

A FISILOGIA NA ATIVIDADE AÉREA E OS POSSÍVEIS DANOS CAUSADOS AOS AERONAUTAS

Marcelo de Freitas Almeida¹

Joel Irineu Lohn²

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo geral a identificação dos possíveis danos à saúde do aeronauta causados pela interação com o meio aeronáutico e a rotina de trabalho na aviação à luz da medicina aeroespacial, e recomendar ações práticas para a sua prevenção, tanto ao aeronauta, quanto às empresas aéreas e órgãos da área. Caracteriza-se como uma pesquisa exploratória e descritiva, com procedimento bibliográfico e documental, por meio de documentos dos órgãos oficiais da medicina e aviação mundiais, legislações com o tema e trabalhos científicos, com abordagem qualitativa. Ao analisar os resultados obtidos através da pesquisa, conclui-se que a atividade aérea e a dinâmica do trabalho na aviação são fatores de risco para a saúde da tripulação, e seus efeitos se não prevenidos podem levar a problemas à saúde e conseqüentemente à diminuição da segurança operacional. Concluiu-se também que para que a disciplina de voo tenha efetividade no aumento da segurança de voo, além do controle dos fatores de risco nos hábitos pessoais do aeronauta, ela deve incluir ações de prevenção aos danos à saúde advindos do ofício, ações essas que também devem ser tomadas nos momentos fora da vida profissional.

Palavras-chave: Medicina aeroespacial. Saúde do aeronauta. Saúde da tripulação. Disciplina de voo. Meio aeronáutico.

¹ Bacharel em Ciências Aeronáuticas (Unisul). Piloto. E-mail:

² Mestre em Educação e Ciência (UFSC). Bacharel em Direito (Unisul). Licenciado em Química (UFSC). Coordenador de Cursos. Professor na Unisul. E-mail: joel.lohn@animadeucacao.com.br

PHYSIOLOGY IN AIR ACTIVITY AND POSSIBLE DAMAGE CAUSED TO AERONAUTS

ABSTRACT

The present study has as its goal to identify the possible damages to aeronaut health caused by the interaction with the aeronautical environment and the aviation work routine in the light of the aerospace medicine, and recommend practical actions for its prevention, both to the crew, the airliners and aviation agencies. The research is characterized as descriptive and exploratory, with bibliographic and documentary procedure, through documents of official organs of medicine and aviation worldwide, legislation with the theme and scientific works, with a qualitative approach. When analyzing the results obtained through the research, it is concluded that the aviation workplace and the dynamics characteristics of the job are risk factors for the crew health, and its effects, if not prevented, can lead to health problems and decreased operational safety. It was also concluded that in order for flight discipline to have effectiveness in increasing flight safety, in addition to controlling the risk factors in the personal habits of aeronaut, it should include actions to prevent health damage from the work routine, which should be also taken at the moments outside of the professional life.

Keywords: *Aerospace medicine. Aeronaut health. Crew health. Flight discipline. Aeronautical environment.*

ISSN 2763-7697

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade o homem sempre teve a vontade de voar, do descobrimento do princípio de Arquimedes até a invenção dos primeiros aeródinos a corrida para dominar o ar e o espaço vem acelerando. Nossos corpos por outro lado não foram criados para o meio aéreo, nele existem níveis de pressão e temperatura que o corpo humano não conseguiria sequer se manter vivo por poucos instantes.

A atividade aérea é permeada por diversas alterações em relação ao ambiente em que estamos acostumados a viver, além de impor estresses ao corpo

R. bras. Av. civil. ci. Aeron., Florianópolis, v. 4, n. 1, p. 132-181, jan/mar. 2024.

causados pela própria máquina que produz vibração, ruídos, e esforços de aceleração que não existem em terra firme.

Os efeitos fisiológicos do voo são objeto de estudo de campo especializado do saber, a medicina aeroespacial, a qual merece receber contribuição acerca da realidade específica do aeronauta brasileiro no que atine a tais efeitos e suas causas. Sobretudo importa estudar os efeitos fisiológicos do voo, a curto e longo prazo, na vida profissional e privada desses trabalhadores.

Buscar-se-á, através da pesquisa bibliográfica, recomendações práticas específicas de prevenção às lesões e efeitos nocivos da atividade aérea no corpo do aeronauta. Visando que a comunidade que exerce essa atividade possa adotar algumas dessas práticas em seu dia a dia.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Quais são os efeitos da atividade aérea no corpo humano, como identificar os riscos causados por tais efeitos na pilotagem e reduzir os possíveis danos ao aeronauta ao curto e longo prazo?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Identificar as possíveis complicações causados pela atividade aérea na saúde do aeronauta, recomendando ações para a prevenção desses danos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Conhecer os processos que levam às alterações na fisiologia do corpo do aeronauta e sua relação com o voo.
- b) Identificar os danos causados pela atividade aérea no corpo do aeronauta a curto e longo prazo.

c) Identificar os riscos aumentados por esses efeitos dentro do âmbito da segurança operacional.

d) Propor ações a serem tomadas pelos aeronautas, empresas aéreas e proprietários de aeronaves a fim de prevenir esses danos e mitigar os riscos aumentados por eles.

1.3 JUSTIFICATIVA

A aviação é uma atividade totalmente disseminada, há incontáveis usuários em todo o mundo, e todos eles são expostos a certos efeitos e riscos para sua saúde ao embarcar em uma aeronave. Se com um passageiro, mesmo que esporádico, deve-se ter certos cuidados quanto a sua saúde antes, durante e depois do voo, imagina-se que o cuidado com um tripulante exposto diariamente a esses mesmos efeitos deva ser redobrado.

Apesar de que os primeiros estudos que se tem notícia sobre os efeitos da atividade aérea na fisiologia do corpo humano datam da época da primeira guerra mundial. Ainda hoje existe uma necessidade no que tange às políticas e práticas desses conhecimentos voltados aos mais expostos a esses efeitos que são os aeronautas.

Como copiloto, tive a oportunidade de ver de perto os efeitos de nossa atividade nos comandantes, principalmente nos mais idosos, todos possuem sintomas típicos como, desgaste nas juntas ligamentares das mãos devido a vibração, para os pilotos de helicóptero. Outros por exemplo, pilotos de avião, já tiveram enfisemas pulmonares no decorrer de sua carreira. E todos que conheço têm ou teve algum problema psicológico devido ao desgaste das longas jornadas estressantes e afastados da família.

Esses efeitos, tanto ao curto quanto ao longo prazo, têm impacto significativo na segurança operacional. Sendo o aeronauta um dos três pilares do sistema SIPAER (o meio, o homem, a máquina) mitigando esses efeitos nocivos no corpo, mitigamos também os riscos de acidentes/incidentes.

1.4 METODOLOGIA

Este trabalho é uma pesquisa bibliográfica dos fatores fisiológicos no voo, seus efeitos e causas, para desenvolvê-la foi necessário analisar documentos oficiais dos órgãos nacionais e internacionais, publicações acadêmicas, manuais de aeronaves, e publicações nos sites oficiais ligados à aviação, que estudam o tema.

1.4.1 Natureza da pesquisa e tipo da pesquisa

Essa pesquisa é do tipo descritiva pois demonstra as causas e efeitos já conhecidos das reações fisiológicas no corpo humano devido ao voo e exploratória pois visa propor meios práticos de prevenção desses efeitos nocivos ao aeronauta.

O procedimento de pesquisa adotado foi o bibliográfico, para que se pudesse explicar de maneira prática os conceitos já abordados nas fontes de pesquisa. Dado que através dessa pesquisa busca-se informações para uma melhor prevenção por parte dos aeronautas aos danos da atividade aérea, a pesquisa se caracteriza por sua natureza qualitativa.

1.4.2 Materiais e métodos

Analisaram-se materiais bibliográficos como: Livros e periódicos que descrevem a fisiologia do voo. Materiais Documentais diversos sobre as legislações e procedimentos regendo a aviação civil brasileira e internacional que tratem de requisitos e padrões de procedimentos em relação ao tema proposto, entre eles:

Documentos da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC); Agência Nacional de Aviação Americana – Federal Aviation Administration (FAA); Agência Nacional de Aviação Civil do Reino Unido - Civil Aviation Authority (CAA); Organização Internacional de Aviação Civil – International Civil Aviation

R. bras. Av. civil. ci. Aeron., Florianópolis, v. 4, n. 1, p. 132-181, jan/mar. 2024.

Organization (ICAO); Sindicato Nacional dos Aeronautas (SNA); Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA); Centro de Estudos em Segurança de Voo (CESV); Associação do Cockpit Europeu – European Cockpit Association (ECA); Fundação Internacional de Segurança de Voo – Flight Safety Foundation (FSF); Conselho Federal de Medicina (CFM); Instituto Nacional de Câncer (INCA); Sociedade Brasileira de Medicina Aeroespacial (SBMA); Associação de Medicina Aeroespacial Americana – Aerospace Medicine Association (AsMA); Comissão Internacional de Proteção Radiológica – International Commission on Radiological Protection (ICRP); Organização Mundial da Saúde – World Health Organization (WHO); Materiais audiovisuais do Instituto Americano de Medicina Aeroespacial Civil - Civil Aerospace Medical Institute (CAMI); Artigos científicos de revistas, jornais e periódicos. Artigos, Teses, Dissertações e Trabalhos de Conclusão de Curso de colegas da UNISUL que constam no Depositório Institucional (RIUNI); Artigos, Teses, Dissertações e Trabalhos de Conclusão de Curso de colegas de outras instituições de ensino superior.

Revista Brasileira de Aviação Civil

& Ciências Aeronáuticas

ISSN 2763-7697

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A ATMOSFERA

A atmosfera terrestre é uma massa de ar inodora e incolor que envolve a terra e tem como principal função em favor da vida a filtragem dos raios solares e a respiração dos seres vivos. É considerado que a atmosfera tenha cerca de 100 km de extensão, dividida em cinco “camadas”. A troposfera é a camada mais baixa onde acontecem a maioria dos fenômenos meteorológicos e onde as aeronaves voam (exceto algumas aeronaves militares que podem chegar a voar mais alto). Nessa camada a temperatura diminui em 2º Celsius a cada 1000 pés que se sobe, razão essa denominada Gradiente Térmico Padrão. Existem também, em ordem

de altura, a tropopausa, a estratosfera e a ionosfera, além da exosfera, que respectivamente, possui um gradiente térmico zero (isotermia); difunde a luz solar e filtra seletivamente a radiação solar ionizante através de sua maior concentração de ozônio; absorve os raios solares ionizantes gama, raios X e raios ultravioleta penetrantes; se confunde gradualmente com o espaço sideral, não realizando efeito direto no processo de filtragem (NASCIDOSPRAVOAR, 2016).

O ar atmosférico é composto por diversos gases, porém é composto em sua maior parte por Nitrogênio (78%), Oxigênio (21%) e somente 1% de outros gases. Nessa composição não é considerado o vapor de água, que pode corresponder de 0 (ar seco) a 4% (ar saturado). A pressão atmosférica total ao nível do mar é de 760 milímetros de mercúrio (mmHg), a 10 mil pés a pressão é de 523mmHg e a 50 mil pés somente 87 mmHg (NASCIDOSPRAVOAR, 2016).

2.2 LEIS DOS GASES

O documento “Leis dos gases” se refere a um conjunto de leis formuladas entre a metade do século XVII e o início do século XIX, que estudam o comportamento de um gás ideal ao passar por uma transformação gasosa. Essa transformação ideal ocorre quando duas das três variáveis: pressão, volume e temperatura, se alteram enquanto a terceira permanece constante (BOZZETTO, 2018).

Essa relação de transformação ideal é traduzida na chamada equação dos gases ideais. De acordo Bagnato, Muniz; Bagnato (1995, p. 104) “A equação dos gases ideais tem a seguinte fórmula: $PV = nRT$, onde P é a pressão, V o volume, n o número de moles, T a temperatura e R a constante Universal dos gases (8,31 Joules/K mol)”. Com essa equação pode se entender muitos dos princípios das transformações dos gases durante um voo.

2.2.1 Lei da difusão gasosa

Também conhecida como Lei de Graham, de acordo com ele, as moléculas do gás deslocam-se do ambiente de maior pressão para o de menor pressão. Sendo que podem estar divididos por exemplo por uma membrana permeável ao gás, é o caso das paredes dos alvéolos pulmonares. “A eficiência desse processo, denominado Difusão Gasosa, é diretamente proporcional a pressão diferencial entre os gases e ocorre até que as pressões se igualem” (RUSSOMANO, 2012, p. 36).

2.2.2 Lei de Boyle-Moriotte

Essa lei preceitua que, “mantendo a temperatura constante, o volume de um gás é inversamente proporcional à pressão exercida sobre ele” (RUSSOMANO, 2012, p. 37). Aplicando-se essa lei ao voo, ao a aeronave subir, diminui-se a pressão e os gases aprisionados dentro do corpo (ouvido interno, estômago, pulmão, etc.) se expandem, provocando alterações fisiológicas e possíveis complicações.

2.2.3 Lei de Charles

Essa lei preceitua que, “mantendo a pressão constante, o volume do gás é diretamente proporcional à sua temperatura” (RUSSOMANO, 2012, p. 37). Pode-se ver essa lei em funcionamento observando o funcionamento dos motores à reação, onde a mistura de combustível é queimada, aumentando assim a sua temperatura, e conseqüentemente o volume dos gases, assim são expulsos da câmara de combustão, movimentando a turbina.

2.2.4 Lei de Dalton

Esta lei expressa que a “pressão total de uma mistura de gases é igual a soma das pressões parciais dos gases que a compõem. Sendo a pressão parcial de um gás diretamente proporcional a sua concentração percentual na mistura” (RUSSOMANO, 2012, p. 39). No caso do oxigênio da atmosfera, Russomano (2012) calcula a pressão parcial da seguinte maneira: Pressão parcial = Fração de concentração do Oxigênio x Pressão total da atmosfera, ou seja, 0,2095 (fração de oxigênio na atmosfera, 20,95%) x 760 mmHg (Pressão padrão total da atmosfera ao nível do mar) = 159,2 mmHg, seria a pressão parcial do oxigênio ao nível do mar.

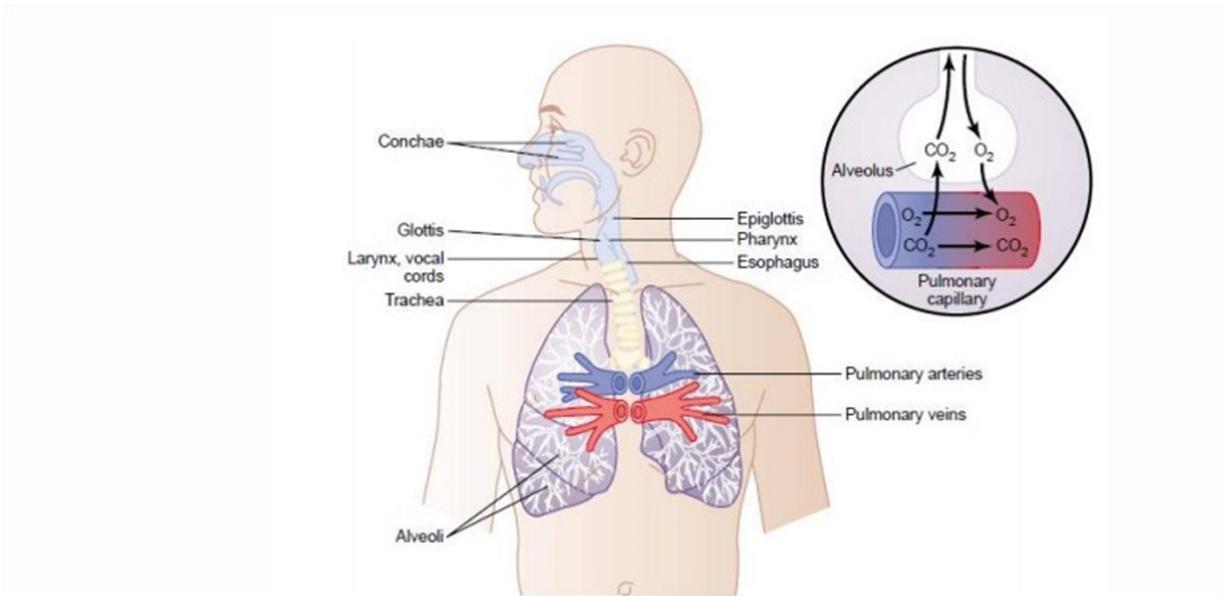
2.2.5 Lei de Henry

Essa lei trata da absorção de um gás em um meio líquido, “a absorção é diretamente proporcional à pressão parcial desse gás sobre o líquido, e dependente também da temperatura e da solubilidade em particular desse gás nesse líquido”, isto quer dizer que se a pressão parcial do gás diminuir, a massa de gás dissolvido no líquido também diminuirá (RUSSOMANO, 2012, p. 40). Pode se observar o funcionamento dessa lei na fisiologia humana através dos gases dissolvidos no sangue, que ao serem descomprimidos podem voltar a forma gasosa, causando bolhas de gás no sangue, e possivelmente uma embolia.

2.3 FISILOGIA RESPIRATÓRIA

De acordo com Evora (2017) a fisiologia do sistema respiratório consiste no nariz, faringe, laringe traqueia, brônquios e pulmões. Os pulmões contêm a árvore brônquica, as ramificações das vias aéreas dos brônquios primários até os bronquíolos terminais (Figura 1).

Figura 1 - Fisiologia do sistema respiratório



Fonte: Evora (2017).

A zona respiratória dos pulmões é a região contendo os alvéolos, pequenos sacos com paredes finas onde ocorre as trocas gasosas, inclui também os bronquíolos respiratórios. Oxigênio e gás carbônico passam entre alvéolos e capilares pulmonares por difusão, através da membrana respiratória (fina). A atividade muscular causa mudanças no volume da cavidade torácica durante a respiração (EVORA, 2017).

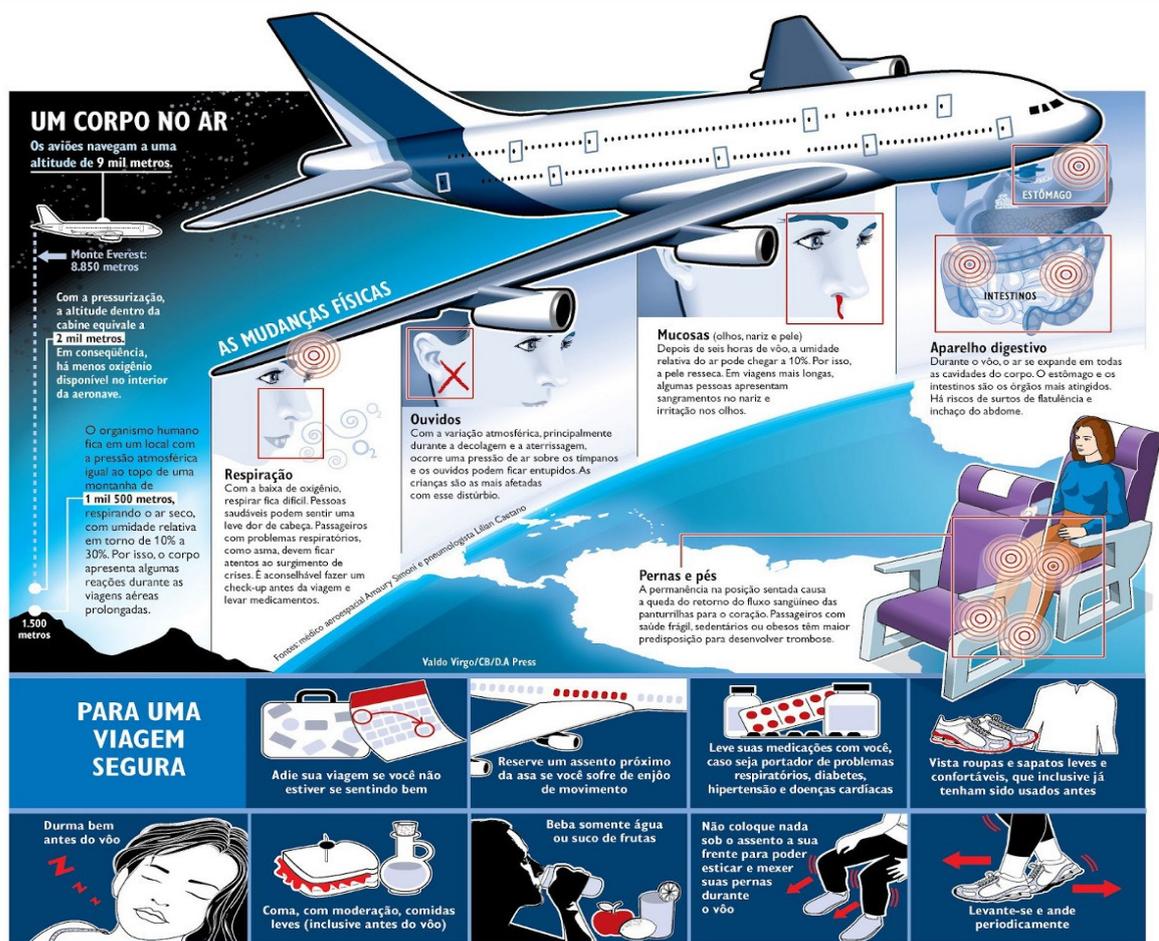
Mudanças no volume da cavidade torácica causa mudanças nas pressões intrapulmonar, que permitem a movimentação do ar de região de alta pressão para região de baixa pressão. A perfusão pulmonar refere-se ao fluxo sanguíneo da circulação pulmonar disponível para a troca gasosa, sendo que as suas pressões são relativamente mais baixas quando comparadas com a circulação sistêmica (EVORA, 2017).

É através da pressão diferencial, entre o oxigênio atmosférico e o fluxo sanguíneo pulmonar, mais precisamente dos alvéolos. Utilizando-se dos princípios da lei de Graham, através da difusão gasosa é que se dão as trocas gasosas, que levam oxigênio para o fluxo sanguíneo.

3 O HOMEM NO MEIO AERONÁUTICO

Segundo o SIPAER existem três pilares fundamentais na aviação, são eles: o Homem, o Meio e a Máquina (CESV, 2017). Este capítulo pontua os efeitos fisiológicos e psicológicos no homem quando adentra ao meio aeronáutico, as causas, os efeitos, e a prevenção e tratamento dos danos advindos dessa interação (Figura 2).

Figura 2 - Efeitos do voo no corpo humano



Fonte: Monolitonimbus, 2019.

Por mais que a indústria e as companhias aéreas tomem medidas necessárias é também necessário que o aeronauta trabalhe ativamente para excluir ou pelo menos diminuir os efeitos dos fatores estressantes de sua

profissão, esta é a única maneira de controlá-los efetivamente. Mudanças no clima, alimentação, vibrações e ruídos, mudanças de pressão, acelerações, aerocinetose, alterações na visão, sobrecarga dos órgãos sensoriais em especial os com relação a orientação espacial, ergonomia deficitária na aeronave, radiação solar ionizante, falta de sono, alterações no dia a dia e no ritmo circadiano, contato com elementos químicos além da fadiga aérea são todos fatores estressantes e que serão abordados melhor no decorrer desse trabalho (PESSOA, 1992).

Em seu trabalho o aeronauta encontra fatores os quais ele não encontra em sua vida cotidiana e que seu organismo não está habituado. Esses são os fatores estressantes do voo, assim denominados pois exigem do organismo uma reação de defesa, que pode levar ao esgotamento ou à compensação (PESSOA, 1992).

3.1 HIPÓXIA

O fenômeno da hipóxia se caracteriza pela baixa concentração de oxigênio nos tecidos celulares. Na aviação esse sintoma é causado, quando do aumento da altitude, pela diminuição da pressão atmosférica e consequente diminuição da pressão parcial de oxigênio, conhecida nesse caso como Hipóxia Hipóxica (ROCHA, 2011).

Apesar da quantidade percentual de oxigênio na atmosfera ser constante, a diminuição da pressão parcial reduz a pressão diferencial entre o fluxo sanguíneo no alvéolo pulmonar e o oxigênio atmosférico, dificultando assim a troca gasosa entre eles. As forças G's causadas pelas manobras impostas nas aeronaves também podem ser causadoras ou fatores ampliadores da hipóxia. O sangue que deveria fluir para todos os tecidos do corpo fica estagnado e não supre a demanda de oxigênio, conhecida nesse caso como Hipóxia Estagnada (ROCHA, 2011).

“Através de investigação, ficou mostrado que ingerir 0,28 litros de álcool equivale a adicionar 2.000 pés de altitude à altitude fisiológica verdadeira” (ROCHA, 2011, p. 27). O uso de certos medicamentos, álcool, fumo, ou mesmo de

fatores químicos externos como aspirar os gases do escapamento da aeronave, que venham a envenenar o aeronauta, podem levar a incapacidade das células de transportar ou utilizar o oxigênio de maneira normal, conhecida nesse caso como hipóxia Histotóxica (ROCHA, 2011).

3.2 DISBARISMO

Disbarismo são alterações fisiológicas no corpo devido à diminuição da pressão externa, a pressão atmosférica. Desse modo a hipóxia hipóxica explicada anteriormente também é um disbarismo, porém como se trata da específica diminuição da pressão parcial do oxigênio é estudada separadamente neste trabalho assim como nas principais publicações. Existem dois tipos de disbarismos: aeroembolismo e aerodilatação (ROCHA, 2011).

3.2.1 Aeroembolismo

O aeroembolismo ou doença da decompressão é a formação de bolhas principalmente de nitrogênio em várias partes do organismo, é citado na literatura que ocorre em altitudes acima de 30.000 pés. Apesar de existir esse valor de referência na literatura é importante lembrar que a altitude é somente um dos vários fatores para o aparecimento desse problema (PESSOA, 1993). Como diz Pessoa (1993, p. 47) “[...] sabe-se que há pessoas que apresentam o problema em altitudes bem menores”.

São fatores de maior risco para o aeroembolismo: “Além da velocidade de ascensão, podem influir na intensidade do aeroembolismo a sensibilidade individual, a obesidade, a temperatura ambiente, o grau de vascularização do tecido, a vasoconstrição, a idade, a presença de cicatrizes” (PESSOA, 1992, p. 48).

A World Health Association **Who** (s.d.b, tradução e grifo nossos) também cita em seu portal:

Caso de embolismo anterior, Caso de embolismo no histórico familiar, **Uso de tratamento com Estrogênio (a pílula anticoncepcional) ou Terapia de reposição hormonal, Gravidez**, Cirurgia recente ou trauma, particularmente no abdômen, região pélvica ou pernas, Câncer, Obesidade, Algumas anormalidades hereditárias na coagulação do sangue.

A FAA (2013) em suas publicações também cita alguns fatores que pré-dispõem à formação de bolhas no organismo, exemplo: o tempo de permanência em altitude, a temperatura ambiente (especialmente em ambientes frios), sedentarismo, consumo de álcool e cabe ressaltar os seguintes: mergulhar com cilindro de ar antes do voo (o que pode levar a aeroembolismo mesmo em altitudes muito menores), lesões anteriores ao voo (principalmente nas juntas) e exposições repetitivas (caso dos aero navegantes, que por esse motivo têm um risco mais elevado de desenvolverem esses tipos de sintomas).

A CAA (2015) cita em suas publicações como um fator de risco, além dos já citados, a idade acima dos 40 anos. Para cada parte do corpo em que aparecem as bolhas existem diferentes sintomas, todos muito severos. Pode-se destacar a formação de bolhas no sistema respiratório, que de acordo com Pessoa (1993, p. 52) “levam à obstrução dos capilares que levam aos alvéolos pulmonares, bloqueando as trocas gasosas, gerando ao afligido a sensação de estar sufocando”. As bolhas formadas no sistema nervoso, que podem levar a sérios sintomas como:

Cefaleia intensa, distúrbios visuais transitórios, tontura, sensações parestésicas (dormências, “formigamentos”, sensações de calor e de frio), parestias (diminuição da sensibilidade e motricidade de uma parte do corpo), paralisias (deficiência motora), perda da coordenação motora, coma e morte (PESSOA, 1992, p. 51).

As bolhas nas camadas dérmicas, tecido conjuntivo e adiposo, as quais levam a sintomas como prurido, e de acordo com PESSOA (1993, p. 50): “[...] irritação das terminações nervosas, vasodilatação e liberação de histamina. Disso decorre a sensação de calor ou frio, “formigamento”, prurido intenso e placas róseas, de urticária, em todo o corpo.”

Apesar de parecerem menos preocupantes esses últimos sintomas, cabe dizer que as vezes o prurido pode ser tão intenso a ponto de incapacitar o piloto para o controle do avião. O que de acordo com Pessoa (1993) foi o causador de alguns acidentes em pilotos de caça na Segunda Guerra Mundial.

Nas cabines dos aviões da atualidade existem máscaras que caem em virtude de uma despressurização fornecendo oxigênio, porém cabe dizer que servem tão somente para prevenir a hipóxia, não servindo como tratamento do aeroembolismo. Para o devido tratamento dos sintomas a FAA aconselha um protocolo a ser seguido por alguém afligido pelos sintomas do aeroembolismo:

[...] mesmo que os sintomas sumam durante a descida da aeronave para altitudes mais baixas, você ainda deve pousar e procurar avaliação médica enquanto continua a respirar 100% oxigênio.

Se um dos seus sintomas for dor nas juntas, mantenha a área afetada parada; não tente acabar com a dor movimentando a junta.

Ao pousar, procure assistência médica através de um “oficial médico da FAA”, um médico especializado em medicina de aviação, cirurgião de voo militar, ou um médico especialista em medicina hiperbárica. Esteja atento que um médico não especializado em aviação ou em medicina hiperbárica pode não estar familiarizado com este tipo de problema médico. Procure a melhor opção.

Tratamento médico definitivo pode envolver o uso de uma câmara hiperbárica operada por pessoal especialmente treinado.

Podem ocorrer sinais e sintomas da doença da descompressão somente após o voo, em solo mesmo que não estivessem presentes durante o voo (FAA, 2013, site. tradução nossa).

Revista de Direito Aeronáutico & Espaço Civil
ISSN 2763-7697

A Civil Aviation Association do Reino Unido cita como medidas profiláticas as seguintes:

Medidas profiláticas devem ser realizadas de acordo com o grau de risco. Medidas simples e eficazes são mover-se pela cabine da aeronave e realizar os exercícios de membros inferiores mostrados em vídeos de companhias aéreas e revistas de bordo.

Qualquer profilaxia especializada deve ser direcionada àqueles com maior risco e incluir: Meias anti embolia devidamente ajustadas, que conferem compressão ao membro, Heparina Sódica subcutânea de baixo peso molecular, altamente eficaz e com baixo risco de sangramento e, em casos de alto risco, anticoagulante oral. É importante enfatizar que **o risco de efeitos colaterais do uso de aspirina supera qualquer efeito antitrombótico** em potencial e **seu uso não é recomendado** (CAA, 2015, site grifo nosso).

3.2.2 Aerodilatação

Conforme exposto os gases aprisionados nas cavidades do corpo se expandem quando da diminuição da pressão externa, através dos processos físicos de acordo com a Lei de Boyle-Moriotte, que diz que o volume de um gás é inversamente proporcional à sua própria pressão, quando mantida a temperatura constante. Se essa cavidade não tiver uma abertura, ou essa abertura for obstruída ou reduzida a ponto de o gás não poder escapar (ou adentrar) rápido o suficiente para que essa cavidade não seja exposta a uma força de expansão (ou contração), então a pessoa possivelmente terá complicações fisiológicas, a depender da área do corpo afetada, podendo haver dor.

Existem algumas cavidades corporais em que há o fenômeno da expansão dos gases aprisionados, tais como:

- Ouvido médio, no voo em decida. Na subida os gases expandidos são expulsos pela trompa de Eustáquio, que funciona como uma válvula unidirecional. Na decida, esse gás estará naturalmente aprisionado, a cavidade sofrerá um efeito de contração, e o ouvido poderá ficar bloqueado. É recomendado também pela Associação de Medicina Aeroespacial que não se voe caso não seja possível desbloquear os ouvidos (ASMA, 2013).

- Seios Nasais, tanto no voo em descida quanto em subida. Na ocorrência de uma infecção respiratória as aberturas dos seios nasais podem ser reduzidas ou mesmo obstruídas, de maneira que o ar dentro fique aprisionado e não haja a possibilidade de igualar a pressão interna com a externa. O que geralmente desconforto, dor e até sangramento (ASMA, 2013).

- Dentes, em voo ascendente. Apesar de serem eventos muito raros, o ar pode ficar aprisionado dentro de cavidades que surgem ao realizar procedimentos de preenchimento dental com um dentista. O ar se expandirá dentro da cavidade, pressionando-o contra paredes do dente e do preenchimento (ASMA, 2013).

O tratamento para esse tipo de sintoma é em primeiro lugar descer o avião até a altitude em que eles sumam e posteriormente buscar ajuda especializada, prevenindo maiores danos.

3.3 HIPERVENTILAÇÃO

Um ciclo de respiração em um adulto saudável é considerado normal entre 12 à 16 respirações por minuto. Respirar em um ritmo maior que o normal é considerado que a pessoa está em um estado de hiperventilação (FAA, 2013). Através de complexas reações químicas, aproximadamente 70% da concentração do CO₂ no fluxo sanguíneo se dá em forma de íons de bicarbonato HCO₃⁻, que são formados da seguinte maneira, exposto no Manual de Introdução à Fisiologia da Aviação da FAA (FAA, 2013, site):



Onde, H₂CO₃ é ácido carbônico, um íon de hidrogênio (H⁺) é retirado do ácido carbônico e forma HCO₃⁻ (íon de bicarbonato).”

É a concentração desses íons de hidrogênio que vão, através de quimiorreceptores localizados no corpo das grandes artérias carótida e aorta, controlar quimicamente o ritmo de respiração do corpo. Por outro lado, a respiração pode ser controlada fisicamente, através de processos voluntários ou mesmo involuntariamente. Sendo através de uma reação ao medo, ansiedade, um ferimento (processo involuntário), ou o ato de encher balões por exemplo (processo voluntário), se não houver a contrapartida do aumento da atividade muscular para que haja uma compensação no consumo de oxigênio, esse processo de hiperventilação poderá levar à inconsciência (FAA, 2013).

Nesses casos bastaria que o piloto percebesse o problema e controlasse a respiração de maneira a leva-la ao seu ritmo normal antes que levasse a problemas maiores, porém como vimos a aviação é uma atividade

complexa e nem sempre os pilotos têm à disposição todo tempo para isso, aí é que entra a importância do treinamento, tanto dos procedimentos normais e de emergência, o que já é esperado que sejam realizados com frequência, quanto do reconhecimento dos sintomas e métodos de prevenção, o que mesmo na atualidade ainda é raro esse tipo de treinamento.

3.4 PRESSURIZAÇÃO E DESPRESSURIZAÇÃO RÁPIDAS OU EXPLOSIVAS

Ao voar em altas altitudes existem riscos como os já expostos, tais como a hipóxia e doença da descompressão. As aeronaves modernas podem ser operadas em altitudes entre 25 e 51 mil pés, porém mantendo uma altitude de pressurização de cabine confortável, entre 6500 e 8000 pés (FAA, 2013).

O procedimento bem conhecido pelos passageiros frequentes de aviões comerciais, a informação de que em caso de depressurização, máscaras de oxigênio caem automaticamente, logo acima do assento do passageiro. Elas devem ser colocadas imediatamente, antes mesmo de ajudar outras pessoas, pois o tempo de consciência útil pode ser de poucos segundos, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Tempo de consciência útil x altitude

ALTITUDE	TEMPO ÚTIL DE CONSCIÊNCIA
18.000 pés	20 a 30 minutos
22.000 pés	10 minutos
25.000 pés	3 a 5 minutos
28.000 pés	2,5 a 3 minutos
30.000 pés	1 a 2 minutos
35.000 pés	30 segundos a 1 minuto
40.000 pés	15 a 20 segundos
45.000 pés	9 a 15 segundos

Fonte: (NASCIDOPARAVOAR, 2016).

O outro lado da situação é que sempre existirá a possibilidade de haver uma falha repentina na pressurização da aeronave, de modo que se expõe os passageiros a um risco aumentado no caso de uma depressurização. Todos os males de se voar em altas altitudes (especialmente acima de 18 mil pés), poderão

ter seus danos aumentados no caso de uma despressurização rápida ou mesmo explosiva.

3.5 ACELERAÇÕES, ORIENTAÇÃO ESPACIAL E AEROCINETOSE

As acelerações são alterações na velocidade da aeronave, seja pela magnitude ou pela direção, e é medida em metros por segundo ao quadrado. Existem três tipos de aceleração, a linear, conhecida na aviação como “aceleração” somente, ela acontece quando sem se mudar de direção, aumenta-se a velocidade. A radial, é a aceleração com mudança na direção e com velocidade constante, ocorre em uma curva, por exemplo. E a angular, que é medida em graus por segundo, envolve mudanças tanto na velocidade quanto na direção simultaneamente. A influência das acelerações no corpo depende de: sua magnitude, tempo de duração, da direção, do local, e da parte do corpo em que atua (HELFENSTEIN, 2012).

A desorientação espacial ou “vertigem do avião” como também é conhecida, é a falsa sensação de movimento que o piloto sente em referência a si mesmo, ou ao ambiente externo à aeronave. Ela é influenciada pela força da gravidade, força centrífuga e as suas interações com os mecanismos compensadores do ouvido interno e dos sistemas sensoriais visual e proprioceptivo (HELFENSTEIN, 2012).

As acelerações centrífuga e da gravidade, através do sistema proprioceptivo (receptores localizados na pele, músculos, tendões, ligamentos e articulações), fornecem as sensações de corpo pesado e pressões sobre os músculos. Durante o voo através dessas sensações, pode se saber se está subindo ou descendo ou realizando uma curva, e para qual lado (HELFENSTEIN, 2012) (CENIPA, 2018).

Os mecanismos compensadores do ouvido interno são o sistema vestibular, três canais semicirculares do ouvido interno (unidos por uma cavidade cheia de líquidos e as terminações nervosas submersas por ele) que estão

relacionados aos movimentos de inclinação, subida, descida ou guinada na aeronave e órgãos otolíticos, que estão relacionados a aceleração linear e da gravidade. É através da movimentação desses líquidos que se dá a estimulação nervosa e a consequente sensação de movimento (HELFESTEIN, 2012) (CENIPA, 2018).

Dada a inércia, ao realizar uma curva após cessada a rotação no eixo longitudinal da aeronave esses líquidos continuam se movimentando e estimulando as terminações nervosas, de acordo com Helfenstein (2012) essa inércia dura por volta de 20 segundos. Esse tempo é fundamental para entendermos os processos que levam a desorientação espacial, pois após 20 segundos o sistema dos canais semicirculares já está equilibrado e a sensação de movimento não mais existe, mesmo que a aeronave ainda esteja em movimento de curva, a sensação é de que ela já terminou (HELFENSTEIN, 2012).

Essa indicação errônea somada a falta de outros estímulos sensoriais, como no exemplo de um voo por instrumentos, em que não haja contato visual com o ambiente exterior a aeronave, pode levar a sérios riscos e a desorientação. Já é massificado nos cursos de aviação que o voo por instrumentos deve ser exclusivamente por instrumentos, o chamado voo “visamento” é o potencializador de qualquer situação de desorientação espacial. De acordo com o CENIPA (2018) o sistema visual é responsável por 80% da informação referente a orientação espacial. Em um voo visual o piloto deve manter o olhar no horizonte natural e na atitude da aeronave em relação a esse referencial como únicos meios de orientação, e consequentemente no horizonte artificial e demais equipamentos quando em voo por instrumentos.

Acidentes envolvendo esse tipo de erro do piloto são comuns. Um acidente notável nesse sentido foi o da aeronave King Air C90, matrícula PR-SOM, que transportava o ministro do Supremo Tribunal Federal Teori Zavascki, no dia 19 de janeiro de 2017. De acordo com os investigadores do CENIPA (2018) a situação do voo em IMC (*Instrument Meteorological Conditions*), ou Condições Meteorológicas de voo por Instrumentos, nesse caso pode ter levado a:

“[...] falsa percepção de estar acima da altura desejada [...]” “[...] proveniente da falta de sinais visuais focais e ambientais, como consequência da constância dos tamanhos e formas observadas em um terreno desprovido de objetos de tamanho conhecido.” (CENIPA, 2018, p. 35).

Levando ao piloto a iniciar uma descida e consequente grande perda de altitude, de maneira que no momento da tentativa da arremetida o mesmo chocou-se com a água (CENIPA, 2018). Os sentidos humanos são por vezes ineficientes no meio aeronáutico. Há estudos que demonstram que em indivíduos de olhos vendados (tal qual um piloto em uma aeronave em condições de voo por instrumento tentando manter o contato visual externo), pode-se incliná-los quatro graus para baixo e de sete a vinte para cima, sem que percebam alguma mudança. Para que sintam uma curva ela deve ter a razão de um a três graus por segundo e as acelerações verticais de quatro a doze cm/s, do contrário não se atentarão para o movimento. O avião poderia subir, girar, mergulhar ou inclinar-se sem que a alteração possa ser sentida pelo piloto (HELFENSTEIN, 2012).

Fatores como voos noturnos sem instrumentos, fadiga e estresse podem aumentar os riscos da desorientação espacial. Um dos fatores mais interessantes, por assim dizer, da desorientação espacial é o Efeito de Coriolis, que ocorre quando:

[...] duas ações de rotação diferentes atuam sobre o mecanismo de equilíbrio [...] Exemplo: mover a cabeça para baixo e para cima numa [sic] curva, provoca uma **sensação vertiginosa de girar de um lado para outro** (HELFENSTEIN, 2012, p. 34, grifo nosso).

Dessa maneira conclui-se que para mitigar os riscos advindos da desorientação espacial, deve-se atentar para a disciplina de voo, diminuindo fatores contribuintes para a desorientação, como a fadiga por exemplo, e aos procedimentos operacionais corretos, operando dentro das regras de navegação aérea.

3.6 UMIDADE NA CABINE E DESIDRATAÇÃO

A humidade na cabine de um avião pressurizado é muito baixa, ela pode chegar a menos de 20%, algumas vezes tão baixa quanto em um deserto (CAA, [s.d.]). A baixa humidade pode causar secura na pele e desconforto nos olhos, boca e nariz, mas não representa nenhum risco à saúde por si só, porém pode aumentar casos de desidratação por exemplo.

Recomenda-se o uso de loção hidratante para a pele e spray salino nasal para umidificar as passagens nasais. Usar óculos ao invés de lentes de contato ajudam a prevenir o desconforto e a secura ocular. Apesar de estudos indicarem que a baixa humidade por si só, não cause a desidratação, é recomendado que se evite o consumo de cafeína e álcool durante voos muito longos, dado as suas propriedades diuréticas (CAA, [s.d.]).

3.7 VISÃO E ILUSÃO VISUAL

A visão corresponde a maior parte de nossa orientação espacial, é por meio dela que reconhecemos a nossa orientação corporal e nossa posição em relação ao ambiente que nos circunda. Na aviação existe uma performance mínima de visão que o piloto precisa ter para poder conseguir o Certificado médico aeronáutico (CMA), habilitando-o fisicamente ao voo, estima-se que 55% dos pilotos civis nos Estados Unidos necessitem de lentes corretivas (óculos ou lentes de contato) para poderem alcançar esses padrões (FAA, [2011?]).

Parte da luz do sol consiste em radiação invisível UV, de comprimento de onda curto, sendo dividido em UVA (400 – 315nm), UVB (315 – 280nm) e UVC (<280nm). A exposição excessiva ou crônica a essa radiação pode causar queimaduras solares além da formação de catarata e degeneração macular precoce (FAA, [2014?]).

De acordo com FAA ([2014?]), a Associação Americana de Optometria recomenda o uso de óculos de sol que filtre de 99 a 100% da UVA e UVB. Um par de óculos de sol de qualidade é essencial no ambiente do cockpit dado que a

luminosidade em voo é inclusive maior do que em terra, pela menor filtração da atmosfera, aumentado de acordo com a FAA ([2014?]) em aproximadamente 5 por cento para cada 1.000 pés de altitude.

A visão é o primeiro sentido a ser afetado a pela diminuição de oxigênio, nessa situação de acordo com Alves *et al* (2008, p. 252-253): “nota-se enfraquecimento e incoordenação da musculatura extra-ocular [sic], além da diminuição da amplitude de acomodação, gerando borramento visual para perto”, além da diminuição da visão noturna.

Existem quatro zonas de adaptação da visão descritas pela medicina aeroespacial. Na chamada zona de indiferença, entre o nível do mar até 10 mil pés, a visão diurna não é afetada, porém, uma pequena diminuição da visão noturna pode ser observada, sendo preconizado aos pilotos militares que utilizem equipamentos de oxigênio durante missões noturnas (ALVES *et al*, 2008).

Na zona de adaptação, aproximadamente entre 10 mil e 17 mil pés, de acordo com Alves *et al* (2008), observa-se prejuízos na visão, a 17 mil pés perde-se aproximadamente 40% da visão noturna, ainda assim, os mecanismos fisiológicos compensatórios são capazes de manter o desempenho dos pilotos por longo período de tempo, podendo esses efeitos serem revertidos se usado oxigênio suplementar.

Na zona de compensação parcial, aproximadamente entre 17 mil e 26 mil pés, os mecanismos fisiológicos compensatórios já não são suficientes para compensar a falta de oxigênio. Os distúrbios visuais se tornam mais severos, o tempo de resposta dos estímulos visuais se tornam mais lentos, a visão de perto se torna ainda mais borrada e a visão noturna estará seriamente comprometida. A recuperação total desse estado depende do menor tempo de permanência possível e do uso de oxigênio ou retorno ao solo. Acima de 26 mil pés, se dá a chamada zona de descompensação, onde ocorre o colapso circulatório e perda da visão e consciência, podendo levar a lesões permanentes na retina e no cérebro mesmo que exposto por pouco tempo, causados pela falta de circulação e hipóxia (ALVES *et al*, 2008).

Ainda de acordo com Alves *et al* (2008), o poder refrativo do olho humano em indivíduos saudáveis durante voo diurno permanece praticamente inalterado até 17 mil pés, porém é importante citar que indivíduos que tenham realizado cirurgias oculares de correção podem ter alterações diferentes e maiores do que os demais. A popular cirurgia a laser (LASIK) para correção refrativa de miopia por exemplo, quando usada para corrigir dioptrias (conhecido popularmente como “graus”) maiores (entre -4,5 a -8,0) pode, de acordo com os autores, desencadear uma reação de miopização, ou seja, piora da acuidade visual para longe e melhora para perto, além da piora em diversos outros efeitos da hipóxia, quando em comparação com um indivíduo saudável, portanto esse procedimento deve ser debatido se possível também por um médico especialista em medicina aeroespacial, antes de ser realizado.

3.8 RUÍDOS

Nas aeronaves há ruídos de diversas origens, um deles é o ruído das turbinas, resultante da fricção de seus componentes e da turbulência formada pelo fluxo de gás liberado pelos exaustores. Outra fonte de ruídos são a interação aerodinâmica da fuselagem e componentes externos da aeronave, como por exemplo os esquis do helicóptero ou o trem de pouso e os flaps dos aviões, durante os pousos e decolagens (PESSOA, 1992).

É interessante notar, que as aeronaves nunca serão totalmente silenciosas, como afirma Pessoa (1992, p. 19): “Os aviões nunca serão veículos totalmente silenciosos, pois, quanto maior for a redução do ruído das turbinas, tanto mais se ouvirá o barulho aerodinâmico.”.

No Brasil o Ministério da Saúde classifica na Portaria nº 1.339 (1999) o ruído como um agente de risco de natureza ocupacional, que pode levar a doenças correlatas.

Motores, superfícies de controle, fluxo de ar e sistemas de intercomunicação ruins são todas fontes potenciais de ruído no ambiente da aviação. Mesmo que o ruído não pareça extremo, durante um período

R. bras. Av. civil. ci. Aeron., Florianópolis, v. 4, n. 1, p. 132-181, jan/mar. 2024.

de tempo, ele pode causar problemas que variam de fadiga e estresse a uma possível perda auditiva. A prevenção é realmente o melhor remédio (FAA, 2012, site, tradução nossa).

A constante exposição ao ruído, ao final de toda uma carreira certamente acarretará em danos à saúde do profissional da aviação. Além de pilotos e comissários, existem mecânicos, pessoal de limpeza, além de tratadores de bagagem que também são expostos a esse tipo de exposição constante ao ruído, muitas vezes com intensidade ainda maior, pois não estão protegidos pela fuselagem da aeronave.

A agência de estatísticas laborais americana, o *U.S. Bureau of Labor Statistics*, classificou a área da aviação em segundo lugar no ranking de maior exposição ao ruído, logo após a indústria de metal em primeiro lugar (Tabela 2) (FAA, [s.d.]).

O nível máximo aceitável em exposição contínua a ruído, sem que haja danos, de acordo com a FAA [s.d.] e conforme a agência americana, *Occupational Safety and Health Administration (OSHA)*, é de 90 dB para uma exposição de até 8 horas. Porém, a cada 3 decibéis de aumento, reduz-se o tempo de exposição para a metade. Em um ambiente com exposição de 88 decibéis, poder-se-ia permanecer por 4 horas, a 91 dBs 2 horas, assim por diante, chegando a um máximo de 30 segundos com 115 decibéis (TORSTEN, 2010) (MESKO, 2018).

De acordo com pesquisadores da Universidade de Purdue, *Purdue University* ([s.d.]), o som emitido por uma aeronave Boeing 707 aproximando para o pouso a uma milha náutica de distância equivale a 106dBs. Esse mesmo jato decolando a 25 metros de distância produziria um som de 150dBs, o suficiente, de acordo com os pesquisadores, para perfurar o tímpano humano imediatamente. Assim também define a agência americana OSHA, que a partir de 140 dBs qualquer período de exposição pode levar a um rompimento da membrana do tímpano. (FAA, [s.d.]).

Tabela 2 - Limite de exposição aos ruídos

Noise Exposure Level Limits

Noise Intensity (dB)	Exposure Limit (hrs. per day)
90	8
92	6
95	4
97	3
100	2
102	1.5
105	1
110	.5
115	.25

Fonte: FAA, [s.d.].

Como comparação um helicóptero de Bell 206, produz na cabine, em voo, um ruído no nível de 95 dBs (MESKO, 2018). Conclui-se que se faz necessário o uso de EPIs por parte do pessoal envolvido nas operações aéreas. Recomenda-se sempre que possível utilizar em conjunto mais de um EPI. Alguns tipos de EPI utilizados na aviação, e recomendados pela FAA ([s.d.], tradução nossa) são:

- **Plugues de ouvido.** Plugues que possam ser inseridos no ouvido são uma opção barata e de ampla utilização na aviação. Sua eficácia é comprovada e são normalmente bastante confortáveis. Para executarem sua proteção ao máximo devem ser inseridos no ouvido o suficiente para que criem uma barreira para o ar, entre o tímpano e o ambiente externo. Os plugues moldáveis, feitos de poliuretano, cabem em qualquer usuário e conseguem uma redução de 30 a 35 dB em todas as frequências. Existem ainda plugues feitos sobre medida para o usuário, com uma espécie de filtro mecânico de ruídos, em que passariam somente frequências próximas a da voz humana, facilitando assim a comunicação.

- **Fones aeronáuticos.** Conseguem a mesma proteção que os do tipo “concha”. São práticos para o piloto, pois além de proteção contra ruídos, também facilitam a comunicação.

- Fones aeronáuticos com redução ativa de ruídos. Além da proteção dos fones normais, emitem ondas de som de frequência oposta às do ruído cancelando-as e assim diminuindo os seus efeitos. Essa tecnologia é efetiva nas ondas de baixa frequência.

A utilização em conjunto dos fones aeronáuticos com redução ativa com os plugues são a melhor estratégia de proteção contra os ruídos, conseguindo o máximo de proteção que a tecnologia atual pode dar (FAA, [s.d.]).

3.9 VIBRAÇÕES E ERGONOMIA

A Vibração na aviação é proveniente dos sistemas instalados na aeronave, da interação com as oscilações na atmosfera e com o solo.

Vibração é uma onda mecânica e, como tal, se propaga pela estrutura com a qual faz contato. O ramo de pesquisa que estuda os efeitos da vibração sobre o corpo humano é subdividido em duas partes, levando em conta o ponto de entrada da onda vibratória: a vibração transmitida pelas mãos e braços (HTV) e a transmitida pelo corpo inteiro (WBV) (OLIVEIRA, 2008, p. 2).

A ação da vibração se mede assim como os ruídos, através de: frequência, intensidade e duração. Porém, ao contrário do som, seus efeitos são sentidos por todo o corpo. Felizmente muitas das vibrações na aviação não fazem nenhum dano ao ser humano ou alteram o seu funcionamento (FAA, 2012).

Cada objeto submetido a um impacto, sendo que a vibração é uma onda cíclica de impacto, responderá. Essa reação será diretamente proporcional à intensidade da vibração, porém uma das características dessa resposta é a sua frequência de ressonância. Quanto mais próxima de uma das frequências de vibração naturais do corpo for a frequência da vibração externa a ele exposta, mais intensa a resposta e conseqüentemente maior o dano (OLIVEIRA, 2008).

De acordo com o SNA (2015), as micro vibrações, que são geradas no motor e transmitidas através da fuselagem e do acento para o corpo, e os impactos resultantes do toque do avião na pista, são umas das maiores

preocupações quanto a saúde do aeronauta. A vibração da aeronave quando transmitida pelo assento é aplicada diretamente no cóccix, o início da coluna, e como citado pelo SNA, é essa mesma região que absorve os impactos do pouso, sendo que foram relatados em seu estudo a retirada de cistos ou tumores no cóccix e que precisariam ser investigados.

O fator vibração é ainda mais preocupante quando se trata dos pilotos de helicóptero, nesse tipo de aeronave há diversos tipos de vibração, geradas pelo motor, pás do rotor principal, do rotor de cauda e da interação com o ar atmosférico (Tabela 3).

Tabela 3 - Frequências naturais de vibração no corpo humano

4 – 8Hz	Tórax (interno) e abdome
11 –15Hz	Coluna vertebral e articulações
17 – 25Hz	Crânio
15 – 30Hz	Globo ocular
40 – 60Hz	Caixa torácica (costelas e músculos)

Fonte: (ANACLETO, ([s.d.]).

Alguns exemplos de sintomas da exposição a vibrações no meio aeronáutico são: “Dificuldade em ler os instrumentos, manter contato visual externo, fala prejudicada, oscilações no voo causadas pelo piloto involuntariamente, fadiga e dor nas costas” (FAA, 2012, ou site). Para os pilotos de helicóptero, as dores lombares são muito comuns entre os profissionais.

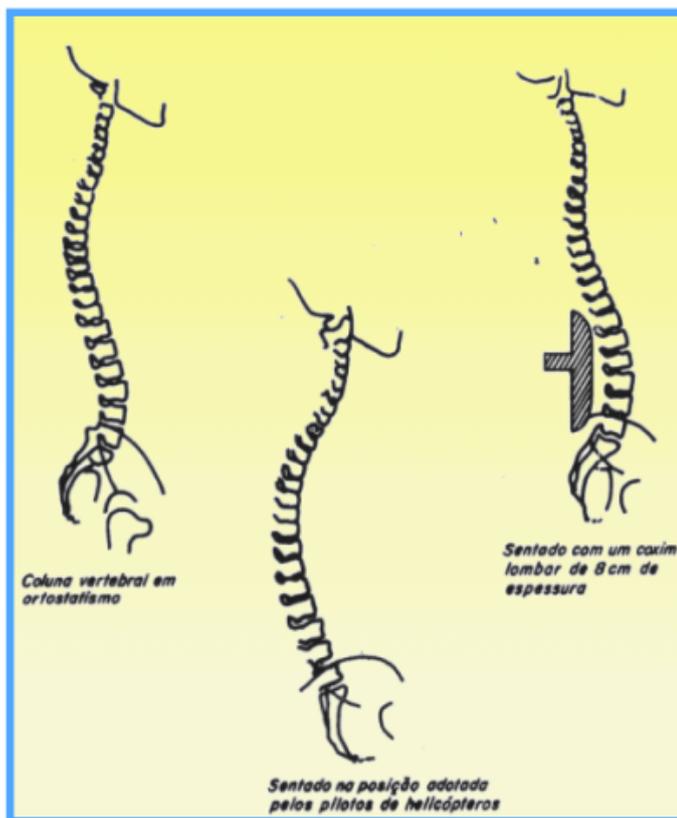
Aliado a isso, como citado já no ano de 1998 pela ICAO, sabemos que a ergonomia na cabine dos helicópteros é forçada pelas características de seu voo, sua necessidade de aerodinâmica, e de seus comandos de voo. Resultando em posições não naturais para o corpo e assentos em nada confortáveis.

Como características desse tipo de aeronave estão o espaço reduzido da cabine e os comandos de voo longe de serem práticos para o uso, que levam os pilotos de helicóptero a adotar uma postura com o: “[...] tronco ligeiramente girado para a esquerda e, simultaneamente, ligeiramente inclinado para frente [...]” (OLIVEIRA, 2008). Com isso ocorre uma compressão constante na coluna e em

R. bras. Av. civil. ci. Aeron., Florianópolis, v. 4, n. 1, p. 132-181, jan/mar. 2024.

sua musculatura, o que aumenta ainda mais os danos da exposição a vibração, além de conduzir a alterações posturais, mesmo quando o piloto não está em voo (Figura 3).

Figura 3 - Posição da coluna vertebral de piloto em voo de helicóptero



Fonte: ANACLETO, ([s.d.]).

A ergonomia não é somente questão de conforto, mas de segurança de voo. A grande maioria dos acidentes investigados pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) hoje, possui como fator causador principal o erro humano (CENIPA, 2017a, 2017b). O que leva a crer que boa parte desses acidentes pode ter como um dos fatores causais a ergonomia.

Através das informações coletadas, pode-se inferir que a prática de exercícios físicos regulares, principalmente com o uso dos músculos das costas e tronco, e o alongamento desses últimos, é de extrema importância na vida do

piloto. Práticas a serem implementadas por empresas aéreas, devem levar em conta essas características.

Alongar os músculos, além de evitar os problemas advindos da postura adotada durante o voo [sic], pode evitar os efeitos da vibração, uma vez que **ajuda a manter os espaçamentos intervertebrais em níveis normais**, diminuindo os efeitos da compressão. É preciso considerar ainda que realizar atividades físicas regularmente mantém o sistema muscular em funcionamento, o que permite ao corpo responder de maneira satisfatória aos estresses físicos a que é submetido. Portanto, um programa de atividade física que contemple uma boa sessão de alongamento pode ajudar em muito ao piloto de helicóptero a enfrentar os desafios impostos pela sua atividade profissional (OLIVEIRA, 2015, p. 3, grifo nosso).

Outro ponto a ser lembrado é a própria postura do piloto durante o voo, apesar de as cabines forçarem o piloto a certas posições, a consciência corporal do mesmo é importante, permanecendo em posições curvadas só no que for estritamente necessário. Recomenda-se o uso de um coxim lombar ou almofada, de cerca de 8 cm de espessura, entre a região lombar e o assento da aeronave, especialmente nos helicópteros devido aos efeitos da ressonância da vibração dos rotores na coluna vertebral, a fim de manter a curvatura normal da mesma, conforme Figura 3, reduzindo ao máximo os danos.

Aliado a esses procedimentos de acordo com Helfenstein (2012) “todo piloto de helicóptero deve ser submetido, de acordo com a carga horária voada e o exame físico, a uma avaliação com tomografia ou ressonância magnética de sua coluna”.

3.10 RADIAÇÃO SOLAR IONIZANTE

De acordo com o Instituto Nacional de Câncer (INCA, 2019a) a radiação é uma energia que viaja pelo espaço, e pode penetrar no corpo humano, seus níveis de exposição variam de acordo com as atividades praticadas pelo homem, e dependendo da intensidade e tempo de duração da exposição e “de outros fatores

como, por exemplo, a sensibilidade dos tecidos frente aos efeitos carcinogênicos da radiação, pode trazer riscos à saúde da população exposta” (INCA, 2019b, site).

“Radiações de certos comprimentos de onda, chamadas de radiações ionizantes, têm energia suficiente para danificar o DNA das células e causar câncer. Elas podem ser classificadas com (sic) não evitáveis (naturais) e evitáveis (não naturais)” (INCA, 2019^a, site).

A radiação ionizante proveniente do sol é um tipo de radiação natural, portanto “não evitável” completamente, porém existem, e devem ser aplicados, métodos de controle desse fator de perigo para a saúde, especialmente a do aeronauta. Vale lembrar que a intensidade da radiação aumenta diretamente proporcional a altitude (devido a menor proteção da atmosfera terrestre) (WHO, [s.d.a]), considerando que a altitude de voo das atuais aeronaves fica entre 30000 e 41000 pés, de acordo com o Sindicato Nacional dos Aeronautas (SNA, 2015), isso implica: “no recebimento de doses cerca de 100 vezes acima da recebida na superfície terrestre” (SNA, 2015, p. 43). Sem contar ainda que com o avanço tecnológico, a altitude, fator de aumento da intensidade da exposição, e o tempo de voo, fator de aumento do tempo de exposição, devem aumentar ainda mais com o passar do tempo.

Segundo a Comissão Internacional de Proteção Radiológica, ICRP (2007, p. 98, tradução nossa): “a exposição planejada para o público em geral deve ficar em uma dose efetiva de 1 mSv”, (Sievert, Sv, medida utilizada para medir a exposição à radiação ionizante) porém conforme reportado pelo SNA (2015, p. 45):

Segundo a International Air Transport Association – IATA, os níveis de exposição a radiação ionizante gerados em função da altitude, latitude e tempo de voo podem variar de 2 a 5 mSv por ano para tripulantes com uma escala de trabalho de aproximadamente 600 horas/ano, a realidade do tripulante brasileiro o coloca 1/3 acima desse limite de horas, em torno de 800 horas/ano, portanto acima do limite para o indivíduo. Exclui-se neste cálculo os eventos solares mais agressivos, onde a dose recebida em um único voo pode ser equivalente a 3 ou 4 meses de voo.

Considerando os dados na pesquisa da IATA e a realidade citada pelo SNA do aeronauta nacional é possível calcular que, na média, o tripulante brasileiro

recebe aproximadamente de 2,6 a 6,6 mSv anuais em radiação solar ionizante, ou seja, até 6,6 vezes o máximo de mSv preconizado para o público em geral pela ICRP, isso sem contar os eventos solares mais agressivos que os expõem a ainda mais radiação.

No Brasil, a Comissão Nacional de Energia Nuclear emitiu a norma CNEN NN 3.01, resolução 164/14 de março de 2014 que normatiza as diretrizes básicas de proteção radiológica e prevê medidas como a “monitoração individual, monitoração de área e avaliação da exposição ocupacional” (CNEN, 2014, p. 16). Entretanto a área da aviação no Brasil, não é considerada oficialmente protegida por essas diretrizes, dado que não é citado nada na Lei nº 13.475, de 28 de agosto de 2017 que institui e regula a profissão, e não há entendimento das autoridades, como também do Ministério do Trabalho, nesse sentido. “Na União Europeia e no Canadá, a tripulação é reconhecida oficialmente como indivíduos expostos a radiação ionizante, e algumas diretrizes foram estabelecidas para controlar a exposição” (FEDERICO *et al*, 2012, p. 223).

Ao contrário do Brasil, a União Europeia adotou novas regras já no ano 2000 para a prevenção dos danos causados pela radiação ionizante, que estão sendo implementadas pelas empresas aéreas europeias desde 2018, além dos EPI's e do filtro solar, foi definido através da Associação do “Cockpit Europeu”, European Cockpit Association (2018, p. 2-4) diversas recomendações para as agências reguladoras e companhias aéreas, tais como:

- Otimização e minimização da exposição, registro e cálculo da dose individual de radiação cumulativa durante o ano por cada aeronauta,
- Treinamento da equipe de voo pelas empresas aéreas,
- Minimização da exposição através do planejamento de voo e levando em consideração a previsão de atividade solar, instalação de equipamentos de medição e alarme dos níveis de radiação ionizante nas aeronaves,
- Interferência das agências reguladoras na ocorrência de um evento de radiação elevada significativo,
- Afastamento das tripulantes grávidas,
- Revisão e maiores estudos dos métodos de cálculo dos níveis de exposição pelo ICRP.

Anota-se ainda a alteração da legislação a fim de que aeronautas possam reduzir os níveis de exposição à radiação ionizante através de outras fontes, como por exemplo os scanners de raio-X instalados nos aeroportos.

3.11 RITMO CIRCADIANO

O ritmo circadiano caracteriza-se pela recorrência, em intervalos regulares de 24 horas (em consonância com o nascer e pôr do sol), de eventos bioquímicos, fisiológicos e comportamentais do ser humano (CIPOLLA-NETO *et al*, 1988; MARQUES *et al*, 1997 *apud* MORAES, 2001). Pode se descrever o ritmo circadiano como um relógio biológico interno, que regula as funções corporais, com base no ritmo imposto pela natureza, estão nesse contexto os horários de dormir e de acordar além de padrões de alimentação. Mas não só isso, existem padrões claros que demonstram problemas quando se altera o ritmo circadiano, como alterações na atividade das ondas cerebrais, na produção hormonal, na regeneração celular, e outras atividades biológicas do corpo ligadas a esses ciclos diários (FAA, 2010b).

A jornada de trabalho dos aeronautas caracteriza-se por um esquema de horários irregulares. Segundo relato de Ribeiro *et al* (1994), as jornadas noturnas e as realizadas de madrugada contribuem para grande parte das alterações orgânicas nesses profissionais, pois, além do cansaço natural, elas trazem como consequência modificações dos hábitos alimentares e quebra da regularidade dos hábitos de sono. Para cada momento em que “o trabalhador substitui horários de descanso por trabalho, ele está imprimindo ao organismo uma alteração em seus ciclos biológicos, o que representa um esforço maior para o desempenho da atividade profissional” (MORAES, 2001, p. 40-41).

Os passageiros de longos voos comerciais conhecem essas alterações como “Jet Lag”, que nada mais é que um tipo de alteração do ritmo circadiano. No caso do aeronauta brasileiro, a lei do aeronauta é clara quando expõe os turnos e jornadas em que o aeronauta, da aviação regular, pode trabalhar:

Art. 32. Aos tripulantes empregados nos serviços aéreos definidos nos incisos II, III, IV e V do caput do art. 5º são assegurados os seguintes limites de horas de voo em uma mesma jornada de trabalho:

I - 9 (nove) horas e 30 (trinta) minutos de voo, na hipótese de integrante de tripulação mínima ou simples;

II - 12 (doze) horas de voo, na hipótese de integrante de tripulação composta;

III - **16 (dezesesseis) horas de voo**, na hipótese de integrante de tripulação de revezamento (BRASIL, 2017, Lei nº 13.475, grifo nosso).

Esse é o caso dos pilotos de aviação regular, que como visto, podem estar embarcados até 16 horas ininterruptas e de acordo com o SNA (2015), sua jornada total de trabalho pode chegar a até 20 horas (do momento da saída da base, até a chegada no local de descanso), ou seja, indiscutivelmente extrapolando os limites do corpo humano no que tange ao seu ritmo natural.

O regime de trabalho do aeronauta brasileiro é diferenciado e implica na realização do trabalho em até seis períodos de 24 horas, por até 20 horas de jornada de trabalho diário, em altitude média de 40.000 mil pés, com característica extraturnante [sic] e conseqüente desrespeito ao ritmo circadiano ou qualquer outro ritmo biológico a que se submetem a maior parte dos trabalhadores (SNA, 2015, p. 3).

No caso dos pilotos de helicóptero, sua jornada é limitada a 10 horas por dia pela Lei nº 13.475, porém, assim como os pilotos da aviação geral de aviões, os mesmos podem ser acionados para o voo a qualquer momento, inclusive à noite (BRASIL, 2017). É verdade que a Lei do Aeronauta prevê uma escala com folgas programadas, porém esse dispositivo normalmente não é aplicado no caso concreto, e só a possibilidade de poder ser acionado a noite, já traz consigo a alteração certa de seu ritmo circadiano normal.

A perturbação do ciclo circadiano pode levar a fadiga aguda ou mesmo crônica. Fadiga na cabine tem se mostrado tão desabilitante quanto o uso de álcool e drogas. Podendo se tornar um grande risco para a segurança (FAA, 2010b). Alguns sintomas que são reconhecidos como efeitos das alterações do ritmo circadiano são:

- Dificuldade em dormir, acordar durante a noite e perder o sono.
- Aumento do sono durante o dia.

- Falta de disposição anormal durante a manhã.
- Aumento de disposição e energia no início da noite e tarde da noite.
- Dificuldade na concentração, em ficar alerta, ou realizar tarefas mentais.
- Dormir demais e problemas em acordar.
- Aumento do mal humor (FAA, 2010b, p. 3, tradução nossa).

A FAA (2010b, site, tradução nossa) cita alguns sintomas como os mais perigosos e debilitantes das desordens do ritmo circadiano causados pela fadiga na aviação e que devem ser combatidos, são os seguintes:

- Desconforto em geral.
- Sonolência.
- Irritabilidade.
- Apatia ou perda do interesse.
- Concentração diminuta.
- Perda do apetite.
- Percepção sensorial prejudicada.
- Mudanças de humor.
- Processo de decisão prejudicado.

As alterações no ritmo circadiano causam problemas de saúde física e mental no aeronauta além de causadores de envelhecimento precoce, assim como podem ser grandes fatores contribuintes para acidentes, por esses motivos devemos combater direto na causa desses problemas. Mesmo que a atividade aérea imponha condições muito específicas e severas para o piloto, existem métodos para combater seus efeitos.

Sugere-se que o piloto tome as seguintes providências enquanto estiver em trabalho, segundo a FAA (2010b):

- Dormir bem em casa antes de qualquer voo ou início de missão.
- Tentar dormir a mesma quantidade de horas, para cada 24h, que dormiria em casa.
- Se estiver sonolento, tente dormir. Adotando técnicas estratégicas de sono, como:
 - a) Sempre que possível, durma 30 minutos antes de um voo longo.
 - b) Evite cochilos maiores que 30 minutos, pois após esse período o corpo entra em sono profundo.

c) Dormir somente um cochilo sempre é melhor do que não dormir nada.

- Evite adaptar-se ao fuso horário local, quando não for permanecer no mesmo.
- Tente manter o ritmo circadiano do seu local de origem, e ao mesmo tempo, tente dormir por um tempo mais longo.
- Use cafeína estrategicamente durante os voos para contrabalancear a sonolência.
- Enquanto no cockpit, converse com os outros. Dentro do possível, estique as pernas, e faça várias pausas.
- Tente evitar voos noturnos com voos transmeridionais logo em seguida.
- Voos transmeridionais devem ser alternados com voos no mesmo meridiano, possibilitando que você volte ao seu ciclo circadiano normal.

3.12 SOBRECARGA AUTOPROVOCADA

De acordo com Silveira (2011), a sobrecarga autoprovocada se caracteriza como qualquer ação ou omissão do aeronauta que influencie negativamente na sua capacidade de adaptação e desempenho em sua função à bordo.

3.12.1 Tabagismo

O tabagismo causa uma redução do oxigênio ofertado ao músculo cardíaco e contribui para problemas circulatórios, devido a vasoconstrição arterial que ele provoca. Além disso, o fumo, devido aos seus subprodutos extremamente tóxicos como a nicotina e o alcatrão, irrita o aparelho respiratório produzindo edema, dificultando a passagem de ar. Sua ação contribui para o aparecimento de enfisema e lesões permanentes nos seus usuários. (GUIMARÃES, 2011).

R. bras. Av. civil. ci. Aeron., Florianópolis, v. 4, n. 1, p. 132-181, jan/mar. 2024.

O monóxido de carbono produzido pelo ato de fumar é o problema mais imediato do tabagismo. O monóxido de carbono é um gás incolor, inodoro e insípido produzido pela combustão incompleta de qualquer material contendo carbono. A sua afinidade pela hemoglobina é duzentas e cinquenta vezes maior quando comparado ao oxigênio. A hemoglobina envolvida nessa associação não está disponível para o transporte de oxigênio para os tecidos e produz, assim, um certo grau de hipóxia anêmica (GUIMARÃES, 2011, site).

O tripulante que fuma possui, aproximadamente, de cinco a dez por cento de sua hemoglobina sob a forma de carboxihemoglobina. Essa situação se caracteriza como uma hipóxia anêmica e reduz a sua tolerância a altitude. “Ao voar em uma altitude de cabine equivalente a 10 mil pés, com esse nível de hipóxia anêmica, fisiologicamente equivaleria a estar a 15 mil pés de altitude, um aumento de 50 por cento. Seria necessário respirar oxigênio a 100 por cento por quarenta minutos para que se reduzisse o monóxido de carbono na hemoglobina pela metade” (GUIMARÃES, 2011, p. 3).

3.12.2 Álcool

Na sociedade atual o álcool etílico é muito consumido socialmente, de forma amplamente bem aceita, em forma de bebidas como licor, vinho, cerveja, entre outros. Seu efeito no corpo é de depressão das funções cerebrais, com efeito anestésico. Sua metabolização é relativamente lenta, prolongando seus efeitos (GUIMARÃES, 2011). Soma-se a isso que seus efeitos são potencializados pela altitude, e pequenas concentrações já acarretam menor adaptação ao ambiente (TISSOT, 2014). De acordo com Tissot (2014, site) “Dados da aviação geral civil americana estimam que o consumo de álcool tenha sido fator contribuinte em 16% dos acidentes fatais”.

Assim como o tabagismo, o álcool também causa hipóxia no organismo, mais especificamente no cérebro, através da redução da capacidade de utilização do oxigênio por ele, causando:

[...]comprometimento da performance e julgamento. O álcool também atua como relaxante e anestésico, removendo as inibições do indivíduo e diminuindo as suas preocupações. O relaxamento muscular alcançado por doses elevadas chega a produzir inconsciência e, eventualmente, êxito letal, devido à paralisia respiratória. (GUIMARÃES, 2011, p. 4).

A proibição de voar de um piloto que tenha consumido álcool segundo o RBHA 91 é de 8h independentemente da quantidade consumida ou enquanto possuir no sangue quantidade igual ou superior a 0,04% (em peso) de álcool (BRASIL, 2003). Porém sabe-se que em média o organismo humano pode metabolizar a cada hora 10 mL de álcool etílico puro, quantidade presente em uma dose de whisky, ou 200 mL de cerveja. (SILVEIRA, 2011).

Mesmo após metabolizado todo o álcool ingerido, ainda existem efeitos negativos no corpo. A sobrecarga autoprovocada é um tipo de estresse, e como qualquer outro, seus efeitos não se prolongam somente enquanto perdura a sua causa. O álcool provoca alterações hormonais, de maneira que altera a capacidade natural de dormir e a qualidade do sono, os efeitos disso podem se prolongar por muitos dias.

De acordo com Tissot (2014), mesmo após a eliminação de todo o álcool, os efeitos negativos, conhecidos como “ressaca”, podem permanecer por 48 a 72h. O aeronauta deve ter em conta essas informações quando do consumo de álcool em tempos em que estiver em missão, porém, parece razoável afirmar que qualquer quantidade de álcool até 72h antes de um voo deve ser evitada.

3.13 FADIGA

Fadiga pode ser considerada uma condição que reflete o descanso inadequado, assim como um rol de sintomas associados a perturbação do ritmo circadiano normal. A fadiga aguda é induzida por longos períodos sem descanso ou uma sequência de tarefas que demandem grande esforço. Já a fadiga crônica é induzida pelos efeitos cumulativos da fadiga ao longo do tempo. Fadiga mental pode ser o resultado de estresse emocional, mesmo que haja um descanso corporal adequado. A alteração do ritmo circadiano, quanto a fadiga podem levar

a situações perigosas e diminuição da eficiência na pilotagem e no bem estar (ICAO, 1998).

As causas da fadiga podem ser divididas em fatores operacionais e também pessoais. Situações corriqueiras na aviação como: períodos de descanso curtos entre uma jornada e outra, início de jornada em horários diversos, perturbando o ritmo circadiano, voos de longa duração, entre outros, podem ser caracterizados como fatores operacionais, os quais o aeronauta não têm poder de decisão (FAA, 2010a).

Os fatores pessoais causadores da fadiga podem ser controlados pelo piloto e são iguais, se não mais importantes, do que os fatores operacionais. Controlar seus hábitos e comportamentos, tal como garantir a duração apropriada de descanso, o uso de estimulantes e o afastamento do álcool, são ferramentas que o aeronauta deve aprender a utilizar. Fatores como a presença de problemas com o sono e variação do ritmo circadiano, apesar de não ocorrerem por vontade do indivíduo, também podem ser controlados dentro do possível com medidas adequadas.

A fadiga é um fator contribuinte para os acidentes na aviação. De 1993 a 2010, a *National Transportation Safety Board (NTSB)* dos EUA determinou que a fadiga foi um fator contribuinte para 7 acidentes com aviões de linha aérea nos Estados Unidos, resultando em 250 mortes e 52 com ferimentos sérios. De acordo com a *NTSB* não é incomum que os pilotos durmam no voo. Nas investigações foi descoberto que tripulações em longas jornadas (mais de 13h consecutivas) têm uma quantidade desproporcionalmente maior de acidentes, quando comparado com as tripulações em jornadas curtas (menor que 13h consecutivas) (FAA, 2010a).

“Quanto mais tempo as tripulações ficam acordadas, maiores os erros que eles tendem a cometer, especialmente erros cognitivos, tal como no processo de decisão” (FAA, 2010a, p. 17).

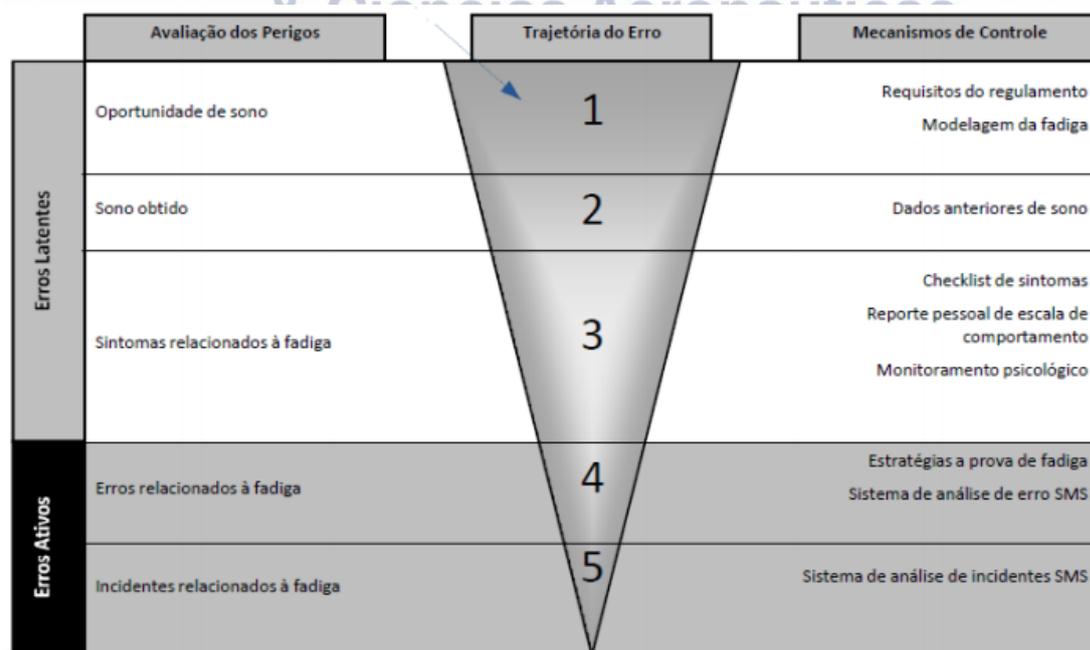
No Brasil um fato notório envolvendo a fadiga na aviação foi o acidente envolvendo o avião Citation XLS+, matrícula PR-AFA, em que estava o então candidato à presidência da república Eduardo Campos. Dias antes o piloto Marcos

Martins, postou em uma rede social: “Cansadaço, voar, voar e voar [sic]. E amanhã tem mais” (VEJA, 2017). Mostrando seu cansaço, provavelmente resultado da fadiga crônica, visto que estava acompanhando o candidato desde maio e o SNA chegou a denunciar ao CENIPA que os pilotos que transportavam o presidencial poderiam inclusive estar trabalhando acima do limite de jornada permitido pela lei.

De acordo com a FAA (2010a) existem duas estratégias, para mitigar os riscos de acidentes relacionados com a fadiga. Diminuir os fatores de fadiga que levam a lapsos de atenção ou alterar o trabalho de modo que a tarefa seja menos sensível a esses lapsos. Um exemplo de alteração do meio de trabalho é a prática do *Crew Resource Management (CRM)*, de modo que os aeronautas trabalhem melhor como uma equipe, fazendo com que os erros de um membro possam ser detectados pelos outros antes que se torne um problema.

A criação e aplicação nas empresas aéreas de um Sistema de Gerenciamento da Fadiga (FRMS), criando um sistema de defesa em várias camadas, que de maneira proativa possa gerenciar o risco da fadiga, (Figura 4) têm se mostrado promissor de acordo com a FAA (2010a).

Figura 4 - Grade de aplicação de um FRMS



Fonte: SNA (2015).

Esse sistema pode envolver os seguintes níveis de intervenção:

[...](a) Agendamento antecipado de horário de voo e de serviço, (b) Treinamento de funcionários e práticas individuais de sono e higiene do sono, (c) Trabalho em equipe e CRM, (d) Barreiras ao erro de sistema e nos procedimentos (FAA, 2010a).

Um bom FRMS se dá através da coleta recorrente de dados dos aeronautas e do sistema da empresa em si, e cálculo, através de modelos matemáticos disponíveis no mercado, das melhores práticas no que tange os horários de trabalho e períodos de descanso do aeronauta, considerando o tempo de retorno ao ritmo circadiano normal, tempo decorrido desde o acordar e a falta de sono cumulativa. Esse tipo de sistema vem sendo aprovado por diversas empresas mundo a fora, como um meio que gera muitos benefícios econômicos, de segurança de voo, e de diminuição da fadiga relatada pelos aeronautas (FAA, 2010a).

3.14 FATORES PSICOLÓGICOS

A realidade do aeronauta na cabine, como pode-se ver, não é nada corriqueira, porém pouco se fala nos fatores psicológicos que influenciam o aeronauta, em uma análise da realidade brasileira o SNA (2015, p. 16, grifo nosso) relatou outro fator estressante, fora da fisiologia, que influencia diretamente no psicológico do aeronauta:

Outro fator preocupante em relação aos tripulantes é o viver na mala. A mala aqui também se faz presente porque é onde acumulam seus pertences, objetivos e subjetivos. **Vivem no provisório por muito tempo e não conseguem voltar para suas cidades e famílias com frequência; só dispõem de oito folgas mensais, na realidade, a lei prevê um mínimo de oito folgas, mas o mínimo há muito se transformou no máximo. A folga ainda pode ser, de apenas, um período de 24 horas.** O grupo chama a esse período de “monofolga”.

Muitos aeronautas vivem em locais com mais de 10 outros tripulantes, não se relacionando com nenhum deles efetivamente. Nesses locais não há sequer

um local adequado para guardar seus pertences, ficando todos dentro das malas “[...] como se fosse a personificação do eterno vai e volta, da eterna falta de referência, da ausência de vínculo, da situação de isolamento e abandono” (SNA, 2015, p. 16-17). Esses fatores muitas vezes culminam com o transtorno mental e o: “[...] isolamento, solidão, abandono e a frustração em não corresponder aos papéis que lhes são atribuídos aceleram a instalação dos transtornos” (SNA, 2015, p. 15).

O aeronauta não possui uma vida como quem é de fora da aviação conhece, a sensação de pertencer a algum lugar ou grupo, se torna muito difícil de se conseguir atingir nessa profissão. Isso se confirma no que foi apurado pelo SNA (2015, p. 16) no mapeamento biopsicossocial do aeronauta brasileiro, estudo de uma amostra significativa e homogênea de profissionais da aviação regular, nesse caso como exemplo referindo-se as comissárias, em que 59% das entrevistadas afirmam que não participam de grupos relacionados a outros assuntos que não avião, outras 49% afirmam que não fazem parte de qualquer grupo religioso, 69% não estudam, nem mesmo a distância, 68% não tem filhos, de todas as entrevistadas somente 38% mantém algum tipo de convivência com algum parceiro afetivo, esse número diminui para apenas 22% dos comissários homens.

Toda essa situação gera uma condição de isolamento, abandono, e impossibilidade de manter vínculos. Quando o aeronauta consegue construir vínculos familiares por exemplo, esses são muito mais difíceis de manter, pois a escala de trabalho não se adequa a realidade dos demais membros da família:

Paulich (1998) relata [...] que é grande a interferência da elaboração inadequada das escalas de vôo em sua vida familiar e no planejamento de vida, acarretando mudanças de hábitos alimentares e de sono. As condições ambientais interferem em sua saúde na medida em que estão expostos continuamente a riscos físicos e ocupacionais. A organização de trabalho gera mudanças nos ciclos biológicos, alterando os processos fisiológicos. **As jornadas de trabalho irregulares atuam negativamente não só no corpo como também na vida familiar e social**, os sistemas coercitivos de algumas empresas e a convivência com o perigo iminente geram ansiedades, influenciando todo o funcionamento dos processos orgânicos e, apesar disso, os aeronautas não possuem tempo adequado para se adaptarem às realidades que lhes são apresentadas (Paulich, 1998).

Smith (1994), citado por Paulich (1998), enfatiza que os trabalhadores com horários irregulares de trabalho, mais especificamente **os aeronautas**,

constituem uma população em desvantagem social. E Fischer (1991) acrescenta ainda que esses profissionais vivem grande parte de suas vidas na contramão da sociedade diurna (SMITH, 1994 *apud* PAULICH, 1998, *apud* MORAES, 2001, p. 41, grifo nosso)

Os aeronautas brasileiros ao serem questionados sobre a percepção pessoal sobre a sua qualidade de vida, somente 35% dos comissários e 30% das comissárias, responderam que consideram como “boa”, nesse quesito para os pilotos esse número cai para somente 29%. São os pilotos que lideram no quesito de considerarem sua qualidade de vida como “ruim”, são 28%, outros 43% a consideram como “regular”. Analisando os números, uma grande maioria de 72% dos pilotos, consideram sua qualidade de vida como “regular” ou mesmo “ruim”. Um número nada animador para a saúde da classe (SNA, 2015).

4 CONCLUSÃO

No decorrer desse trabalho foram levantadas as características singulares do trabalho no meio aeronáutico, que juntas não são encontradas em nenhum outro tipo de profissão. A exposição constante à radiação ionizante, gases tóxicos, ruídos, vibrações, humidade baixa, grande altitude, acelerações, ambiente estressante e de grande responsabilidade além de alterações fisiológicas no limite da capacidade de adaptação corporal como: disbarismos, distúrbios do ritmo circadiano, alterações visuais e hipóxia, são só alguns dos muitos fatores estressantes presentes na carreira.

Com todos esses fatores de risco para a saúde do aeronauta, conclui-se que as medidas de prevenção e tratamento dos danos devem ser personalizadas, devido a realidade singular da profissão, rígidas, dada a quantidade de usuários e pouco espaço para erros, e eficientes. Apesar de o Brasil possuir uma das maiores frotas de aeronaves do mundo suas políticas de proteção à saúde do aviador estão em evolução, porém ainda possuem pouca eficácia, se levado em consideração as condições de trabalho e a quantidade de afastamentos por problemas de saúde física e psicológica.

Por outro lado, entidades de referência no assunto em todo o mundo são unânimes em afirmar que a prática da prevenção aos danos à saúde do aeronauta depende de muitos fatores, porém o principal é o comprometimento do próprio aeronauta. Conclui-se que a disciplina de voo e a prática de exercícios físicos, como é apontado praticamente em toda publicação do gênero, são os melhores meios de prevenção aos danos à saúde. Exercícios voltados para o fortalecimento da musculatura do abdômen e costas, especialmente da região lombar, são grandes aliados na prevenção às lesões na coluna devido as vibrações.

Recomenda-se que seja adotado por cada aeronauta um programa personalizado de medicina preventiva que contemple o acompanhamento de exames periódicos, além dos já aplicados habitualmente no certificado médico aeronáutico, com o acompanhamento de um profissional da saúde, se possível especializado na área da medicina aeroespacial. No caso dos pilotos de helicóptero, conclui-se que é essencial o acompanhamento de um ortopedista durante a carreira, e realização de exames de imagem, especialmente da coluna, com periodicidade de acordo com as horas voadas em determinado período de tempo e conforme a recomendação do médico, que deve levar em conta a realidade singular desse profissional.

Concluiu-se que dada a característica dinâmica e falta de previsibilidade da escala de trabalho de alguns setores da aviação, como os táxis aéreos ou aeronaves particulares, e as escalas incompatíveis com os ritmos circadianos, da aviação comercial regular, o planejamento dentro da realidade de cada profissional e aplicação de uma rotina diária, inclusive a vida particular, é de suma importância para a saúde tanto física quanto mental do aeronauta. Por isso adaptar-se à dinâmica do trabalho sem comprometer sua rotina privada é o desafio desse profissional que deve ter em mente que o autoconhecimento e sua disciplina de voo são tão, se não mais importantes, que o próprio conhecimento sobre a aeronave em que voa.

O presente trabalho se concentrou nas muitas fontes de estudos teóricos encontradas, porém limita-se em parte a existência de estudos empíricos,

que ainda são escassos, principalmente no âmbito do Brasil. Desta forma existe a necessidade da realização de outras pesquisas para continuidade e aprofundamento dos conhecimentos científicos sobre o tema, envolvendo diretamente os profissionais da área, com abordagem quantitativa, de maneira a traduzir a sua realidade em dados estatísticos, e com abordagem experimental e pesquisas de campo, por exemplo, com exames médicos que acompanhem a evolução dos problemas de saúde e confirmem a sua causalidade.

REFERÊNCIAS

AEROSPACE MEDICAL ASSOCIATION (United States of America). **Health Tips for Airline Travel**. 2013. Disponível em: <https://www.asma.org/asma/media/asma/Travel-Publications/HEALTH-TIPS-FOR-AIRLINE-TRAVEL-Trifold-2013.pdf>. Acesso em: 19 out. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **MCA 58-11**: manual do curso de comissário de voo. 2005. Disponível em: <https://anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/profissionais-da-aviacao-civil/arquivos/mca5811.pdf/>. Acesso em: 08 nov. 2019.

ALVES, Luiz Filipe de Albuquerque et al. Avaliação dos efeitos da altitude sobre a visão. **Revista Brasileira de Oftalmologia**, Rio de Janeiro, v. 67, n. 5, p.250-254, set. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbof/v67n5/v67n5a10.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2019.

ANACLETO, Roberpaulo. **Vibrações**. Goiânia: Pontifícia Universidade Católica de Goiás, [s.d.]. 71 slides, color. Slides das aulas do curso de Ciências Aeronáuticas da PUC. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15347/material/Aula%201%20Ru%C3%ADdos%20e%20vibra%C3%A7%C3%B5es.pdf>. Acesso em: 28 out. 2019.

ASPECTOS aeromédicos relacionados à pressão atmosférica na aeronave. 2016. Apostila do curso de comissário de voo conforme MCA 58-11 da ANAC. Disponível em: <https://nascidosparavoo.wordpress.com/2016/07/17/cms-bloco-3-aspectos-aeromedicos-relacionados-a-pressao-atmosferica-na-aeronave/>. Acesso em: 26 out. 2019.

BAGNATO, L. V.; MUNIZ, S. R.; BAGNATO, V. S. Verificação experimental da lei dos gases usando um balão de borracha submerso. **Revista Brasileira de Ensino de**

R. bras. Av. civil. ci. Aeron., Florianópolis, v. 4, n. 1, p. 132-181, jan/mar. 2024.

Física. São Carlos SP, p. 104-106. 01 mar. 1995. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol17a09.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2019.

BOZZETTO, Jaime. **Lei dos Gases.** Disponível em: <https://tinyurl.com/leis-dos-gases>. Acesso em: 08. nov. 2018.

BRASIL. **Lei nº 13.475, de 28 de Agosto de 2017.** Dispõe sobre o exercício da profissão de tripulante de aeronave, denominado aeronauta; e revoga a Lei nº 7.183, de 5 de abril de 1984. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/L13475.htm. Acesso em: 18 out. 2019.

BRASIL. **Portaria nº 1339, de 18 de Novembro de 1999.** Relação de agentes ou fatores de risco de natureza ocupacional, com as respectivas doenças que podem estar relacionadas. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1999/prt1339_18_11_1999.html. Acesso em: 28 out. 2019.

BRASIL. Regras gerais de operação para aeronaves civis. **Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica Nº 91.** Rio de Janeiro. 2003. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbha/rbha-091/@@display-file/arquivo_norma/RBHA91.pdf. Acesso em: 09 nov. 2019.

CENTRO DE ESTUDOS EM SEGURANÇA DE VOO. Força Aérea Brasileira. **Histórico do SIPAER.** 2017. Disponível em: <http://cesv.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/57-artigos/81-historico-do-sipaer>. Acesso em: 26 out. 2019.

CENIPA - CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS. Força Aérea Brasileira. **Relatório Final A-013/CENIPA/2017.** 2018. Disponível em: http://sistema.cenipa.aer.mil.br/cenipa/paginas/relatorios/rf/pt/PR-SOM_-_19_01_2017_-_POR_VERSION_FINAL.pdf. Acesso em: 27 out. 2019.

_____. **Sumário Estatístico Helicópteros 2008 - 2017.** 2017a. Disponível em: <http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/estatisticas/panorama?download=128:suario-estatistico-de-helicopteros>. Acesso em: 27 out. 2019.

_____. **Sumário Estatístico Aviões 2008 - 2017.** 2017b. Disponível em: http://sistema.cenipa.aer.mil.br/cenipa/paginas/arquivos/avioes_sumario_estatistico.pdf. Acesso em: 27 out. 2019.

CIVIL AVIATION AUTHORITY. **Haematological disorders:** information for health professionals on assessing fitness to fly. 2015. Disponível em:

<https://www.caa.co.uk/Passengers/Before-you-fly/Am-I-fit-to-fly/Guidance-for-health-professionals/Haematological-disorders>. Acesso em: 21 out. 2019.

_____. **International travel and health: cabin humidity and dehydration.** [s.d.]. Disponível em: https://www.who.int/ith/mode_of_travel/chad/en/. Acesso em: 28 out. 2019.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **CNEN NN 3.01: diretrizes básicas de proteção radiológica.** Rio de Janeiro, 2014.

EKSTRAND, Karin et al. Cardiovascular risk factors in commercial flight aircrew officers compared with those in the general population. **Angiology The journal of vascular diseases**, Scania, v. 47, n 11, p. 1089 a 1094, nov. 1996.

ESTARÃO os trabalhadores da aviação a perder a audição?. [s. d.]. Disponível em: <https://pt.widex.pro/pt-pt/cuidados-e-aconselhamento/as-pessoas-e-a-audicao/trabalhadores-aviacao-e-a-perda-de-audicao>. Acesso em: 28 out. 2019.

EUROPEAN COCKPIT ASSOCIATION (European Union). **Protection from Ionizing Radiation.** 2018. Disponível em: https://www.eurocockpit.be/sites/default/files/2018-07/Protection%20from%20Ionizing%20Radiation%2C%20ECA%202018_0.pdf. Acesso em: 20 out. 2019.

EVORA, Paulo. **Fisiologia Respiratória Revisão.** Ribeirão Preto, 2017. Apostila do curso de fisioterapia da faculdade de medicina de ribeirão preto da Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.hu.usp.br/wp-content/uploads/sites/176/2017/06/Fisiologia-Respiratoria-Revisao-pneumo.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2019.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. U.S. Department Of Transportation. **Advisory Circular 120-100: basics of aviation fatigue.** 2010a. Disponível em: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC%20120-100.pdf. Acesso em: 27 out. 2019.

_____. **Circadian Rhythm Disruption and Aviation.** 2010b. Disponível em: https://www.faa.gov/pilots/safety/pilotsafetybrochures/media/Circadian_Rhythm.pdf. Acesso em: 26 out. 2019.

_____. **Hearing and Noise in Aviation.** [s.d.] Disponível em: <https://www.faa.gov/pilots/safety/pilotsafetybrochures/media/hearing.pdf>. Acesso em: 28 out. 2019.

_____. **Information for pilots considering laser eye surgery.** [2011?]. Disponível em:

https://www.faa.gov/pilots/safety/pilotsafetybrochures/media/LaserEye_II.pdf. Acesso em: 28 out. 2019.

_____. **Introduction to Aviation Physiology**. 2013. Disponível em: https://www.faa.gov/pilots/training/airman_education/media/introaviationphys.pdf. Acesso em: 23 ago. 2019.

_____. **Sunglasses for pilots: beyond the Image** [2014?] Disponível em: <https://www.faa.gov/pilots/safety/pilotsafetybrochures/media/sunglasses.pdf>. Acesso em: 18 out. 2019.

FEDERICO, Claudio Antonio et al. Effects of Cosmic Radiation in Aircrafts: a discussion about aircrew over south america, **Journal of Aerospace Technology and Management**, São José dos Campos, Vol. 4, no. 2, P. 219-225, jun. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/jatm/v4n2/2175-9146-jatm-04-02-0219.pdf>. Acesso em: 20 out. 2019.

FLIGHT SAFETY FOUNDATION. FSF ALAR Briefing Note 5.3: visual illusions. **Flight Safety Digest**. [s. l.], p. 103-109. aug/nov. 2000. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=FSF+ALAR+Briefing+Note+5.3%3A+visual+illusions&oq=FSF+ALAR+Briefing+Note+5.3%3A+visual+illusions&aqs=chrome..69i57j69i61.683j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>. Acesso em: 28 out. 2019.

GUIMARÃES, Carlos. **Sobrecarga Autoprovocada no Voo**. 2011. Disponível em: <https://issuu.com/aeronauta/docs/sobreautoprov>. Acesso em: 28 out. 2019.

HELFENSTEIN, José Eduardo. **Medicina aeronáutica**. Uirateonteon. 3. ed. São Paulo: Asa, 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER. Ministério da Saúde. **Prevenção e fatores de risco: exposição a radiação**. 2019a. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/causas-e-prevencao/prevencao-e-fatores-de-risco/exposicao-a-radiacao>. Acesso em: 20 out. 2019.

_____. **Radiações ionizantes: Causas e Prevenção**. 2019b. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/radiacoes/radiacoes-ionizantes>. Acesso em: 20 out. 2019.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Human Factors Training Manual**: doc 9683. 1998. Disponível em: <https://www.globalairtraining.com/resources/DOC-9683.pdf> Acesso em: 20 out. 2019.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.

Annals of the ICRP, London, v. 37, n. 103, feb./apr. 2007. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_37_2-4. Acesso em: 20 out. 2019.

MESKO, Bruno Dias. **Aposentadoria do Piloto de Helicóptero e as doenças causadas em razão das condições de trabalho**. 2018. Disponível em: <https://meskodiasadvogados.com/aposentadoria-do-piloto-de-helicoptero-doencas-no-trabalho>. Acesso em: 28 out.2019.

MORAES, Maria Suzana de. **Proposta para o monitoramento da saúde de aeronautaspor meio de marcadores bioquímicos e hematológicos**. 2001. 180 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/4793/2/260.pdf>. Acesso em: 26 out. 2019.

NOISE and vibration in aviation. Produção de Civil Aerospace Medical Institute. Oklahoma City: Faa Tv, 2012. 1 vídeo (13 min.), son., color. Legendado. Disponível em: <https://www.faa.gov/tv/?mediald=459>. Acesso em: 24 out. 2019.

OLIVEIRA, Carlos Gomes de. **O Piloto e o helicóptero: efeitos de uma ergonomia ainda em desenvolvimento**. Brasília: Anac, 2008. p. 4. Disponível em: <https://www.pilotopolicial.com.br/Documentos/dicasHelicoptero.pdf>. Acesso em: 26 out. 2019.

PESSOA, Lenira Tabosa. **Medicina de Aviação**. Itamaracá: Cpa, 1992.

PURDUE UNIVERSITY (Unites States Of America). **Noise Sources and Their Effects**. [s.d.].Disponível em: <https://www.chem.purdue.edu/chemsafety/Training/PPETrain/dblevels.htm>. Acesso em: 28 out. 2019.

ROCHA, Leandro. **Desempenho de Pilotos e Segurança de Voo: O Caso da Hipoxia em Aviação Desportiva**. 2011. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Aeronáutica) - Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2011. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/2053/1/Desempenho%20de%20Pilotos%20e%20Seguran%c3%a7a%20de%20Voo%20O%20Caso%20da%20Hipoxia%20e.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2019.

RUSSOMANO, Thaís; CASTRO, João de Carvalho. **Fisiologia aeroespacial: conhecimentos essenciais para voar com segurança**. Porto Alegre: Edipucrs, 2012. 186 p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=SCtsc28-rLoC&lpg=PP1&dq=fisiologia%20do%20voo&hl=pt-BR&pg=PP1#v=onepage&q=fisiologia%20do%20voo&f=false>. Acesso em: 20 ago. 2019.

SILVEIRA, João Luiz Henrique da. **Fatores Humanos e Aspectos de Medicina Aeroespacial**: livro didático. Palhoça: Unisulvirtual, 2011. 151 p. Livro didático do curso de Ciências Aeronáuticas da UNISUL.

SINDICATO NACIONAL DOS AERONAUTAS (Brasil). **Mapeamento Biopsicossocial do Aeronauta Brasileiro**. 2015. Disponível em: <http://www.aeronautas.org.br/wp-content/uploads/2015/06/CLIQUE-AQUI-PARA-BAIXAR-O-PDF-DO-MAPEAMENTO-DE-SA%C3%9ADE-DOS-AERONAUTAS.pdf>. Acesso em: 19 out. 2019.

TISSOT, Izabela. **Fatores Humanos**: Rio de Janeiro: Anac, 2014. 22 slides, color. Slides da Campanha Nacional de Aviação Civil da ANAC. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/gerenciamento-da-seguranca-operacional/arquivos/fatoreshumanos.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2019.

TORSTEN, Lindgren; GRETA, Smedje. Hearing status among aircraft maintenance personnel in a Swedish Commercial Airline Company. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON ACOUSTICS, 20., 2010, Uppsala. **Electronic annals**. Uppsala: International Commission on Acoustics, 2010. p. 1 - 7. Disponível em: https://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/ICA2010/cdrom-ICA2010/papers/p77.pdf. Acesso em: 28 out. 2019.

VEJA SÃO PAULO.COM. **Piloto do avião de Eduardo Campos reclamou de cansaço**. 2017. Disponível em: <https://vejasp.abril.com.br/cidades/piloto-aviao-eduardo-campos-reclamou-cansaco/>. Acesso em: 27 out. 2019.

WIKIPEDIA. **Frequência de ressonância**. 2019. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Frequência_de_ressonância. Acesso em: 26 out. 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **International travel and health**: Cosmic radiation. [s.d.a]. Disponível em: http://www.who.int/ith/mode_of_travel/cosmic_radiation/en. Acesso em: 20 out. 2019.

_____. **International travel and health**: immobility, circulatory problems and deep vein thrombosis. [s.d.b]. Disponível em: https://www.who.int/ith/mode_of_travel/DVT/en Acesso em: 21 out.2019.