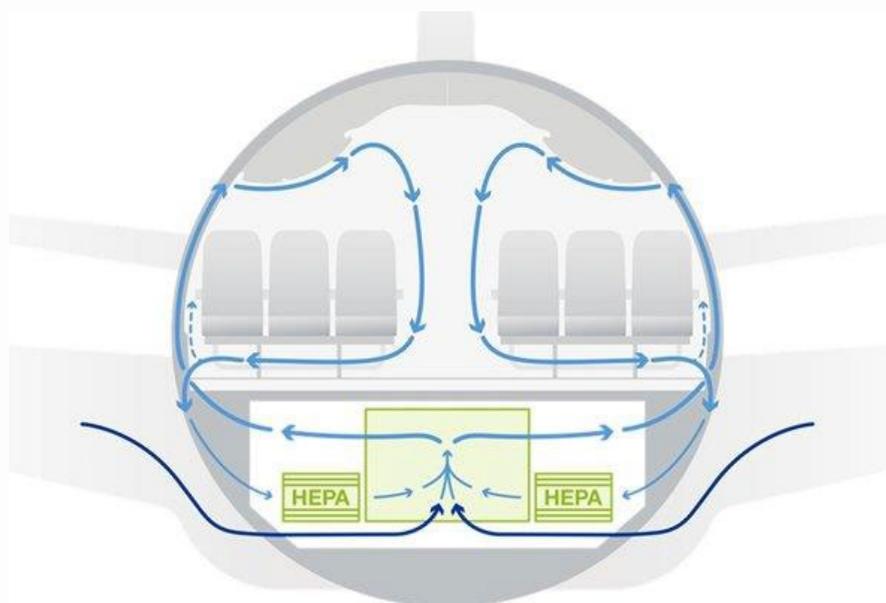
Figura 5: Captação de Ar externo.



Fonte: Gol, 2021.

O fluxo de ar dentro da cabine segue de forma direcional do teto para o chão em um padrão circular, com fluxo mínimo de baixo para cima, dessa forma, reduzindo drasticamente a propagação de partículas na cabine como mostra a Figura 6 abaixo. Além disso, o posicionamento dos bancos dos passageiros, sendo todos voltados para a frente, com encostos altos, que agem como uma barreira para vírus e demais partículas. (BOEING, 2020)

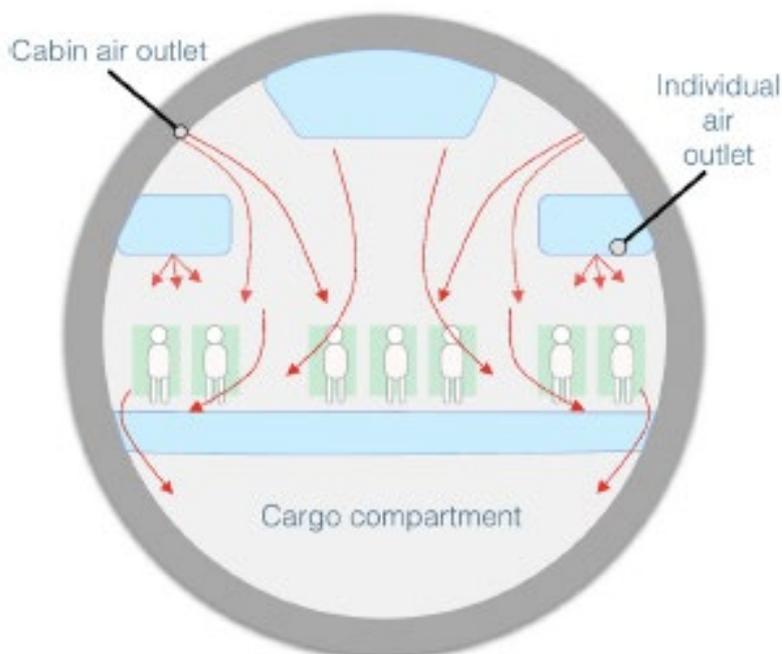
Figura 6: Desenho do fluxo de ar na cabine de passageiros.



Fonte: BOEING, 2020.

Depois da filtragem, o ar é direcionado para a saída do ar-condicionado, próxima aos bagageiros internos no teto do avião. Depois de entrar na cabine, o ar frio desce em direção ao chão, onde ficam as válvulas de exaustão do ar. Uma parte volta ao sistema de tubulação e é levada novamente aos filtros. A outra parte é expelida para o ambiente externo pelas válvulas do avião. Esse processo faz com que o ar interno do avião seja renovado a cada três minutos, em média. Todos os aviões utilizados pelas companhias aéreas brasileiras (Latam, Gol e Azul) contam com esse sistema. (CASAGRANDE, 2020). Assim, o ar dentro dos aviões está em circulação constante. Mais da metade do ar que entra na cabine pelo sistema de ar-condicionado é fresco, recém-captado do ambiente externo pelos motores, conforme mostra a Figura 7 a seguir.

Figura 7: Movimento do ar na cabine do A320.



Fonte: Bielecki, 2021

Sabe-se que os filtros HEPA só funcionam corretamente se instalados conforme instruções do fabricante, no entanto, não há intervalo de tempo definitivo para a sua substituição. Assim, as recomendações sobre a manutenção desses filtros devem ser mantidas de acordo com especificações dos fabricantes. (ASHRAE, 2021).

## 2.2 RELAÇÃO DO FILTRO HEPA E COVID-19

No final de 2019, a China foi o epicentro do novo coronavírus. Em 16 de fevereiro de 2020, a OMS declarou o surto COVID-19 uma Emergência de Saúde Pública de Preocupação Internacional (PHEIC). Em 12 de março de 2020, a OMS proclamou o COVID-19 como uma Pandemia. Até o início de abril de 2020, havia mais de 1,5 milhão de casos de COVID-19 em todo o mundo e mais de 80.000 mortes. Atualmente, em abril de 2021, já se contabilizam aproximadamente 3 milhões de mortes pelo COVID-19 no mundo. (WHO, 2021).

Desde o início da pandemia, a filtragem de ar em todos os ambientes tornou-se uma intervenção crítica no gerenciamento da propagação da doença do coronavírus. Assim, buscou-se se aprofundar sobre a eficácia da filtragem do ar na

retenção de partículas de aerossol potencialmente infecciosos. Desse modo, uma compreensão correta de como funciona a filtragem do ar é fundamental para a tomada de decisões adicionais sobre seu uso na gestão da disseminação do COVID-19.

Os Filtros HEPA são fundamentais nesse processo de limpeza do ar. Em um avião, os processos de filtragem são semelhantes aos usados em hospitais e salas industriais esterilizadas, assim como, nas cabines dos aviões, os quais são equipadas com um sistema de filtragem de ar que incorpora filtros de ar particulado de alta eficiência. (BOEING, 2020). Estes filtros são muito importantes, principalmente, para a saúde dos passageiros, pois são eficazes e seguros no processo de desinfecção, limpeza e renovação do ar. Como já visto anteriormente, estes têm se mostrado mais de 99,9% eficazes na remoção de partículas como vírus, bactérias e fungos antes que o ar seja recirculado de volta para a cabine.

O vírus responsável pela Síndrome Respiratória Aguda Grave pode permanecer no ar por mais tempo e percorrer maiores distâncias do que se achava. Enquanto o vírus do SARS-CoV-2 têm cerca de 60-140 nm de diâmetro, as gotículas respiratórias são maiores, assim como as partículas de poluição do ar ( $> 1 \mu\text{m}$ ), sendo capazes de abrigar esses vírus. Assim, a remoção dessas partículas que poderiam transportar SARS-CoV-2 do ar é possível usando a filtragem de ar. (NAZARENKO, 2020).

Os pesquisadores da Boeing dizem que o design da cabine e do sistema de fluxo de ar criam o equivalente a mais de 2 metros de distância física entre cada passageiro. Os achados, juntamente com o uso de máscaras faciais, limpeza aprimorada e outras salvaguardas reduzem o risco de os passageiros contraírem COVID-19 durante as viagens aéreas. (BOEING, 2020).

No entanto, conforme explica Alexandre Peronti, Diretor de Manutenção da Latam Airlines Brasil:

“As pessoas tendem a pensar que o ar dentro das aeronaves é viciado e um ambiente propício para a contaminação, mas a verdade é totalmente o contrário, o que torna o ambiente mais seguro, controlado e com ar de qualidade”. (PERONTI, 2020, p. 01)

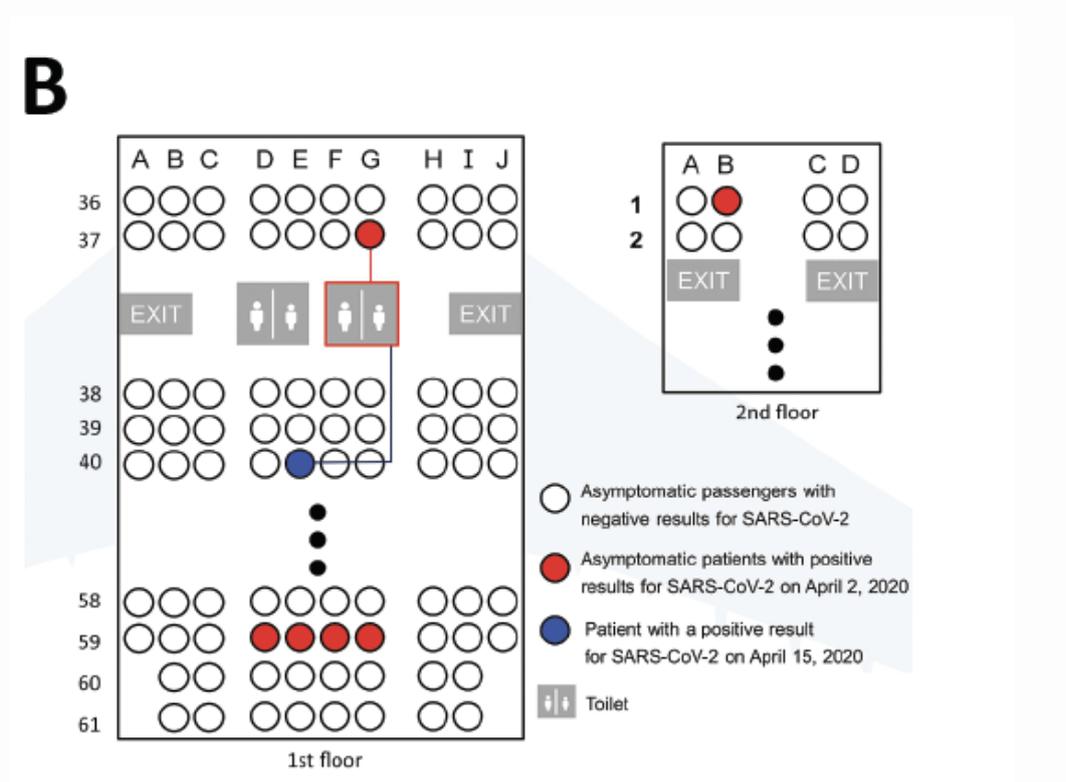
No entanto, a transmissão do covid durante um voo já foi bem documentada e sem dúvida, contribui para a disseminação do vírus. Contudo, verificou-se que os pontos mais críticos da transmissão do COVID-19 entre indivíduos nas viagens aéreas é o caminho que o passageiro percorre até o aeroporto, através de suas múltiplas

possibilidades de transmissão desse vírus antes do embarque e após o desembarque. (GROBUSCH, 2020).

Conforme o estudo de Bae (2020), um dos primeiros a avaliar e comprovar a transmissão assintomática de COVID-19 em uma aeronave, sabendo-se previamente que a transmissão a bordo de diversas doenças infecciosas respiratórias, se deve pela proximidade com que sentam perto de uma pessoa infectada. Porém, o contato com superfícies contaminadas ou pessoas infectadas durante o embarque, movimento ou desembarque da aeronave, pode desempenhar um papel crítico na transmissão de doenças infecciosas a bordo. Apesar disso, a presença e eficiência dos filtros HEPA dificultam a transmissão dessa infecção durante um voo.

Sabe-se que a eliminação viral pode começar antes do aparecimento dos sintomas de COVID-19 e evidências de transmissão de pessoas pré-sintomáticas e assintomáticas já foram relatadas em estudos epidemiológicos de SARS-CoV-2. A explicação mais plausível para a transmissão do SARS-CoV-2 a um passageiro da aeronave é que ela foi infectada por um passageiro assintomático, mas infectado, enquanto usava um banheiro a bordo, conforme Figura 8 abaixo. As poltronas pintadas de branco correspondem a pacientes assintomáticos e negativos para COVID-19. As em vermelho são pacientes assintomáticos com teste positivo para COVID-19 em 2 de abril. A poltrona em azul corresponde a um paciente com resultado positivo para COVID-19 em 15 de abril. Outras explicações menos prováveis para a transmissão a bordo, são a exposição anterior ao SARS-CoV-2, um período de incubação mais longo e outras situações não avaliadas. (BAE, 2020).

Figura 8: Estudo de Transmissão do COVID-19 durante voo Internacional.



Fonte: Bae, 2020

### 2.3 MEDIDAS DE COMBATE AO COVID-19 NOS AEROPORTOS

A fim de minimizar a transmissão do vírus nos aeroportos do mundo inteiro, tornou-se necessário que os operadores aeroportuários, operadores de aeronaves e as companhias aéreas forneçam orientação e treinamento à tripulação e aos funcionários terrestres sobre o reconhecimento de sinais e sintomas do COVID-19. Além disso, esses profissionais, devem estimular e fiscalizar o distanciamento social, higienização as mãos e uso de máscara respiratória por toda as pessoas que circulam no aeroporto. (ORGANIZATION, 2020). Esses serviços, incluindo o de higiene devem ser seguidos de acordo com as recomendações da Autoridade Nacional de Saúde, sob orientação do *Airport Council International (ACI)*.

Assim, é fundamental a criação de um protocolo de segurança de saúde da aviação para proteger do COVID-19, os passageiros aéreos e os trabalhadores da aviação. Essas medidas tem o intuito de proporcionar o crescimento da aviação global à medida que se combate a pandemia. Conseqüentemente, viagens aéreas com segurança serão realizadas, haverá incorporação de novas medidas de saúde pública

no sistema de aviação, bem como o apoio para a recuperação e crescimento econômico. Dessa forma, o ICAO (2020), reconhece a necessidade de reduzir o risco à saúde pública e, ao mesmo tempo, ser sensível ao que é operacionalmente viável para as companhias aéreas, aeroportos e outros interesses da aviação global.

O que se almeja é um transporte aéreo eficiente, seguro e sustentável, com um número cada vez maior de passageiros e cargas, e a minimização do risco de transmissão da COVID-19. Além disso, propiciar a saúde pública e a confiança entre os passageiros, funcionários da aviação e o público em geral, reconhecendo a aviação como um motor de recuperação econômica. (ICAO, 2020).

Sabe-se que a transmissão em voo do SARS-CoV-2 é um risco real, que pode ser minimizado pela combinação de estratégias e de medidas de prevenção. O uso obrigatório de máscara a bordo, minimizar o tempo das refeições, estimular a higienização frequente das mãos, desinfetar as superfícies, limitar o movimento dos passageiros a bordo. Além disso, implementar medidas eficazes de triagem pré-voo e aumentar a capacidade de rastreamento de contatos. Assim, é importante avaliar os múltiplos fatores que contribuem para o risco cumulativo de um passageiro se contaminar nesse processo e empregar medidas para reduzir esse risco. (KHATIB, 2020).

Tanto a Organização Mundial da Saúde quanto a Organização Civil Internacional de Aviação, providenciaram um documento de orientação sobre as considerações operacionais para o gerenciamento de casos COVID-19 na aviação, além de fornecerem o primeiro conjunto de diretrizes detalhadas para aeroportos, aeronaves, tripulação e carga para auxílio à navegação durante a pandemia COVID-19. (GROBUSCH, 2020).

Todos os indivíduos devem ser alertados sobre medidas para prevenir a transmissão de COVID-19, incluindo distanciamento social, higienização das mãos, limpeza do ambiente, eliminação de resíduos. Além do mais, devem saber quando e como usar máscara, evitando o contato com pessoas que apresentem sintomas respiratórios e procurar aconselhamento médico precocemente se os sinais e sintomas se desenvolverem.

Se passageiros sintomáticos forem identificados durante ou imediatamente após o voo, diversos procedimentos de limpeza devem ser seguidos. Prestadores de serviços devem ser treinados na preparação, manuseio e aplicação e armazenamento

dos produtos de limpeza. Assim, esses prestadores devem usar aventais, luvas, escudo facial e máscara durante a limpeza, conforme mostra a Figura 9 abaixo.

Figura 9: Equipamentos de Proteção Individual.



Fonte: Cassol, 2020

As superfícies devem ser limpas com detergente, seguido de desinfetante doméstico contendo hipoclorito de sódio de 0,1%. As superfícies devem ser enxaguadas com água limpa após 10 minutos de contato para o cloro. No caso de uma superfície ter sido suja com secreções respiratórias ou outros fluidos corporais, é necessário limpar as superfícies com toalhas absorventes, descartar a mesma e, em seguida, limpar e desinfetar como descrito acima. Quaisquer itens contaminados devem ser manuseados adequadamente para mitigar o risco de transmissão. Alguns itens descartáveis devem ser colocados em um saco descartável e descartados de acordo com as normas nacionais de descarte de resíduos. Por fim, é importante que os sistemas de ventilação devam ser mantidos funcionando enquanto as equipes de limpeza estão trabalhando a bordo do avião. (WHO, 2009).

Os fabricantes de aeronaves recomendam o uso de uma solução aquosa de Álcool Isopropílico a 70% como desinfetante para superfícies da cabine, com cuidados específicos para aplicação em couro e outras superfícies porosas. Também recomendam inspeção periódica dos equipamentos para detectar defeitos ou danos de longo prazo pelo uso desses desinfetantes. É fundamental seguir as instruções para garantir a aplicação, ventilação e uso adequados dos equipamentos de proteção

individual. Por fim, as superfícies devem ser limpas de sujeira e detritos antes da desinfecção para maximizar a sua eficácia. (ICAO, 2020).

Como medidas preventivas, as máscaras devem ser usadas durante todo o voo. Além disso, a higiene das mãos é necessária e fundamental, porque o contato com superfícies contaminadas aumenta o risco de transmissão de SARS-CoV-2 entre os passageiros. Somado a isso, a distância física deve ser mantida antes do embarque e após o desembarque da aeronave. (BAE, 2020).

Por fim, em 13 de novembro de 2020, o CDC instituiu a cessação da triagem de viajantes internacionais que chegam aos EUA, concluindo que a medição da temperatura e a triagem de sintomas, detectaram poucos casos COVID-19. Identificaram um único caso por 85.000 viajantes selecionados, há um custo elevado. Existem muitas razões potenciais para o baixo número de casos, incluindo uma prevalência geral de COVID-19 baixa em viajantes; o período de incubação relativamente longo de 2 a 14 dias; e uma doença apresentando um amplo espectro em termos de infecções assintomáticas; casos afebris e diversos graus de gravidade e sintomas inespecíficos. (GROBUSCH, 2020).

#### 2.4 CENÁRIO ATUAL DAS COMPANHIAS AÉREAS EM RELAÇÃO AO COVID-19

Sabe-se que a curva epidemiológica do COVID-19 só pode ser achatada através de uma ação em equipe, levando em consideração todos os fatores que podem contribuir para a propagação desse vírus. Existem muitos setores da economia mundial como por exemplo, indústrias de entretenimento, esportivas, hotelaria, educação e aviação, que tentam comprovar que não contribuem significativamente para a propagação de SARS-CoV-2. Dessa forma, tem-se tornado fundamental, para justificar quaisquer restrições à vida privada e profissional, que essas tomadas de decisões sejam baseadas em evidências científicas sólidas e bem fundamentadas. (GROBUSCH, 2020)

Todo este acontecimento global da COVID-19 impactou significativamente as viagens aéreas internacionais, regionais e domésticas. Conforme dados dos Estados Unidos, *Transportation Security Administration* (TSA), o tráfego de passageiros reduziu entre 30% e 40% no ano de 2020 em comparação com 2019, com os níveis mais baixos perto de 4% durante meados de abril de 2020. (BOEING, 2020). Conforme ICAO (2020), os aeroportos registraram uma queda de 28,4% nos

volumes de tráfego global de passageiros no primeiro trimestre de 2020, equivalente a uma redução de 612 milhões de passageiros em termos absolutos. Para as companhias aéreas, a receita por passageiro por quilômetro voado (RPKs) em todo o mundo caiu 94% em relação ao ano anterior de 2019.

Com a segunda onda do vírus afetando vários países e levando a novas restrições de viagens, os voos internacionais permaneceram mínimos, com uma queda de 88% em relação à agosto de 2019. A ICAO (2020), estimava que, até o final de 2020, o impacto do COVID-19 no tráfego regular de passageiros internacionais iria atingir reduções de até 71% da capacidade de assentos e até 1,5 bilhões de passageiros globalmente. Assim, as companhias aéreas e os aeroportos enfrentaram uma perda potencial de receita, respectivamente, de até 314 bilhões de dólares e de 100 bilhões de dólares, em 2020. (ICAO, 2020).

Consequentemente, a indústria aérea foi impulsionada a melhorar as suas proteções em várias etapas de um voo, a fim de minimizar os riscos à saúde de viajantes, funcionários do aeroporto, tripulação terrestre, pessoal de companhias aéreas, restaurando a sua confiança. Com isso, torna-se importante que as companhias aéreas, lutem para permanecer operando sem restrições e voltem a retomar sua capacidade total de atendimento. Por um lado, garantindo a segurança daquele passageiro que utiliza o serviço para passeio e outro que viaja a negócios, ambos contribuindo para reconstruir a economia mundial fortemente comprometida desde o início da pandemia. (GROBUSCH, 2020).

Somado a isso, a indústria da aviação adotou múltiplas estratégias para aumentar a segurança dos passageiros, investindo na qualidade da ventilação a bordo, da ventilação no portão de embarque, modificando as estratégias de embarque e desembarque. Além disso, aprimoraram os processos de desinfecção e triagem pré-voos, como verificação de temperatura e testes COVID-19. (KHATIB, 2020).

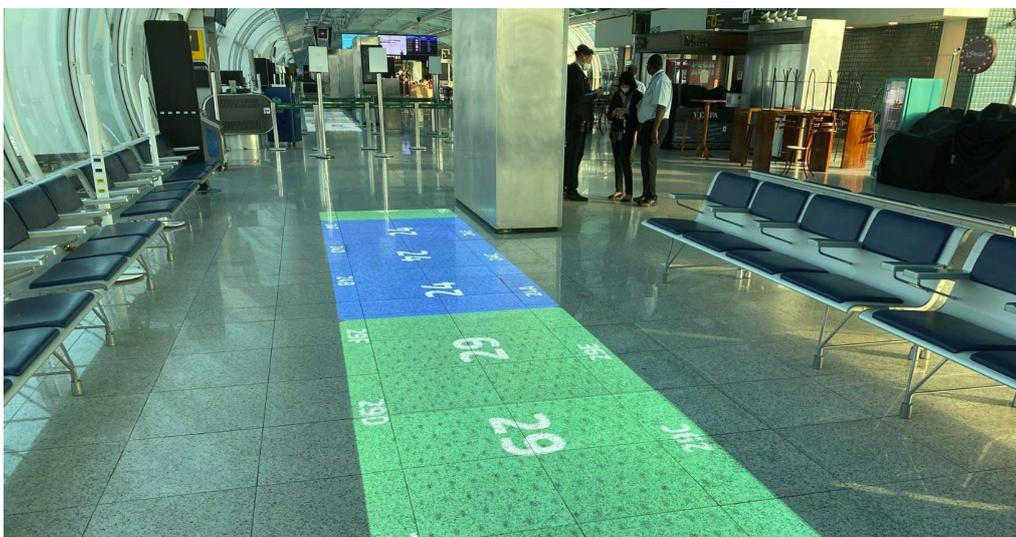
A fim de garantir a segurança de todos, os principais modelos de aviões utilizados pelas linhas aéreas brasileiras felizmente contam com os filtros HEPA. A Azul Linhas Aéreas, além de adotar o uso obrigatório de máscaras, disponibilizar álcool em gel nas aeronaves, lenços desinfetantes e medir a temperatura dos seus tripulantes, a toda a sua frota de aviões são equipados com filtros HEPA. Por sua vez, a Gol Linhas Aéreas adotou padrões de sanitização, intensificando a limpeza noturna com desinfetante de grau hospitalar para as galerias de serviço e áreas de uso interno na cabine. A companhia também conta com os filtros HEPA. Outra empresa

importante, a Latam, investiu na melhoria dos processos de embarque e desembarque, e teve a iniciativa de deixar, sempre que possível, o assento do meio livre, ajudando no processo de circulação de ar nas aeronaves. Além de seus aviões também estarem equipados com filtros HEPA. (GOMES, 2020).

Outro ponto crucial é o embarque e desembarque dos passageiros, sendo uma das principais preocupações das companhias aéreas a fim de evitar a aproximação das pessoas. Para isso, as companhias estão realizando diversas mudanças nas suas rotinas. Dentre essas, realizar o check-in e o despacho de bagagens online, realizar a conferência de documentos por aplicativos ou a distância, sem contato físico. (HERTZBERG, 2018).

Além disso, outra iniciativa é o ordenamento do embarque e desembarque por fileira de assentos, evitando aglomerações. Como exemplo, a Azul Linhas Aéreas adotou um sistema controlado por inteligência artificial, o *Wavemaker*, desenvolvido pela empresa paranaense PACER. O sistema analisa as reservas confirmadas para o voo para organizar o embarque. Na sala de espera, projeta-se um tapete virtual no chão que orienta o passageiro para o momento exato de se dirigir ao embarque de acordo com o assento que irá ocupar e o ritmo de acomodação dos passageiros que já embarcaram, como mostra a Figura 10 abaixo. Aliado a isso, também indica a distância que deve manter dos demais passageiros na fila e o ritmo que deve avançar ou aguardar. (ZAPAROLLI, 2020).

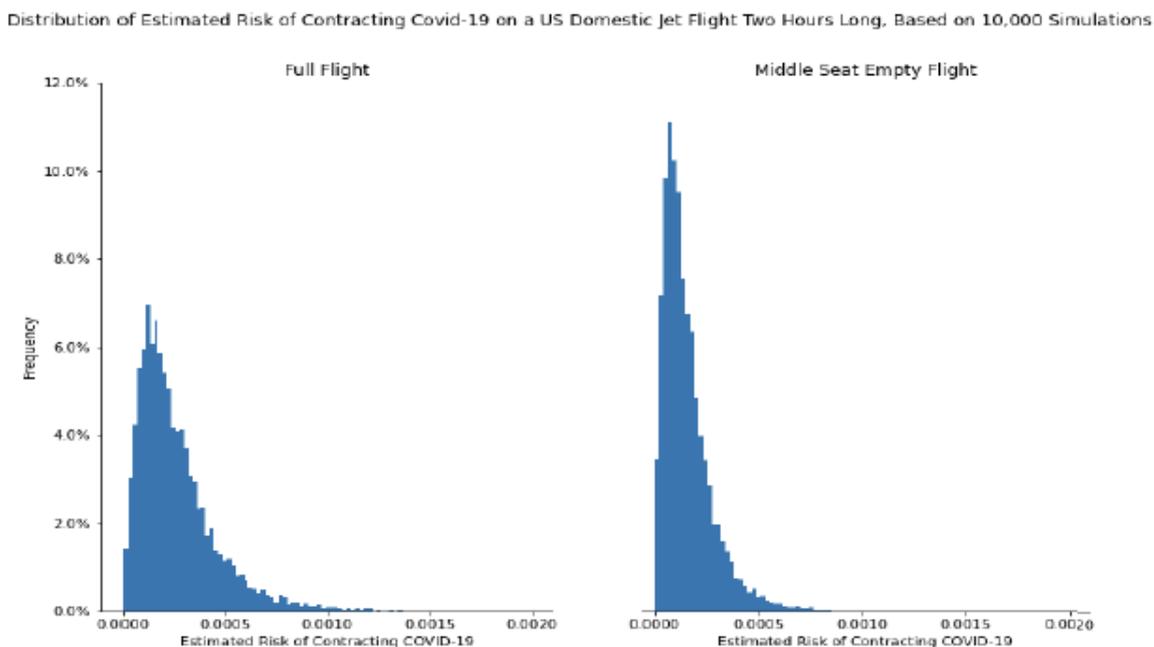
Figura 10: Projeção Virtual.



Fonte: Cassol, 2020.

Conforme, a Infectologista Tânia Chaves, membro da Sociedade Brasileira de Infectologia e professora da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Pará (UFPA), as medidas adotadas pelas companhias aéreas são acertadas, mas não suficientes. Ela defende uma mudança no layout das aeronaves, como adotar poltronas individualizadas ou simplesmente eliminar o uso das poltronas do meio nas fileiras de assentos garantiria um maior distanciamento. (ZAPAROLLI, 2020). Conforme mostra o Gráfico 1 abaixo, Barnett (2020), mostra em seu estudo que manter assentos do meio vazios durante um voo de 2h, reduzem o risco de contaminação em comparação a um voo cheio de passageiros. Estudo baseado em 10.000 simulações. O gráfico a esquerda mostra um voo cheio e a direita um voo com o assento do meio vazio.

Gráfico 1: Distribuição da estimativa do risco de contrair COVID-19.



Fonte: Barnett, 2020.

Corroborando com acima exposto, o ICAO (2020), sugere que quando necessário, os assentos devem ser distribuídos para um distanciamento físico adequado entre os passageiros. As companhias aéreas devem permitir arranjos de assentos separados quando a ocupação permitir. Os passageiros também devem ser incentivados a permanecer no assento designado tanto quanto possível. Dessa forma, limitando a interação a bordo. Outra precaução importante é incentivar os indivíduos

a viajarem com pouca bagagem de mão. Jornais e revistas deveriam ser removidos de dentro da aeronave.

Além disso, outras medidas que poderiam auxiliar na redução da transmissão, é a suspensão da alimentação e bebidas a bordo durante voos domésticos e de curta duração. Esse serviço acima deve ser acondicionado em recipientes lacrados e pré-embalados. (ICAO, 2020).

Uma rigorosa limpeza das aeronaves a cada escala é primordial. (ZAPAROLLI, 2020). O uso de cobertores e travesseiros, devem ser reduzidos para minimizar o risco de infecção cruzada. Deve ser proibido o compartilhamento de equipamentos de segurança usados para demonstrações de segurança. Os membros da tripulação devem ser instruídos a prestar serviço apenas em seções específicas da cabine. (ICAO, 2020).

Contudo, a restrição ao uso do lavatório também se faz importante. Na medida do possível, dependendo da aeronave, os passageiros devem usar um lavatório designado com base na atribuição de assento para limitar o movimento dos passageiros em voo, reduzindo a exposição a outros passageiros. Também, designar um lavatório para uso somente da tripulação, quando possível. Considera-se que a proximidade com um caso índice, pode contribuir para o risco de transmissão mais do que o tipo ou localização do assento. (KHATIB, 2020).

## 2.5 INOVAÇÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

As crises também trazem oportunidades. A pandemia global COVID-19 atraiu atenção considerável para métodos e tecnologias inovadoras para suprimir a propagação do vírus. A transmissão via superfícies contaminadas foi reconhecida como um importante rota para espalhar SARS-CoV-2. (IMANI, 2020). Dessa forma, ferramentas inovadoras estão sendo cada vez mais utilizadas na aviação. Aliado ao uso de máscara, uso de aplicativos móveis para rastreamento de contato, materiais antivirais e revestimentos para a descontaminação de superfícies, serão valiosos para conter futuras pandemias. (GROBUSCH, 2020).

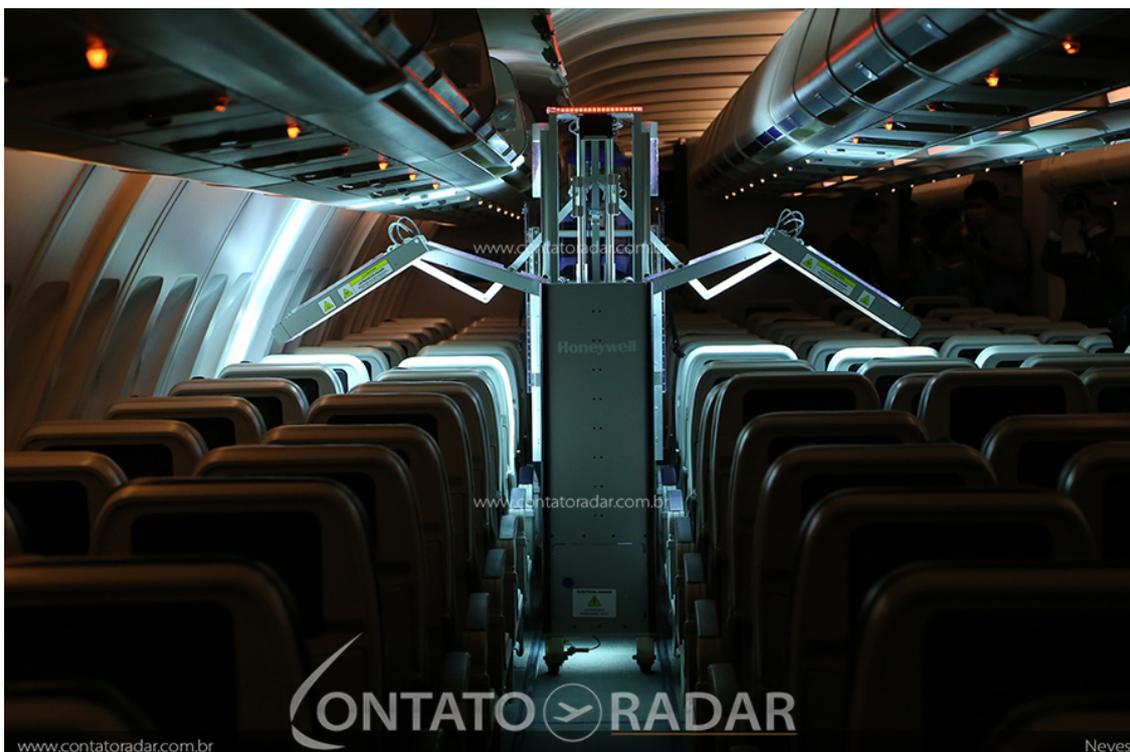
Uma nova forma de inovações tecnológicas, como os passaportes de saúde digitais, podem ajudar a padronizar os requisitos de entrada de triagem em aeroportos e fronteiras, permitindo um retorno mais seguro para viajar. (KHATIB, 2020).

Tem-se ciência que a viabilidade do coronavírus em superfícies pode variar de 2 horas a 9 dias. Isso representa um grande risco para transmissão através da rota de superfície, assim, há uma necessidade urgente de se encontrar soluções eficazes que eliminem o vírus dessas superfícies. (IMANI, 2020). Diversos materiais como cobre, prata, zinco e dióxido de Titânio (TiO<sub>2</sub>) são os produtos inorgânicos mais amplamente estudados. Existem também as nanopartículas como ouro, magnésio, metais de transição, sílica e perovskitas também importantes. Embora essas tecnologias têm sido eficazes na inativação de vírus em várias superfícies, o seu uso na prática diária ainda é limitado, pois sua eficácia depende do tipo de vírus. Além disso, eles podem requerer longos tempos de incubação dos vírus nessas superfícies para inativá-lo, o que poderia contribuir para a sua transmissão. Desafios com produção em massa e custo de material são outras desvantagens para muitas dessas tecnologias.

Conseqüentemente, superfícies inativadoras capazes de repelir imediatamente patógenos são urgentemente necessários. Cientistas, indústria e governos devem trabalhar juntos em direção a esse objetivo. (IMANI, 2020)

Outro método de limpeza de superfícies como a irradiação Ultravioleta (UV) não substitui os procedimentos normais de limpeza manual, mas podem ser usadas para complementar os procedimentos de desinfecção já existentes, conforme mostra a Figura 11 abaixo. Quando utilizado, vários fatores importantes devem ser considerados, incluindo que a desinfecção por UV só é eficaz se o vírus for exposto à luz UV. Importante salientar que os materiais expostos à luz ultravioleta podem ficar danificados ou descoloridos. (ICAO, 2020).

Figura 11: Ultravioleta na desinfecção da aeronave.



Fonte: Dotto, 2020

Outra inovação foi avaliada por Chuaybamroong (2010), em seu estudo, que investigou a aplicação da oxidação fotocatalítica (PCO) ao filtro HEPA para desinfecção de partículas de microorganismos transportadas pelo ar. Os experimentos foram conduzidos em duas cargas de  $TiO_2$  no filtro HEPA irradiado com UV-A. Foram testados a inativação e penetração de quatro microorganismos, incluindo *Aspergillus niger*, *Penicillium citrinum*, *Staphylococcus epidermidis* e *Bacillus subtilis*. Verificou-se que os microorganismos retidos no filtro fotocatalítico foram inativados em torno de 60-80% e em 100% para *S. epidermidis* quando as reações PCO ocorriam. Mostrando assim, as diversas formas de implementação do filtro Hepa em conjunto com outras técnicas de desinfecção, e seus diferentes resultados na retenção de outros microorganismos.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal deste trabalho foi conhecer sobre os filtros dos aviões, em especialmente o filtro HEPA, que é o mais utilizados nas aeronaves de companhias aéreas e que permite que o ar seja filtrado com qualidade, retendo todas as impurezas e conseqüentemente gerando maior qualidade e segurança, principalmente em função do Coronavírus. Devido a pandemia, gerou-se uma redução drástica em relação aos voos nas companhias aéreas, fazendo com que uma crise na aviação fosse instalada e com isso novas formas de medidas de proteção deveriam ser implementadas.

Como visto neste trabalho, para manter os aviões em voos e a continuidade das operações, é de suma importância que cada vez mais o ar dentro da aeronave seja extremamente limpo, desta forma gerando conforto e segurança para os passageiros. A utilização do filtro HEPA, que apresenta uma alta eficiência na retenção de poeira, bactérias, fungos e diversas outras impurezas, chegando a 99,97% em sua eficiência e é de suma importância para que seja cada vez mais limpo o ar dentro do avião. A forma que o ar dentro da aeronave é circulado, sendo de cima para baixo, tornando um movimento vertical, faz com que o nível de propagação de qualquer coisa no ar seja bastante limitado, juntamente com a renovação do ar, que é feita a cada dois minutos, tornando o ar mais limpo e saudável.

Este trabalho apresentou desde o início da pandemia o cenário da aviação, mostrando o quanto importante é a forma que o ar é circulado dentro das aeronaves para que cada vez mais os passageiros se sintam confortáveis e seguros precisando voar em meio de uma pandemia. Há muito tempo que a indústria aeronáutica se preocupa em manter a qualidade do ar dentro da aeronave, que com padrões rigorosos vem mantendo alta eficiência e trazendo cada vez mais segurança para os passageiros, juntamente com medidas de controle a partir mesmo da chegada do passageiro no aeroporto, distribuindo álcool e gel e exigir o uso de máscaras por parte dos tripulantes e passageiros.

As limitações desta pesquisa baseiam-se no pouco conhecimento a respeito de como o SARS-CoV pode ser combatido e eliminado, pela sua apresentação clínica ser muito variada e pela falta de tratamento eficaz disponível. Existem poucos estudos clínicos realizados até o presente momento demonstrando a

contaminação dentro de uma aeronave. Outra limitação é que existem múltiplos fatores que interferem na propagação do vírus, não apenas sendo o filtro HEPA o único responsável pela segurança na proteção. Fatores comportamentais individuais e coletivos são fundamentais nesse processo, como uso de máscara facial, distanciamento social, álcool gel, isolamento em casos suspeitos.

Concluída a pesquisa, é possível afirmar que as companhias aéreas nacionais e internacionais têm se esforçado para manter as normas e a qualidade do ar dentro do avião, comprovando que a atividade aérea é reconhecida como o meio de transporte mais seguro da atualidade. Sabemos que os estudos para melhorar a qualidade nunca param e que novas formas devem surgir e serem aprimoradas, acredito que no momento agregado aos filtros Hepa, inovações tecnológicas são fundamentais para o futuro da aviação, desta forma superfícies inativadoras capazes de repetir imediatamente patógenos são importantíssimos e necessários. Cientistas, indústria e governos devem trabalhar juntos em direção a esse objetivo.

Novas pesquisas deveriam ser realizadas dentro das aeronaves para avaliar a transmissibilidade do vírus em passageiros e tripulantes vacinados contra a COVID 19. Mais estudos mostrando que o distanciamento das poltronas e limitação de passageiros poderia reduzir a taxa de transmissão viral na cabine. Novos mecanismos de desinfecção dos passageiros na entrada da aeronave poderiam auxiliar na remoção de partículas contaminantes.

Para atingir esse objetivo, é necessário que todos os envolvidos trabalhem sinergicamente visando o melhoramento do sistema como um todo, sejam os fabricantes dos filtros, desenvolvendo cada vez equipamentos mais eficientes, companhias aéreas se modernizando e criando procedimentos cada vez mais ágeis e seguros, fazendo com que a aviação continue sempre sendo o meio de transporte mais seguro e rápido do mundo.

## REFERÊNCIAS

AIRLINK. **Entenda a importância dos filtros HEPA na microbiologia e seus benefícios.** 2019. Disponível em: <https://www.airlinkfiltros.com.br/artigos/entenda-importancia-dos-filtros-hepa-na-microbiologia-e-seus-beneficios/>. Acesso em: 05 mar. 2021.

ASHRAE. **Question 3: What is the size of the SARS-CoV-2 virus, and can it be captured by ventilation filters?** 2021. Disponível em: <https://www.ashrae.org/>. Acesso em: 02 mar. 2021.

ASHRAE. **Documento de Posição da ASHRAE sobre Aerossóis Infecciosos.** 2021. Disponível em: <https://www.boeing.com/confident-travel/downloads/Boeing-Engineered-Physical-Distance-Equivalence-for-a-Cough.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2021.

BAE, Sung Hwan; SHIN, Heidi; KOO, Ho-Young; LEE, Seung Won; YANG, Jee Myung; YON, Dong Keon. **Asymptomatic Transmission of SARS-CoV-2 on Evacuation Flight.** Emerging Infectious Diseases, [S.L.], v. 26, n. 11, p. 2705-2708, nov. 2020. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). <http://dx.doi.org/10.3201/eid2611.203353>.

BARNETT, Arnold; **Covid-19 risk among airline passengers: should the middle seat stay empty?** 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1101/2020.07.02.20143826>. Acesso em: 01 mar. 2021.

BIELECKI, Michel; **Covid-19 risk among airline passengers: should the middle seat stay empty?** 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1101/2020.07.02.20143826>. Acesso em: 01 mar. 2021.

BOEING. **BOEING.** 2020. Disponível em: <https://www.boeing.com/confident-travel/downloads/Boeing-Engineered-Physical-Distance-Equivalence-for-a-Cough.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Sobre a doença. O que é COVID-19.** 2021. Disponível em: <https://coronavirus.saude.gov.br/sobre-a-doenca>. Acesso em: 28 fev. 2021.

CASSOL, Leonardo; **Os filtros de ar dos aviões são capazes de deter o coronavírus?** 2020. Disponível em: <https://www.melhoresdestinos.com.br/filtro-de-ar-avioes-coronavirus.html>. Acesso em: 20 fev. 2021.

CHEN, Junfang; HE, Hanqing; CHENG, Wei; LIU, Yan; SUN, Zhou; CHAI, Chengliang; KONG, Qingxin; SUN, Wanwan; ZHANG, Jiaqi; GUO, Song. **Potential transmission of SARS-CoV-2 on a flight from Singapore to Hangzhou, China:**

**an epidemiological investigation.** Travel Medicine And Infectious Disease, [S.L.], v. 36, p. 101816, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101816>.

CHRISTOPHERSON, David A; **High-Efficiency Particulate Air Filters in the Era of COVID-19: Function and Efficacy Otolaryngology.** 2020. Disponível em: DOI: 10.1177/0194599820941838. Acesso em: 25 abr. 2021.

CHUAYBAMROONG, P.; CHOTIGAWIN, R.; SUPOTHINA, S.; SRIBENJALUX, P.; LARPKIATTAWORN, S.; WU, C.-Y. **Efficacy of photocatalytic HEPA filter on microorganism removal.** Indoor Air, [S.L.], v. 20, n. 3, p. 246-254, 26 fev. 2010. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0668.2010.00651.x>.

DOTTO, Guilherme. **Azul inclui uso de raio ultravioleta da Honeywell na limpeza de suas aeronaves.** 2020. Disponível em: <https://contatoradar.com.br/2020/11/azul-inclui-uso-de-raio-ultravioleta-da-honeywell-na-limpeza-de-suas-aeronaves/>. Acesso em: 12 maio 2021.

DYNIEWICZ, Luciana; **Com Covid-19 e isolamento social, setor aéreo teve pior ano da história. A paralisação dos voos foi global e o setor acabou sendo um dos mais atingidos pela crise do coronavírus.** 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/2021/01/02/com-covid-19-e-isolamento-social-setor-aereo-teve-pior-ano-da-histori>. Acesso em: 25 fev. 2021.

GOL. **Higienização nos voos.** 2021. Disponível em: <https://www.voegol.com.br/pt/informacoes/viaje-sem-duvidas/seguranca-na-gol>. Acesso em: 12 maio 2021.

GOMES, Erico; **Como funcionam os filtros de ar dos aviões e a limpeza de aeronaves.** 2020. Disponível em: <https://www.skyscanner.com.br/noticias/filtros-de-ar-e-limpeza-de-avioes-coronavirus>. Acesso em: 03 maio 2021.

GROBUSCH, Martin P.; SCHAUMBURG, Frieder; FREY, Albie de. **Air travel and COVID-19 prevention: fasten your seat belts, turbulence ahead.** Travel Medicine And Infectious Disease, [S.L.], v. 38, p. 101927, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101927>.

HEINISCH, Carsten; **1941: EUA decidem construir a bomba atômica.** Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/1941-eua-decidem-construir-a-bomba-at%C3%B4mica/a-294885>. Acesso em: 25 abr. 2021.

HERTZBERG, Vicki S; **Behaviors, movements, and transmission of droplet-mediated respiratory diseases during transcontinental airline flights.** 2018. Disponível em: <https://www.pnas.org/content/115/14/3623>. Acesso em: 03 maio 2021.

HINDS, William C; **Aerosol technology: properties, behavior, and measurement of airborne particles**. 2nd ed. New York: Wiley; [1999], p. 483. Acesso em: 03 mar. 2021.

HOEHL, Sebastian; KARACA, Onur; KOHMER, Niko; WESTHAUS, Sandra; GRAF, Jürgen; GOETSCH, Udo; CIESEK, Sandra. **Assessment of SARS-CoV-2 Transmission on an International Flight and Among a Tourist Group**. *Jama Network Open*, [S.L.], v. 3, n. 8, p. 2018044, 18 ago. 2020. American Medical Association (AMA). <http://dx.doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.18044>.

ICAO. **Guidance for Air Travel through the COVID-19 Public Health Crisis**. 2020. Disponível em: <https://www.icao.int/covid/cart/Pages/CART-Take-off.aspx>. Acesso em: 08 maio 2021.

IMANI, Sara M.; LADOUCEUR, Liane; MARSHALL, Terrel; MACLACHLAN, Roderick; SOLEYMANI, Leyla; DIDAR, Tohid F. **Antimicrobial Nanomaterials and Coatings: current mechanisms and future perspectives to control the spread of viruses including sars-cov-2**. *Acs Nano*, [S.L.], v. 14, n. 10, p. 12341-12369, 9 out. 2020. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/acsnano.0c05937>.

JOHANNA, Read; **O ar que circula dentro dos aviões é limpo? Filtros de alta tecnologia e máscaras simples: como os avanços tecnológicos e a responsabilidade individual podem deixar os voos mais seguros**. 2020. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2020/09/ar-circula-avioes-limpo-saude-viagem-covid-19-coronavirus-pandemia>. Acesso em: 06 mar. 2021.

KHATIB, Aisha N; CARVALHO, Anna-Maria; PRIMAVESI, Robert; TO, Kent; POIRIER, Vincent. **Navigating the risks of flying during COVID-19: a review for safe air travel**. *Journal Of Travel Medicine*, [S.L.], v. 27, n. 8, p. 1-2, 12 nov. 2020. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/jtm/taaa212>.

MICHAELIS, Susan.; LORAINE, T. **Aircraft Cabin Air Filtration and Related Technologies: requirements, present practice and prospects**. *The Handbook Of Environmental Chemistry*, [S.L.], p. 267-289, 2005. Springer-Verlag. <http://dx.doi.org/10.1007/b107248>.

NAZARENKO, Yeygen; **Air filtration and SARS-CoV-2**. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4178/epih.e2020049>. Acesso em: 08 mar. 2021.

ORGANIZATION, World Health. **Operational considerations for managing COVID-19 cases or outbreak in aviation**. 2020. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/operational-considerations-for-managing-covid-19-cases-or-outbreak-in-aviation-interim-guidance>. Acesso em: 25 abr. 2021.

ORGANIZATION, World Health. **Guide to Hygiene and Sanitation Aviation**. 2009. Disponível em: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/aviation\\_guide/en/](https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/aviation_guide/en/). Acesso em: 25 abr. 2021.

PALL, Corporation; **Bacterial and Virus Removal Efficiency of Pall HEPA Cabin Air Filters**. 2013. Disponível em: [https://shop.pall.com/INTERSHOP/web/WFS/PALL-PALLUS-Site/en\\_US/-/USD/ViewProductAttachment-OpenFile?LocaleId=&DirectoryPath=pdfs%2FAerospace-Defense-Marine&FileName=AECAHEPEN.pdf&UnitName=PALL](https://shop.pall.com/INTERSHOP/web/WFS/PALL-PALLUS-Site/en_US/-/USD/ViewProductAttachment-OpenFile?LocaleId=&DirectoryPath=pdfs%2FAerospace-Defense-Marine&FileName=AECAHEPEN.pdf&UnitName=PALL). Acesso em: 25 abr. 2021.

PERONTI, Alexandre; **Mitos e verdades sobre os filtros das aeronaves**. 2020. Disponível em: [https://www.panrotas.com.br/aviacao/empresas/2020/05/latam-mitos-e-verdades-sobre-os-filtros-das-aeronaves\\_173772.html](https://www.panrotas.com.br/aviacao/empresas/2020/05/latam-mitos-e-verdades-sobre-os-filtros-das-aeronaves_173772.html). Acesso em: 03 maio 2021.

SANTOS, Helivania Sardinha; **Pandemia**. 2021. Disponível em: <https://www.biologianet.com/doencas/pandemia.htm>. Acesso em: 06 mar. 2021.

SKYSCANNER. **Como funcionam os filtros de ar dos aviões e a limpeza de aeronaves**. 2020. Disponível em: <https://www.skyscanner.com.br/noticias/filtros-de-ar-e-limpeza-de-avioes-coronavirus>. Acesso em: 06 mar. 2021.

STADNYTSKY, Valentyn; **The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission**. 2020. Disponível em: [doi.org/10.1073/pnas.2006874117](https://doi.org/10.1073/pnas.2006874117). Acesso em: 25 abr. 2021.

WHO. World Health Organization. **Laboratory biosafety guidance related to coronavirus disease 2019 (COVID-19): interim guidance**. 2020. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/331138>. Acesso em: 01 mar. 2021.

WHO. World Health Organization. **Operational considerations for managing COVID-19 cases or outbreak in aviation**. . Estados Unidos, p. 1-2. 18 mar. 2020.

WHO. World Health Organization. **Severe acute respiratory infections treatment centre: practical manual to set up and manage a SARI treatment centre and a SARI screening facility in health care facilities**. 2020. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/331603>. Acesso em: 01 mar. 2021.

ZAPAROLLI, Domingos; **Coronavírus e avião: risco só é alto para quem está próximo de infectado**. Pesquisa Fapesp. Disponível em: <https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2020/07/18/coronavirus-e-aviao-risco-so-e-alto-para-quem-esta-proximo-de-infectado.htm>. Acesso em: 03 maio 2021. Acesso em 03/05/2021.