



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

MARCUS VINICIUS NEVES LEITE

**RADIAÇÃO IONIZANTE - EXPOSIÇÃO DOS AERONAUTAS NA
AVIAÇÃO COMERCIAL BRASILEIRA E OS ATUAIS ASPECTOS
NORMATIVOS LOCAIS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA ÀS
NORMAS E PRÁTICAS INTERNACIONAIS**

PALHOÇA

2020

MARCUS VINICIUS NEVES LEITE

**RADIAÇÃO IONIZANTE - EXPOSIÇÃO DOS AERONAUTAS NA
AVIAÇÃO COMERCIAL BRASILEIRA E OS ATUAIS ASPECTOS
NORMATIVOS LOCAIS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA ÀS
NORMAS E PRÁTICAS INTERNACIONAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Ciências Aeronáuticas, da
Universidade do Sul de Santa Catarina, como
exigência para obtenção do grau de Bacharel.

Orientador: Prof.^a Patrícia da Silva Meneghel, Dra.

PALHOÇA

2020

MARCUS VINICIUS NEVES LEITE

**RADIAÇÃO IONIZANTE - EXPOSIÇÃO DOS AERONAUTAS NA
AVIAÇÃO COMERCIAL BRASILEIRA E OS ATUAIS ASPECTOS
NORMATIVOS LOCAIS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA ÀS
NORMAS E PRÁTICAS INTERNACIONAIS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Ciências Aeronáuticas e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciências Aeronáuticas, da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 09 de julho de 2020.

Orientador: Prof.^a Patrícia da Silva Meneghel, Dra.

Avaliador: Prof. Jairo Afonso Henkes, Msc.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, em especial aos meus pais que deram asas ao meu sonho de voar e à minha esposa, grande incentivadora da minha formação universitária.

RESUMO

Nesta pesquisa científica procura-se compreender a relação existente entre as melhores práticas internacionais a respeito da exposição de tripulantes às radiações cósmicas ionizantes e refletir sobre o atual estágio em que se encontram as leis e normas brasileiras para identificar as diferenças em relação às leis e normas europeias. Propõe-se a realizar uma investigação qualitativa, coletando informações a partir de fontes bibliográficas científicas e documentais. Por meio de buscas teórico-científicas, percebe-se que ainda hoje no Brasil, existe defasagem de leis e normas que se distanciam das normas e propostas de trabalho europeias, dificultando minimizar e controlar a exposição cósmica ionizante em tripulantes, durante a permanência dos mesmos em aeronaves, sobrevoando durante muitas horas em elevadas altitudes. Constatou-se que, no Brasil, muitas práticas não são cumpridas com relação a medidas de proteção e mitigação de impactos. Porém, registram-se dados que equipes de trabalhos e projetos brasileiros estão sendo realizados através de encontros, reuniões e simpósios com a finalidade de garantir mudanças que sejam viáveis para a melhoria da segurança e controle às exposições cósmicas ionizantes e, assim, resguardar a saúde de tripulantes em frequentes exposições em virtude de suas atividades ocupacionais. Sugere-se para as devidas mudanças, o controle individual de dose efetiva de radiação ionizante, via aparelhos que reflitam e indiquem o valor de msv ao qual os tripulantes estão expostos.

Palavras-chave: Aeronaves. Tripulantes. Exposição. Radiação Cósmica. Projetos.

ABSTRACT

This research work seeks to understand the relationship between the best international practices regarding the exposure of crew members to ionizing cosmic radiation and reflect about the current state of the brazilian's laws and regulations to identify differences in relation to the european's laws and regulations. It proposes to carry out a qualitative investigation, collecting information from scientific and documentary bibliographic sources. Through scientific theoretical searches was noted that nowadays in Brazil, there is a lag of laws and norms that distance ourselves from european's norms and work proposals, making it hard to minimize and control the ionizing cosmic exposure on crew members, during long flights at high altitudes. It's been noted that in Brazil many practices are not complied with in relation to measures to protect and mitigate impacts. However, there are data that teams works and brazilians projects are being carried out through meetings and symposiums with the purpose of ensure changes that are feasible to improve the safety and control of cosmic ionizing exposures and, thus, to protect the health of crew members on frequent exposures due to their occupational activities. For the necessary changes, it is suggested, the individual control of the effective dose of ionizing radiation via devices that reflect and indicate the msv value to which the crew member are exposed.

Key-Words: Aircraft. Crew. Exposure. Ionizing Radiation. Projects.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEAR	Associação Brasileira das Empresas Aéreas
ABRAPAC	Associação Brasileira de Pilotos da Aviação Civil
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ASAGOL	Associação dos Aeronautas da GOL
ATL	Associação de Tripulantes da LATAM Brasil
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
COMAER	Comando da Aeronáutica
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
DRIEAB	Dosimetria de Radiação Ionizante no Espaço Aéreo Brasileiro (projeto)
EASA	European Union Aviation Safety Agency
FAA	Federal Aviation Administration
FAB	Força Aérea Brasileira
FESPLA	Federación de Sindicatos de Pilotos de Latinoamérica
IAEA	International Atomic Energy Agency
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
ICRP	International Commission on Radiological Protection
ICT	Instituição de Ciência, Tecnologia e Inovação
IEAv	Instituto de Estudos Avançados
IFALPA	The International Federation of Air Line Pilot' Associations
IMAE	Instituto de Medicina Aeroespacial Brigadeiro Médico Roberto Teixeira
IRD	Instituto de Radioproteção e Dosimetria
LNMRI	Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes
SNA	Sindicato Nacional dos Aeronautas
ABEAR	Associação Brasileira das Empresas Aéreas
ABRAPAC	Associação Brasileira de Pilotos da Aviação Civil
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ASAGOL	Associação dos Aeronautas da GOL
ATL	Associação de Tripulantes da LATAM Brasil
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
EASA	European Union Aviation Safety Agency

FAA	Federal Aviation Administration
FESPLA	Federación de Sindicatos de Pilotos de Latinoamérica
IAEA	International Atomic Energy Agency
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
ICRP	International Commission on Radiological Protection
IEAv	Instituto de Estudos Avançados
IFALPA	The International Federation of Air Line Pilot' Associations
SNA	Sindicato Nacional dos Aeronautas

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01. O poder penetrante de vários tipos de radiações ionizantes.....	18
FIGURA 02. Dose efetiva de GCR em relação à latitude e altitude.....	19
FIGURA 03. Altitude máxima operacional de algumas aeronaves.....	20
FIGURA 04. Potencial Heliocentrico	21
FIGURA 05. Variação da dose efetiva – Cálculo com app Cari 6.....	22
FIGURA 06. Dose máxima e média anual dos tripulantes europeus.....	23
FIGURA 07. Limites de doses individuais.....	28

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 MÉTODOS DE CONTROLE DE DOSES DE RADIAÇÃO CÓSMICA POR TRIPULANTE	17
1.1 VARIAÇÕES DE DOSE EFETIVA À RADIAÇÃO CÓSMICA IONIZANTE.....	21
2 POSICIONAMENTO DOS AERONAUTAS PERANTE A LEI	26
2.1 CNEN E A RESOLUÇÃO 164/14 – LIMITES DE DOSES INDIVIDUAIS.....	28
3 AJUSTES NAS LEIS E NORMAS NA AVIAÇÃO BRASILEIRA À RADIAÇÃO IONIZANTE	31
3.1 APOIO E RESPALDO DO MINISTÉRIO DO TRABALHO AO TRABALHADOR OCUPACIONAL EXPOSTO À RADIAÇÃO CÓSMICA IONIZANTE.....	32
4 PRINCIPAIS RESULTADOS E DISCUSSÕES RECENTES.....	34
CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS	41

INTRODUÇÃO

Sobre o tema Radiação Ionizante: exposição dos aeronautas na aviação comercial brasileira e os atuais aspectos normativos e locais e futura análise comparativa às normas e práticas internacionais, será esclarecido de forma breve o que é radiação ionizante e a exposição de tripulantes no espaço aéreo.

Segundo (Federico, 2009) “A radiação cósmica origina-se nas profundezas do espaço pela radiação solar de intensidade constante com variáveis de acordo com a atividade solar. Consiste de um espectro de partículas e radiação eletromagnética”. As fontes naturais de radiação ionizante são raios cósmicos e os radionuclídeos provenientes da crosta terrestre; radiação ionizante é a radiação que possui energia suficiente para ionizar átomos e moléculas.

Desta forma, serão estudados os efeitos nocivos à saúde humana pela exposição à radiação ionizante de origem cósmica pelos aeronavegantes. “Radiação esta que pode provocar um efeito devastador no organismo humano aumentando a incidência de tumores cancerígenos” (SNA – Sindicato Nacional dos Aeronautas, 2014).

É relativamente recente no Brasil (cerca de uma década) a abordagem científica dos aspectos e efeitos da radiação ionizante de origem cósmica (galáctica e solar) em altas altitudes, afetando indivíduos e equipamentos que a ela são expostos durante o voo.

“Há trabalhos e conclusões efetivas que levam a uma preocupação crescente com relação à divulgação destes efeitos e possíveis medidas de proteção a todos que são atingidos, especialmente tripulantes de aeronaves comerciais” (Ruas, 2017).

A partir da disseminação de informações entre todos os públicos envolvidos – governo, agências reguladoras, companhias aéreas, entidades de classe, trabalhadores etc. – chega-se à necessidade de instituir políticas de acompanhamento e prevenção, que posteriormente irão demandar controle, de forma a garantir sua execução.

Esta pesquisa científica propõe-se investigar de que forma são realizados tais controles no país e no mundo, a partir da análise de normas e recomendações internacionais, em comparação às normas existentes ou não no Brasil a respeito da exposição de tripulantes da aviação comercial à radiação ionizante de origem cósmica.

Para tanto esta pesquisa problematizará em torno dos questionamentos de quais providências têm sido tomadas com relação às regras e leis da aviação civil brasileira a respeito dos impactos na saúde de aeronautas pela exposição de radiações ionizantes, bem

como se as normas brasileiras estão seguindo as melhores práticas indicadas internacionalmente.

Como objetivo geral procura-se compreender a relação entre as melhores práticas internacionais sobre a exposição às radiações ionizantes e o atual estado da arte nas regras brasileiras, buscando identificar diferenças especialmente no que tange aos riscos a que estão expostos os aeronautas brasileiros devido à defasagem das normas (ou mesmo ausência destas), refletindo o que ainda não é cumprido pela prática no país com relação a medidas de proteção e mitigação de impactos.

Compreender especificamente as normas e regras com relação aos métodos de controle de doses de radiação ionizante recebido por tripulante para que sejam observadas e analisadas as necessidades de previsão de aposentadoria especial ou qualquer tipo de benefício adicional, como periculosidade, em decorrência a exposição à radiação ionizante; ao mesmo tempo, entender como se dá o posicionamento da categoria dos aeronautas perante a lei e em comparação a outras categorias também expostas a este tipo de radiação.

De posse do conhecimento e compreensão dos fatos acima mencionados, pode-se sugerir ajustes que se revelem necessários ou mesmo imprescindíveis nas leis e normas da aviação brasileira com relação à radiação ionizante; além disto, que esta pesquisa sirva como apoio e respaldo a iniciativas que busquem ajustes.

Esta pesquisa torna-se justificável à medida que conhecemos os males que a radiação ionizada faz e a relação entre as melhores práticas internacionais sobre a exposição a radiações ionizantes e o atual estado da arte nas regras brasileiras, buscando identificar diferenças especialmente no que tange aos riscos a que estão expostos os aeronautas brasileiros devido à defasagem das normas (ou mesmo ausência destas), refletindo o que ainda não é cumprido pela prática no país com relação a medidas de proteção e mitigação de impactos.

Para a composição deste conhecimento tem-se como referencial teórico o conhecimento de cientistas, estudiosos que abordam o referido tema e as implicações que o envolve. Atualmente, não há nada previsto sobre o tema na lei brasileira ou nas normas da aviação civil nacional. Torna-se necessário, portanto, conhecer os níveis internacionalmente aceitos da exposição de aeronautas à radiação ionizante para poder trazer a realidade brasileira a estes mesmos patamares. “Sendo a radiação ionizante considerada alta em altitudes superiores a 10.000m (35.000 pés) e ainda mais intensa em voos que se aproximem ou superem os 15.000m (51.000 pés)” (Federico, 2009).

A mobilização da classe por meio das entidades que a representam tem se intensificado com o recente processo de alteração da lei da aposentadoria especial (PLP 245/2019), em votação no senado desde novembro de 2019, para que seja incluso no texto a categoria dos aeronautas como trabalhadores ocupacionalmente expostos. Tal alteração deve proporcionar a estes segurados condições especiais que vão desde adicionais por periculosidade até direito a aposentadoria especial sem limite de idade mínima nem o uso de fator previdenciário que reduza o valor total do benefício. O governo seria beneficiado por esta alteração com uma expressiva redução de gastos em custas de processos, já que a aposentadoria especial administrativa custaria muito menos que a processual (sna- sindicato nacional dos aeronautas, 2014).

Este trabalho propõe-se reunir e analisar informações precisas e confiáveis, obtidas a partir de um método científico, para oferecer subsídios que contribuam para a atualização da regulamentação brasileira com relação à exposição de aeronautas à radiação ionizante. Que tais conteúdos possam impactar também na implementação de formas de controle desta exposição junto às companhias aéreas, incluindo desde métodos de medição, campanhas informativas e programas de benefícios, até suas políticas de escalas, num programa mais aprimorado de proteção à saúde do aeronauta.

A presente pesquisa busca respaldo nos exaustivos trabalhos sobre o tema já realizados pelas entidades internacionais que regulamentam a aviação no mundo todo e em países estratégicos para trazer este conhecimento e preocupação às autoridades brasileiras, sendo impactante para todos os públicos envolvidos com a aviação comercial – os próprios aeronautas, em primeiro lugar, e as companhias aéreas, entidades de classe, comunidade acadêmica, órgãos governamentais, agências reguladoras e o próprio Estado.

Com relação às contribuições de ordem teórica, na produção de conhecimento, verifica-se que a bibliografia sobre radiação ionizante na aviação ainda é bastante restrita no Brasil. As iniciativas de pesquisa experimental são pontuais, destacando-se a atuação do projeto Dosimetria de Radiação Ionizante no Espaço Aéreo Brasileiro (DRIEAB), coordenado pelo pesquisador Claudio Antonio Federico, do Instituto de Estudos Avançados (IEAv), órgão ligado ao Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), as revisões teóricas do Cmte. Amilton Ruas, o Grupo de Trabalho da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) que inclui representantes do: Sindicato Nacional dos Aeronautas (SNA), da Associação Brasileira de Pilotos da Aviação Civil (Abrapac), da Associação dos Aeronautas da GOL (ASAGOL), da Associação de Tripulantes da LATAM Brasil (ATL), da Associação

Brasileira das Empresas Aéreas (ABEAR), da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), da ACR Consultoria, e dos já citados IRD/CNEN e IEAv/DCTA.

Pela relevância de tal conteúdo para o desempenho profissional da atividade, justifica-se a inclusão deste tema nas matérias de fatores humanos e medicina aeroespacial nos currículos de Ciências Aeronáuticas, bem como o incentivo à pesquisa e à produção científica na área. A ampliação da discussão sobre o tema também seria oportuna à Engenharia Aeronáutica, visando a pesquisa e o desenvolvimento de maior proteção nas aeronaves ou, na inviabilidade de blindagem, buscar alternativas e planos de redução de danos. Por fim, dependendo da direção que a discussão levar no que se relaciona às normas, também pode alcançar o domínio da Segurança do Trabalho, na eventual inclusão da categoria dos aeronautas entre os trabalhadores ocupacionalmente expostos à radiação.

“Por radiação ionizante entende-se que é uma radiação cósmica que possui energia suficiente para ionizar átomos e moléculas, ou seja, é capaz de arrancar um elétron de um átomo ou molécula” (Federico, 2009).

Esta pesquisa concentra-se nas implicações geradas pela exposição à radiação ionizante na atividade ocupacional dos aeronautas na aviação comercial (ruas, 2017, p. 185) “tece comentários sobre o avanço da tecnologia aeroespacial que tornou a aviação mais segura e cada vez mais acessível a todos, porém novos desafios surgiram com este progresso”. Um destes desafios é a exposição à radiação ionizante em altitude, que pode gerar efeitos somáticos e genéticos no ser humano.

Sendo assim, ao longo desta pesquisa, serão observadas quais as possibilidades de proteção que existem e suas viabilidades práticas (blindagem e controle de dose recebida) bem como garantir que medidas de proteção viáveis sejam implementadas e praticadas; objetiva-se a importância das normas, regras e leis que exijam cumprimentos.

Metodologicamente, a presente pesquisa procurará, por meio de um estudo de natureza qualitativa, realizar uma análise descritiva de conteúdo a respeito das normas vigentes no Brasil e aquelas sugeridas pelas organizações internacionais com relação à exposição de aeronautas a radiações ionizantes, seguida de uma reflexão comparativa. Assim, pretende-se realizar um breve diagnóstico do atual estado da regulamentação brasileira acerca deste assunto e quais atualizações são necessárias e até imprescindíveis para garantir a saúde dos aeronautas expostos. O procedimento de pesquisa será bibliográfico e documental.

Para a coleta de materiais e aplicação dos métodos o autor se propõe a realizar uma profunda investigação teórica, coletando dados a partir de fontes bibliográficas e

documentais. Pretende-se explorar a bibliografia mais recente existente a respeito do tema, priorizando trabalhos publicados na última década com preferência para os últimos cinco anos, recorrendo a livros, periódicos, artigos científicos, monografias acadêmicas, que descrevam os impactos da radiação ionizante na saúde dos aeronautas expostos, as providências recomendadas para mitigação destes impactos e métodos para garantir o cumprimento destas providências. Também irá se servir de documentos que descrevam e registrem as leis, normas, regras e melhores práticas sugeridas para a atividade aeronáutica comercial com relação à saúde dos indivíduos que nela exerçam sua principal atividade profissional.

No âmbito nacional, as fontes de tais documentos serão a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), Associação Brasileira de Pilotos da Aviação Civil (ABRAPAC), a Constituição Brasileira, especificamente no que se refere à lei trabalhista, ao Projeto de Lei Complementar PLP245/2019 e à lei nº 13.475, de 28 de agosto de 2017 (que 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), o Sindicato Nacional dos Aeronautas (SNA), a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), o Instituto de Estudos Avançados (IEAv) do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), a Associação de Tripulantes da LATAM Brasil (ATL), a Associação dos Aeronautas da GOL (ASAGOL) e a Associação Brasileira das Empresas Aéreas (ABEAR). Internacionalmente, serão fontes documentais a International Civil Aviation Organization (ICAO), The International Federation of Air Line Pilot' Associations (IFALPA), International Air Transport Association (IATA), Federal Aviation Administration (FAA), a Federación de Sindicatos de Pilotos de Latinoamérica (FESPLA), International Commission on Radiological Protection (ICRP), além da European Union Aviation Safety Agency (EASA), European Cockpit Association, e da normas europeias EU-OPS 1.390, EU Council Directive 96/29/Euratom (article 42), Euratom Basic Safety Standards Directive.

Sendo assim, constará desta pesquisa a organização de três capítulos que demonstrarão as implicações em questão.

No capítulo I, o autor apresentará os métodos de controle de doses de radiação ionizante por tripulante.

O capítulo II demonstrará o posicionamento da categoria dos aeronautas perante a lei.

No capítulo III, o autor descreverá os ajustes que se revelem necessários nas leis e normas da aviação brasileira com relação à radiação ionizante.

Finalizando esta pesquisa, após a busca de conhecimentos, realizar análises e reflexões para compor as conclusões, verificar-se-á com mais propriedade que existe a necessidade de iniciativas que busquem ajustes que minimizem o agravamento da saúde dos tripulantes da aviação comercial em razão da radiação ionizante acumulada em seus organismos.

1 MÉTODOS DE CONTROLE DE DOSES DE RADIAÇÃO CÓSMICA POR TRIPULANTE

Este capítulo tem por objetivo específico abordar os métodos de controle de doses de radiação cósmica ionizante por tripulante.

Iniciaremos com alguns dados coletados pelo sna – sindicato dos aeronautas – boletim informativo 01, 04 de abril, 2014, o qual tem por objetivo divulgar os efeitos nocivos à saúde humana pela exposição a radiação cósmica pelos aeronavegantes. Esse boletim define de forma clara e objetiva o significado de Radiação Cósmica.

A radiação cósmica (CR) origina-se nas profundezas do espaço e é composta pela Background Cosmic Radiation ou Galactic Cosmic Radiation (GCR), de intensidade constante e pela Radiação Solar, cuja intensidade varia com a atividade solar. A radiação cósmica consiste de um espectro de partículas e radiação eletromagnética. (SNA, 2014).

De posse do conhecimento acima entende-se que os raios cósmicos têm mais energia do que as fontes energéticas geradas pelo homem; portanto, percebe-se que a blindagem da radiação¹ consiste na interação da radiação com a matéria uma vez que a exposição nos altos níveis da atmosfera é bem maior do que na superfície.

O campo magnético da Terra e o campo magnético solar (magnetosfera) protegem parcialmente a Terra das partículas da radiação cósmica, porém alguns componentes desta são muito penetrantes, a blindagem de proteção dentro da aeronave não é possível, pois a dose rate² que resulta da radiação cósmica, depende de fatores como a latitude, altitude, ciclo solar, tempestades solares e suas respectivas consequências.

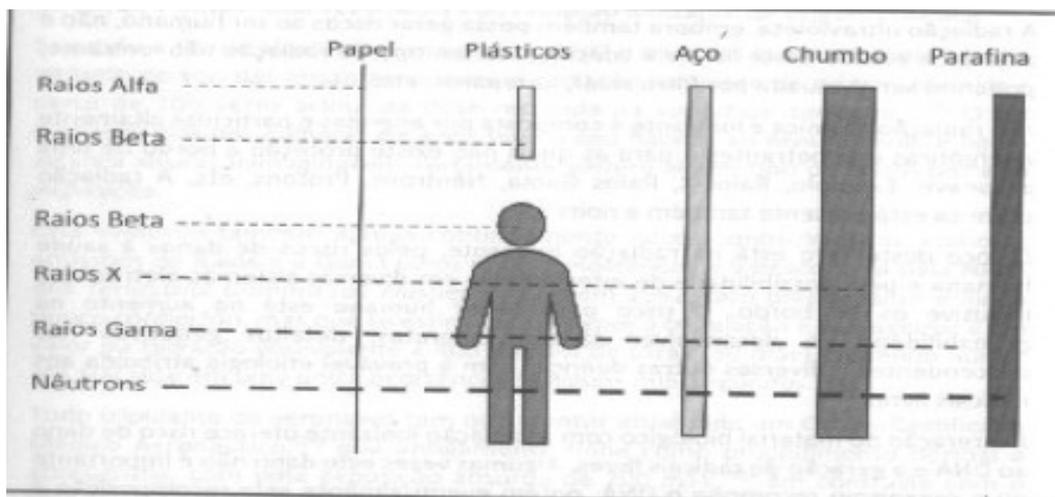
Sendo assim, ao estudar o assunto, verifica-se que a evolução da tecnologia aeronáutica tem sido contínua e as aeronaves estão cada vez voando mais alto e mais longe (ruas, 2017, p. 22). As modernas aeronaves a jato operam entre 39.000 ft (11.888m) a 51.000 ft (15.545m), expondo as tripulações, passageiros e sistemas eletrônicos de bordo a doses cada vez maiores de radiação ionizante de origem cósmica (ruas, 2017, p. 24). Diversas preocupações em torno da radiação cósmica por ser ionizante é composta por partículas

¹ Consiste na interação da radiação com a matéria uma vez que a exposição nos altos níveis da atmosfera é bem maior do que na superfície. Depende do tipo de radiação e das propriedades do material de blindagem (densidade, número atômico, etc.).

² The dose of ionizing radiation delivered per unit time. For example, rems or sieverts (Sv) per hour.

energéticas penetrantes e, assim, não existe proteção a bordo de uma aeronave, inclusive essa radiação está presente a noite. Dessa maneira, o ser humano exposto corre o risco de danos à sua saúde bem como a possibilidade de interferência em sistemas eletrônicos e os de bordo. Em relação ao ser humano existe grande possibilidade de desenvolver câncer, catarata e até defeitos genéticos em seus descendentes porque a interação do material biológico com a radiação ionizante oferece risco de danos ao DNA que pode se recompor de forma imperfeita e as células afetadas podem se reproduzirem com defeitos aumentando os problemas genéticos e por consequência, somáticos. Tem-se também que observar que o filtro solar não protege da radiação cósmica e somente protege da radiação ultravioleta (UV – A, B) (ruas, 2017, p. 24), demonstrando na figura 01 o poder penetrante de vários tipos de radiações ionizantes.

Figura 01. O Poder Penetrante de vários tipos de radiações ionizantes.

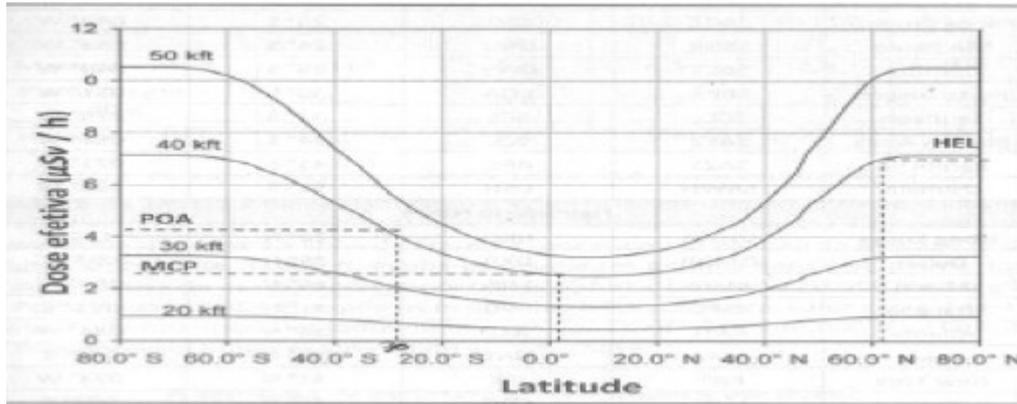


Fonte: Ruas (2017, p.24). - Adaptado de CNEN.

Assim, notamos que as radiações ionizantes podem ser eletromagnéticas (Raios-x e Raios gama, etc...) ou corpusculares (Raios Alfa, Beta, Nêutrons, Prótons, Íons pesados, etc...)

Por meio de dados levantados para esta pesquisa observa-se de forma mais direta a influência da latitude e da altitude para determinar a dose efetiva da Galactic Cosmic Radiation – GCR. Para tanto, (ruas, 2017, p. 37) demonstra na figura 02 os dados aproximados.

Figura 02: Dose efetiva da GCR em relação à latitude e altitude.



Fonte: Potencial Heliocêntrico médio de 1958 a 2008 – Dados de DOT/FAA/AM – 11/9.

Nesta figura 02 Ruas (2017) deixa bem claro a influência dos fatores latitude e altitude na efetiva dose rate de radiação ionizante. Com isso entendemos que um voo numa latitude próxima a linha do Equador, na área de Macapá (0°) e numa altitude de 20.000ft, expõe os ocupantes de uma aeronave a uma dose efetiva de aproximadamente 0,05 uSv/hora. Um voo a 20.000ft na região de Porto Alegre (30°S) expõe os ocupantes à 0,8 uSv/hora, valor cerca de 60% maior. Um voo conduzido a 40.000ft na latitude de POA apresenta uma exposição de 4,2, uSv/hora.

Segundo Ruas (2017, p. 38):

Com o avanço da tecnologia aeronáutica as aeronaves estão voando cada vez mais alto, com a finalidade de consumir menos combustível, ter um maior alcance e carregar mais payload. Como resultado, os tripulantes de aeronave tendem a ter sua exposição ocupacional à radiação ionizante sempre crescente.

Ruas (2017, p. 39) publicou uma tabela de altitude máxima operacional de algumas aeronaves, como pode-se observar na figura 03:

Figura 03: Altitude máxima operacional de algumas aeronaves.

Altitude máxima operacional de algumas aeronaves <i>(principais tipos de aeronaves em operação no Brasil)</i>		
Aeronaves Executivas – jato		
Fabricante	Modelo	Teto operacional
Bombardier	Learjet 70/75, Global 5000/6000/7000/8000	51.000 ft – 15.545 m
	Challenger 350	45.000 ft – 13.716 m
Cessna	Challenger 650	41.000 ft – 12.497 m
	Citation X,	51.000 ft – 15.545 m
	Sovereign+	47.000 ft – 14.323 m
	Citation XLS+, Longitude, Citation CJ4/CJ3	45.000 ft – 13.716 m
Dassault	Citation Mustang, Citation M2,	41.000 ft – 12.497 m
	Falcon 900LX, 8X, 7X, 5X,	51.000 ft – 15.545 m
Embraer	Falcon 2000LX5, 2000E,	47.000 ft – 14.323 m
	Lineage 1000E, Legacy 850, Phenom 100E	41.000 ft – 12.497 m
Gulfstream	Phenom 300	45.000 ft – 13.716 m
	G650ER, G600, G500	51.000 ft – 15.545 m
	G450, G280, G150	45.000 ft – 13.716 m
Aeronaves Executivas – turbo hélice		
Beechcraft	King Air C90GTx	30.000 ft – 9.144 m
	King Air 350ER	35.000 ft – 10.668 m
Piper	M500, M500	30.000 ft – 9.144 m
	M350	25.000 ft – 7.620 m
TBM Daher	TBM900	31.000 ft – 9.449 m
Aeronaves Comerciais – jato		
AIRBUS	A319, A320, A321	39.000 ft – 11.887 m
	A330, A340	41.000 ft – 12.497 m
	A380, A350	43.000 ft – 13.106 m
BOEING	B787, B777, B767	43.000 ft – 13.106 m
	B 737 NG	41.000 ft – 12.497 m
	B747-400	45.000 ft – 13.716 m
EMBRAER	E195, E190, E175, E170	41.000 ft – 12.497 m
	ERJ 135, 140, 145	37.000 ft – 11.278 m
Aeronaves Comerciais – turbo hélice		
ATR	ATR-42, ATR-72	25.000 ft – 7.620 m

Fonte: Ruas (2017, p. 39)./ Informações dos fabricantes em 2016.

Além das informações acima, temos a influência do Ciclo Solar e suas atividades influem no valor da Galactic Cosmic Radiation, atenuando-a ou maximizando-a, de acordo com o ciclo solar. Por exemplo, no mínimo solar a radiação cósmica chega a 100%, pois tem menor efeito sobre a Galactic Cosmic Radiation. Mas, no máximo solar pode ocorrer eventos de alta energia aumentando os níveis de radiação até no solo.

Para Ruas (2017, p. 41) “A intensidade da radiação cósmica nas altitudes de voo das aeronaves comerciais é aproximadamente 20% maior, durante o mínimo solar, sendo maior ainda nas rotas polares.”

Quanto a variação da dose efetiva em função do potencial heliocêntrico, pode-se observar que a variação da atividade solar influi na dose efetiva da radiação cósmica frente ao potencial heliocêntrico.

Ruas (2017, p. 43), publicou a tabela do potencial heliocêntrico referente a 2004-2015, como demonstra a Figura 04:

Figura 04 - Potencial Heliocêntrico (Valores em megavolts).

Month of Flight	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004
January	667	579	505	466	362	244	256	298	374	459	725	895
February	665	628	485	508	357	296	262	312	379	431	596	755
March	685	590	517	593	392	303	238	321	340	390	596	654
April	647	578	511	466	460	335	224	312	314	389	536	617
May	595	545	622	460	420	337	226	321	305	379	631	585
June	617	612	642	617	517	349	228	323	300	392	557	592
July	572	586	616	635	485	357	236	319	319	405	594	651
August	570	499	589	612	477	372	236	305	312	405	626	617
September	566	585	577	555	483	384	228	276	300	367	727	587
October	536	565	646	546	497	379	220	285	291	357	637	603
November	525	604	577	640	463	367	244	270	307	374	469	605
December		689	622	505	423	377	234	266	287	436	494	563
For the year		584	565	631	444	337	234	296	316	387	586	628

Fonte: Ruas (2017, p.42).

Após a observação da figura 04 a qual trata da verificação do potencial heliocêntrico, pode-se analisar as variações de dose efetiva à radiação cósmica ionizante, refletindo sobre o aplicativo CARI-6.

1.1 VARIAÇÕES DE DOSE EFETIVA À RADIAÇÃO CÓSMICA IONIZANTE – APLICATIVO CARI-6

Com a finalidade de verificar as variações de dose efetiva à radiação cósmica ionizante, conforme aplicativo CARI-6 demonstrado na figura 05.

Figura 05: Variação da Dose Efetiva – Cálculo com app Cari-6.

Potencial Heliocêntrico ⁽¹⁴⁾ 2004 – 2015				
Rota	Tempo de voo	Baixo 222	Médio 555	Alto 895
GRU - LRH	10:35	41,46 μ Sv	39,40 μ Sv	37,62 μ Sv
	Variação	+ 5,22 %	Δ 9,95 %	- 4,73 %
GRU - EZE	02:21	6,61 μ Sv	6,37 μ Sv	6,15 μ Sv
	Variação	+ 3,76	Δ 7,33 %	- 3,57
GIG - POA	01:43	4,39 μ Sv	4,24 μ Sv	4,10 μ Sv
	Variação	+ 3,53 %	Δ 6,94 %	- 3,41

Fonte: Ruas (2017, p.43).

Verificou que entre 2004 e 2015, foi estimada uma variação entre 7 e 10 % no valor da dose efetiva, em função da atividade solar.

Após estas verificações, notou-se que o sol é a principal fonte da radiação cósmica.

Desta forma, pode-se iniciar comentários sobre o ambiente de trabalho dos tripulantes de aeronaves. Percebe-se que é um ambiente agressivo à saúde porque estão inseridos em operações regulares de aeronaves à reação (jato) que pode ser comparável ao dos trabalhadores de minas de urânio.

Para Ruas (2017, p. 61) “Nunca é demais lembrar os riscos potenciais da radiação ionizante para a saúde humana e que toda a exposição, por menor que seja, representa algum grau de risco de danos ao material biológico”.

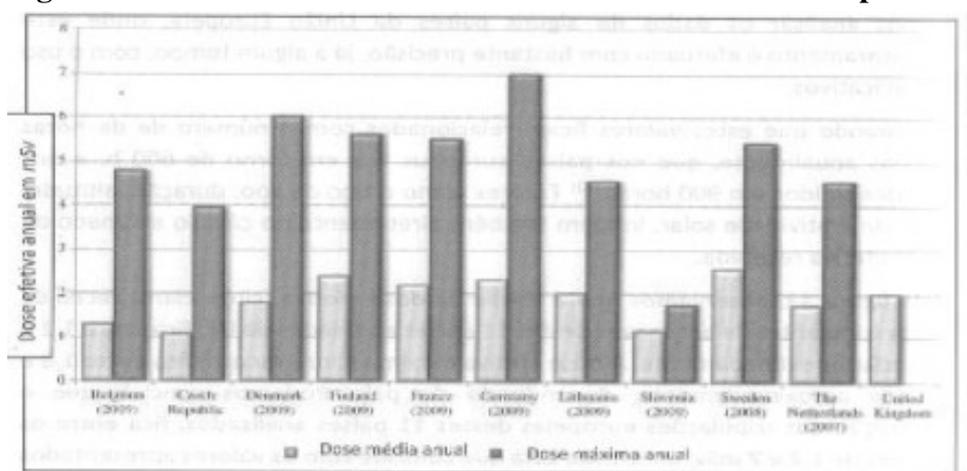
São eles: disritmia circadiana, fadiga crônica, pressão atmosférica, hipóxia leve, baixa imunidade, síndrome aero tóxica, exposição à sons de alta intensidade, vibrações, campos eletromagnéticos, etc...; que ao longo do tempo, se tornam doenças crônicas em razão principalmente da dose cumulativa de radiação recebida.

Realizadas as considerações pesquisadas que justificam a pesquisa pode-se descrever sobre a dose efetiva anual de radiação cósmica recebida por tripulante. O cálculo da dose efetiva anual de radiação ionizante de origem cósmica recebida por cada tripulante pode ser feito de diversas maneiras e existem muitos aplicativos disponíveis para uma estimativa deste cálculo, como no documento “Comparison of codes assessing radiation exposure of aircraft crew due to galactic cosmic radiation (2012) Radiation Protection 173”, da European Commission.

Assim pode-se conhecer e estudar os dados de dose recebida em alguns países da União Europeia.

Ruas (2017, p. 115) “Observamos que a média da dose efetiva (cinza claro) recebida pelos tripulantes de aeronaves dos 11 países analisados da União Européia, fica entre 1,2 e 2,6 mSv aproximadamente. A dose efetiva máxima (cinza escuro) fica entre 1,8 e 7 mSv aproximadamente, dependendo do país”. Na figura 06 o autor demonstra essa situação.

Figura 06 - Dose máxima e média anual da dose efetiva dos tripulantes europeus



Fonte: Ruas (2017, p.116).

“Para efeito de análise e reflexão vê-se que no Brasil, o tripulante de aeronaves até 2017 não era reconhecido como ocupacionalmente exposto à radiação ionizante” (Ruas, 2017, p. 117).

Sendo assim se têm poucos dados estatísticos disponíveis. Porém, muitos tripulantes brasileiros de aeronaves engajados em operações regulares, fazem o controle individual utilizando o aplicativo do FAA, Cari-6. Pode-se, então, indagar sobre qual a dose efetiva recebida ao longo da carreira destes tripulantes.

Ruas (2017, p. 119) realizou uma estimativa e adotou como referência os valores de exposição divulgados pela IFALPA e IATA, 2 a 5 mSv/ano, para 600 horas de voo anuais em aeronaves a reação (jato). Demonstrou que:

- 2 mSv/ano em voos de baixa altitude, latitude e curta duração.
- 5 mSv/ano em voos de altitudes, latitudes maiores e de longa duração.

Comparou com raios – x dental e de tórax, projetou esses valores ao longo da carreira de um tripulante de aeronaves, estipulou o tempo de serviço em voo de um tripulante dos 20 aos 65 anos de idade, resultando em 45 anos de serviço.

Obteve como resultado que um tripulante com 45 anos de voo poderá estar exposto a uma dose efetiva de radiação ionizante entre 90 a 225 mSv, e comparativamente é a dose aproximada de 9.000 a 22.500 Raios-x dental ou 900 a 2.250 de tórax. Certamente são valores bem elevados e o risco de danos à saúde é bem plausível (Ruas, 2017, p. 119).

Em relação a estimativa de dose efetiva anual recebida pelo tripulante brasileiro, considerando os valores de 700 a 800 horas anuais de voo; totalizando o valor de jornada

máxima de 850 horas (Block-time) permitido pela legislação do aeronauta, e para cálculo no aplicativo CARI-6, e ao mesmo tempo considerando o Heliocentric Potential médio do período 2014 a 2015. Ruas (2017, p. 122) afirma que “a dose efetiva anual recebida pelo tripulante brasileiro é entre 1,83 e 2,81 mSv”.

Nota-se que a tendência é aumentar esses valores cada vez mais porque existe além do avanço da tecnologia aeronáutica (voos cada vez mais longos e altos) sendo um incremento na utilização de rotas polares.

Assim, pode-se perceber que os efeitos somáticos aparecem e, ao longo da vida, se tornam somáticos tornando a saúde debilitada, doenças crônicas, difíceis de serem recuperadas.

Federico (2009) apresentou um artigo sobre o Estudo da Dose Devida à Radiação Cósmica em Tripulações no Espaço Aéreo Brasileiro, afirma que: “A radiação cósmica na dose de radiação ionizante a qual tripulações e equipamentos estão sujeitos em voos comerciais e de grande altitude, requer cálculos e medições realizadas, principalmente, no hemisfério norte e no espaço aéreo brasileiro”. Isso demonstra que em algumas décadas, o problema do controle do nível de dose de radiação ionizante recebida pelos pilotos e tripulação de aeronaves e equipamentos passou a ser estudado com mais importância nas áreas de saúde ocupacional, proteção radiológica, radiobiologia e segurança de voo. Isso motivou estudos publicados na literatura especializada internacional, como Hajek (2004), Bartlett (2004), Sullivan (2002), Wilson (1998), Transporte Civil de Alta Velocidade (High Speed Civil Transport) (in: VIII Citraer/II RIDITA, 2009, São Paulo).

Assim como as autoridades da aviação civil, a americana FAA, canadense TCCA, investiram em pesquisas para estudar a incidência e intensidade dos eventos relacionados à radiação cósmica; esse estudo tinha por finalidade avaliar a exposição ocupacional de pilotos e da tripulação de aeronaves civis de longa duração. (Federico, et al, 2009).

Tanto Amilton Ruas quanto Claudio Antonio Federico apresentam o aumento das taxas de dose efetiva em função da altitude, calculadas por meio do programa CARI-6. Observa-se que o limite de dose anual, proposto por organismos internacionais para indivíduos é de 1 mSv (ICRP, 1991; IAEA, 1991), que acaba sendo ultrapassado por tripulações de aeronaves, que podem voar cerca de 600 a 800 horas por ano.

Para controlar a radioproteção das tripulações, a “International Commission on Radiological Protection” (ICRP) reconhece a necessidade de controlar a exposição do grupo crítico de profissionais de voo, pilotos e tripulações (ICRP, 1991) pois este grupo está exposto

a níveis de radiação comparados aos níveis médios de radiação recebidos por profissionais que trabalham com radiação nas áreas de medicina e tecnologia.

Segundo Federico (2009) “Uma diferença importante no caso do território brasileiro é que grande parte de sua área, costa sudeste, está sujeita aos efeitos de uma anomalia magnética de origem geológica, denominada Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS) (Lauriente, 1995 e Costa, 2004)”.

Essa anomalia modifica a forma com que as radiações cósmicas interagem com o campo geomagnético e com a atmosfera.

Esse assunto tem merecido um destaque cada vez maior na comunidade científica internacional.

É preciso lembrar que as tripulações brasileiras também efetuam voos internacionais e estão sujeitas a doses semelhantes às aquelas recebidas por pilotos e tripulações internacionais e, se faz cada vez mais necessários maiores estudos para avaliar as implicações que envolvem os controles adicionais sobre a dose recebida pelas tripulações.

Portanto, cabe a partir daqui, observar o posicionamento da categoria dos aeronautas perante as leis que tratam sobre a dose efetiva de radiação cósmica, nos pilotos e tripulantes brasileiros.

2 POSICIONAMENTO DA CATEGORIA DOS AERONÁUTAS PERANTE A LEI

Para compor esse capítulo buscou-se embasamento teórico em diversas legislações que caracterizam a ocupação dos aeronautas no Brasil.

A ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil, Lei número: 13.475 de 28 de agosto de 2017 dispõe sobre o exercício da profissão de tripulante de aeronave, denominado aeronauta; regula o exercício das profissões de piloto de aeronave, comissário de voo e mecânico de voo, denominados aeronautas. Para o desempenho dessas profissões o profissional deve obrigatoriamente ser detentor de licença e certificados emitidos pela autoridade de aviação brasileira. Esta Lei aplica-se também aos pilotos de aeronave, comissários de voo e mecânicos de voo brasileiros que exerçam as suas funções a bordo de aeronave estrangeira em virtude de contrato de trabalho regido pela legislação brasileira. O piloto de aeronave e o mecânico de voo, no exercício de função específica a bordo de aeronave, de acordo com as prerrogativas da licença de que são titulares, têm a designação de tripulante de voo, bem como o comissário de voo.

Pode-se então, afirmar que a tripulação é o conjunto de tripulantes de voo e de cabine que exercem função a bordo de aeronave.

Conhecendo-se os aspectos que caracterizam uma tripulação, pode-se observar a Seção III, da Lei número 13.475 de 28/08/2017 que dispões do Sistema de Gerenciamento de Risco de Fadiga Humana. Entende-se por Sistema de Gerenciamento de Risco de Fadiga Humana, as limitações operacionais que compreendem quaisquer prescrições temporais relativas aos tripulantes de voo e de cabine; no que tange a limites de voo, de pouso, de jornada de trabalho, de sobreaviso, de reserva e de períodos de repouso, bem como outros fatores que possam reduzir o estado de alerta da tripulação ou comprometer o seu desempenho operacional. O Sistema de Gerenciamento de Risco de Fadiga Humana é regulamentado pela autoridade de aviação civil com base nas normas e recomendações internacionais de aviação civil. A implantação e a atualização do Sistema de Gerenciamento de Risco e Fadiga Humana são acompanhadas pelo Sindicato da Categoria Profissional.

Ainda referente a Lei 13.475, Seção V – Dos Limites de Voos e de Pousos, a seguir:

- I- 8 (oito) horas de voo e 4 (quatro) pousos, na hipótese de integrante de tripulação mínima ou simples.
- II- 11 (onze) horas de voo e 5 (cinco) pousos, na hipótese de integrante de tripulação composta.

- III- 14 (quatorze) horas de voo e 4 (quatro) pousos, na hipótese de integrante de tripulação de revezamento.
- IV- 7 (sete) horas de voo sem limites de pousos, na hipótese de integrante de tripulação de helicópteros.

Esta Lei composta na Seção V está em plena vigência.

Com relação ao artigo 32 da Lei 13.475/2017, Seção V, aos tripulantes empregados nos serviços aéreos comerciais são assegurados os seguintes limites de horas de voo em uma mesma jornada de trabalho. EM VIGÊNCIA:

- V- 9 (nove) horas e 30 (trinta) minutos de voo, na hipótese de integrante de tripulação mínima ou simples.
- VI- 12 (doze) horas de voo, na hipótese de integrante de tripulação composta.
- VII- 16 (dezesesseis) horas de voo, na hipótese de integrante de tripulação de revezamento.
- VIII- 8 (oito) horas de voo, na hipótese de integrante de tripulação de helicóptero.

No artigo 33 da Lei acima citada, aos tripulantes são assegurados os seguintes limites mensais e anuais de horas de voo. EM VIGÊNCIA:

- I- 80 (oitenta) horas de voo por mês e 800 (oitocentas) horas por ano, em aviões a jato.
- II- 85 (oitenta e cinco) horas de voo por mês e 850 (oitocentos e cinquenta) horas por ano, em aviões a jato.
- III- 100 (cem) hora de voo por mês e 960 (novecentas e sessenta) horas por ano, em aviões turbo hélice.
- IV- 90 (noventa) horas de voo por mês e 930 (novecentos e trinta) horas por ano em helicópteros.

Realizado o levantamento de dados em razão das horas trabalhadas pelos tripulantes em diferentes classificações de voos, observa-se que o artigo 33 da Lei número 13.475, Seção V, assegura os limites mensais e anuais de horas de voo e nos itens I, II, III, nota-se que são voos ligados a maiores altitudes e latitudes e a tripulação exposta com mais frequência a radiação cósmica ionizante.

De acordo com o CNEN – 164/14 - órgão que oferece as Diretrizes e Bases de Proteção Radiológica, tem como objetivo estabelecer os requisitos básicos de proteção radiológica das pessoas em relação à exposição à radiação ionizante. Aplica Normas às práticas, incluindo todas as fontes associadas a essas práticas, bem como as intervenções. Os requisitos desta Norma se aplicam às exposições ocupacionais, exposições médias, exposições do público, em situações de exposições normais ou exposições potenciais. O manuseio, a produção, a posse e a utilização de fontes, assim como o transporte, o armazenamento e a deposição de materiais radioativos, abrangendo todas as atividades relacionadas que envolvam ou possam envolver exposição à radiação. Normatiza também a exposição ocupacional ou potencial de um indivíduo em decorrência de seu trabalho ou treinamento em

práticas autorizadas ou intervenções, excluindo-se a radiação natural do local. Também normatiza as questões relacionadas as Fontes Naturais que são fontes de radiação que ocorrem naturalmente, incluindo a radiação cósmica e terrestre.

Segundo a CNEN (2014, p. 7) “é controlada toda a prática de atividade humana que introduz fontes de exposição ou vias de exposições adicionais ou estende a exposição a mais pessoas, de forma a aumentar a probabilidade de radiação ionizante”.

A responsabilidade destas práticas e intervenções são dos empregadores que devem implantar, implementar e documentar um sistema de proteção radiológica, em consonância com a natureza e extensão dos riscos associados com as práticas e intervenções sob sua responsabilidade, em conformidade com esta NORMA e demais normas aplicáveis, estabelecidas pela CNEN.

2.1 CNEN E A RESOLUÇÃO 164/14 – LIMITES DE DOSES INDIVIDUAIS

Quanto à limitação de dose individual, segundo a CNEN- Resolução 164/14, p. 13 apresenta a figura 07 de referência conforme segue:

Figura 07 - Limites de dose individuais

Limites de doses Anuais (a)

Grandeza	Orgão	Indivíduo Ocupacionalmente exposto	Indivíduo do Público
Dose Efetiva	Corpo inteiro	20 m Sv (b)	1 m sv (c)
Dose Equivalente	Cristalino	20 m Sv (b) (alterado pela resolução CNEN 114/2011)	15 m Sv
	Pele (d)	500 m Sv	50 m Sv
	Mãos e Pés	500 m Sv	----

Fonte: CNEN (2014).

Em relação aos limites de doses anuais, de forma individual, verifica-se a necessidade de respeitar as formulas aplicadas para o controle da radiação cósmica.

- (a) Para fins de controle administrativo efetuado pela CNEN, o termo dose anual deve ser considerado como dose no ano calendário, isto é, no período decorrente de janeiro a dezembro de cada ano.
- (b) Média aritmética em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 Smv em qualquer ano.
- (c) Em circunstâncias especiais, a CNEN poderá autorizar um valor de dose efetiva de 5 mSv em um ano, desde que a dose efetiva média em um período de 5 anos consecutivos, não exceda a 1 mSv por ano.
- (d) Valor médio em 1cm² de área, na região mais irradiada.

Observou-se no capítulo anterior, as consequências das radiações ionizantes são preocupantes em relação à saúde de pilotos e tripulantes; notou-se que as doenças se tornam crônicas e são somatizadas ao longo da vida e, em mulheres grávidas existe um forte risco de deformações genéticas.

Segundo o CNEN (Resolução- 164/14, p. 13) “Para as mulheres grávidas ocupacionalmente expostas, suas tarefas devem ser controladas de maneira que seja improvável que, a partir da notificação da gravidez, o feto receba dose efetiva superior a 1 mSv, durante o resto do período de gestação”.

Neste capítulo propõe-se observar o posicionamento da categoria dos aeronautas perante a lei que trata de dose efetiva de radiação cósmica ionizante.

Nota-se que os órgãos SNA- Sindicato Nacional dos Aeronautas como a ABRAPAC- Associação Brasileira de Pilotos da Aviação Civil, obtiveram ao longo do tempo muitas conquistas para minimizar as implicações em torno da exposição ocupacional dos aeronautas mas, afirmam que ainda há muito por fazer.

Por sua vez, os laudos técnicos periciais demonstram e reconhecem a problemática existente em torno à exposição permanente ao agente nocivo de pressão atmosférica anormal.

A dose adicional de radiação cósmica que o tripulante geralmente recebe é de 2 a 5 mSv (SNA-Sindicato Nacional dos Aeronautas). Com o advento de diversos monitores de radiação nos últimos anos que gravam com precisão a dose de radiação ambiente equivalente, possibilitou que as tripulações ajam proativamente, no caso de alertas emitidos pelo NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).

Atualmente já se encontra no mercado monitores de bordo compactos e que medem a dose de radiação com mais precisão que os modelos matemáticos. E, sempre que possível, deve-se preferir o modelo de medir a radiação ao invés de estimá-la.

Segundo a ICRP, existem três princípios fundamentais quanto aos objetivos de proteção à radiação. São eles: justificativa, otimização e observação da dose limite.

A ANNEX 6,12 ICAO requer que todas as aeronaves que pretendam voar acima de 49.000 ft tenham a bordo o equipamento para medir e indicar continuamente a dose total de radiação cósmica que está sendo recebida e a dose acumulada em cada voo.

O anexo 6 em seu item 4.2.11.5 requer que o operador mantenha os registros dos voos acima de 49.000 ft para que a dose total de radiação cósmica recebida por cada tripulante, num período de 12 meses consecutivos possa ser determinada.

O assunto é bem complexo e pouco pesquisado no Brasil. O SNA - Sindicatos dos Aeronautas Brasileiros que representa a categoria tem o posicionamento constante de pesquisa sobre o assunto em comparação com as normas europeias. Tal proposta, tem a formação de um grupo de trabalho e a realização de um simpósio sobre o tema; analisa constantemente a documentação da IFALPA, ICAO, ICRP, FAA e as normas europeias, pois estão conscientes dos altos indicadores de exposição à radiação ionizante, cujo risco de problemas de saúde, a longo prazo, certamente existem, porém não estão ainda claramente quantificados.

Existem propostas para o monitoramento da saúde, grupos de trabalho e fórum que foi encaminhado ao SNA- Sindicato dos Aeronáutas Brasileiros; além disso, reformas da previdência, porém ainda se tem muito a fazer para minimizar tais condições.

Para tanto, o SNA - Sindicato dos Aeronautas Brasileiros convida todos os aeronautas a engajarem-se na pesquisa do tema para que se tenha um conhecimento amplo e claro sobre as implicações que envolvem a categoria quando se trata de exposição ocupacional diante da dose efetiva de radiação cósmica ionizante.

3 AJUSTES NAS LEIS E NORMAS NA AVIAÇÃO BRASILEIRA À RADIAÇÃO IONIZANTE

No decorrer deste capítulo serão descritos os ajustes necessários às leis e as normas na aviação brasileira frente à radiação cósmica ionizante.

Reconhece-se a problemática que envolve a questão da intensidade de radiação cósmica ionizante em relação à dose efetiva recebida pela exposição de tripulantes da aviação comercial.

Verificou-se a situação e percebeu-se que as principais autoridades de aviação civil, tais como a Americana FAA e a Canadense TCCA, investiram em pesquisa e desenvolvimento para o estudo da incidência e intensidade dos eventos relacionados à radiação ionizante, com a finalidade de avaliar a exposição ocupacional de tripulantes de aeronaves civis em voos de longa duração. Federico (2009, p.16).

Observou-se por meio de estudos e pesquisas que a média da dose efetiva recebida pelos tripulantes de aeronaves dos países da União Europeia, fica entre 1,2 e 2,6 mSv aproximadamente; como dose efetiva máxima, fica entre 1,8 e 7 mSv aproximadamente.

No Brasil, observou-se que a dose efetiva máxima recebida pelo tripulante brasileiro fica em torno de 1,83 e 2,81 mSv, aproximadamente.

Sabendo-se destas variações, consultou-se para fins de pesquisa o IPEN - (International Conference RADIO/2019), o qual publicou um estudo sobre a dose efetiva recebida pelos tripulantes de aeronaves e verificou-se a importância do uso de aplicativos para estimar a intensidade de radiação cósmica ionizante durante a exposição ocupacional. Considerou-se que é um método prático sendo o seu uso obrigatório em países da União Europeia; estimaram através do uso de parâmetros genéricos e basearam-se na média do número de horas de voo de cada tripulante e por meio de programas criados para realizar tal monitoramento. Alertaram para a medição com dosímetro a bordo a fim de obter maior precisão quanto ao valor da dose de radiação a qual os profissionais ficam expostos, propiciando ao mesmo tempo, uma leitura real e, o seu uso a bordo é recomendado pela ICAO (International Civil Aviation Organization) para todo o voo acima de 49.000ft.

Com relação ao Brasil, o tripulante brasileiro ainda não é reconhecido como indivíduo ocupacionalmente exposto à radiação (International Joint Conference RADIO, 2019), não sendo obrigado a realizar monitoramento da exposição do mesmo e, por isso, os dados referentes a essa exposição não podem ser mensurados.

A ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil até 2019 não apresentou uma publicação ou norma quanto ao monitoramento em questão. Pode-se citar que a ANAC está participando do Projeto ERISA (Efeitos das Radiações Ionizantes em Sistemas Aeronáuticos) cujo objetivo é estudar os efeitos das radiações ionizantes de origem cósmica sobre os sistemas eletrônicos embarcados em aeronaves.

Este projeto está sendo desenvolvido por pesquisadores do Instituto de Estudos Avançados (IEAv); do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA/COMAER); do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD); da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), entre outros órgãos.

Observa-se que poucos estudos se têm feito para criar leis, normas que possam minimizar as consequências da radiação ionizante que tanto abala a saúde de tripulantes expostos de uma forma constante.

3.1 APOIO E RESPALDO DO MINISTÉRIO DO TRABALHO AO TRABALHADOR OCUPACIONAL EXPOSTO À RADIAÇÃO CÓSMICA IONIZANTE

Busca-se um apoio e respaldo ao Ministério do Trabalho Brasileiro com a delegação contida no artigo 200, VI, da CLT (Consolidação das Leis do Trabalho), através da Portaria número 3.393, 17/12/1987, que dispõe sobre o adicional de periculosidade para os empregados em atividades e operações com radiações ionizantes ou substâncias radioativas.

Segundo OJ-SDI1-345, artigo que faz referência ao adicional de periculosidade Radiação Ionizante ou Substância Radioativa.

Devido a exposição do empregado à radiação ionizante ou à substância radioativa enseja a percepção do adicional de periculosidade, pois a regulamentação ministerial (Portarias do Ministério do Trabalho números 3.393, 17/12/1987 e 518, 07/04/2003) ao reputar perigosa atividade, reveste-se de plena eficácia, porquanto expedida por força de delegação legislativa contida no artigo 200, “caput”, e inciso VI, da CLT (Consolidação das Leis do Trabalho). No período de 12/02/2002 a 06/04/2003, enquanto vigeu a Portaria número 406 do Ministério do Trabalho, o empregado faz jus ao adicional de insalubridade.

Desta forma, a exposição ocupacional à radiação ionizante é a única atividade tratada na NR-15, norma que regulamenta as atividades consideradas insalubres.

Percebe-se que ainda hoje se necessita estudar com mais profundidade as leis e normas que podem dar apoio e respaldo aos tripulantes que são trabalhadores expostos, porém é importantíssimo o posicionamento dos órgãos responsáveis pelos estudos, pesquisas, para que estabeleçam parâmetros na criação dessas leis e normas para garantir saúde, segurança e bem estar.

Atualmente, o SNA (Sindicato Nacional dos Aeronautas), desde 09/10/2018, dispõe de um grupo de trabalho sobre as condições de exposição dos tripulantes brasileiros à radiação ionizante em altitude.

O resultado deste trabalho acima mencionado, terá um documento que será submetido à CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) e à ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), com o posicionamento técnico e científico do grupo de trabalho visando a adequação da estrutura regulatória para a proteção radiológica dos aeronautas.

Participam deste grupo o SNA (Sindicato Nacional dos Aeronautas), ASAGOL (Associação dos Aeronautas da GOL), ACR (Consultoria Aeronáutica), a ABEAR (Associação Brasileira de Empresas Aéreas), a IEAv (Air Lines Pilots Association), o DCTA (Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial), a CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear), a ANAC (Associação Nacional de Aviação Civil).

Os órgãos mencionados acima desenvolvem este trabalho em equipe e convidam os aeronautas a se manterem atentos ao andamento dos debates sobre a radiação ionizante, seus efeitos na saúde dos tripulantes e a necessidade de adequação da atual regulamentação.

Na atualidade, estes trabalhos foram apresentados em simpósios e discutidos o tema em referência. Por ora, aguardamos.

4 PRINCIPAIS RESULTADOS E DISCUSSÕES RECENTES

Esta pesquisa tem como proposta, conhecer e compreender a relação entre as melhores práticas internacionais sobre a exposição à radiações ionizantes e o atual estágio de evolução e desenvolvimento das regras brasileiras. Busca-se, também identificar as diferenças no que toca aos riscos a que estão expostos os aeronautas brasileiros devido à defasagem das normas ou até mesmo a ausência delas e, ainda, refletir o que ainda não é cumprido pela prática no país com relação a medidas e mitigação de impactos.

As implicações acima citadas são tratadas nesta pesquisa especificamente com o propósito de compreender as normas e regras com relação aos métodos de controle de doses de radiação ionizante recebida por tripulante, a fim de observar e analisar a necessidade de previsão de aposentadoria especial, ou qualquer tipo de benefício adicional, como periculosidade (em decorrência da exposição ionizante) e ao mesmo tempo, notar como se dá o posicionamento da categoria dos aeronautas perante a lei e em comparação a outras categorias também expostas a este tipo de radiação.

Nota-se que os fatores acima mencionados sugerem reajustes imprescindíveis com relação às leis e normas da aviação brasileira.

Durante a abordagem destas implicações, diversos cientistas e estudiosos mobilizaram-se ao longo dos anos com a finalidade de conhecer e compreender a problemática em questão. Buscando observar quais as providências podem ser tomadas com relação às adaptações das leis e normas que a aviação civil brasileira pode realizar para minimizar os impactos na saúde dos aeronautas pela exposição às radiações ionizantes para que consigam melhorar as práticas de controle e equipará-las aos métodos de controle indicados internacionalmente. Para tanto, tornou-se necessário conhecer os níveis internacionalmente aceitos com o intuito de trazer à realidade brasileira aos mesmos patamares.

Com o conhecimento, reflexão e análise pode-se reunir elementos para argumentar junto às companhias aéreas brasileiras a implementação desde métodos de medição, campanhas informativas, programas e benefícios até as políticas de escalas, constituindo programas mais aprimorados de proteção à saúde dos tripulantes.

Com a finalidade de demonstrar os danos à saúde de tripulantes, verifica-se que os raios cósmicos têm mais energia do que as fontes energéticas geradas pelo homem; o ser humano exposto corre o risco de desenvolver diferentes doenças tumorais, fadiga, surtos cerebrais, estresse profundo, entre outras doenças que, ao longo de sua vida, podem tornar-se crônicas devido ao tempo de exposição frequente, em razão de jornadas de trabalho altíssimas e voos longos em altas altitudes. Neste ambiente de trabalho agressivo para a saúde, pode ser comparado aos trabalhadores de minas de urânio.

Desta forma, observa-se os cálculos que são efetuados sobre a dose efetiva anual de radiação cósmica ionizante recebida por cada tripulante. Muitos aplicativos estão disponíveis para medir a dose efetiva e obter uma estimativa, como o documento “Comparison of codes assessing radiation exposure of aircraft crew due to galactic cosmic radiation (2012) Radiation Protection 173, da European Commission”.

Para efeito de análise e reflexão vê-se que no Brasil, o tripulante de aeronaves até 2017 não era reconhecido como ocupacionalmente exposto à radiação ionizante, tamanha a defasagem (ruas, 2017, p. 117). Logo, nota-se que a União Europeia está sempre mais a frente.

Porém, muitos tripulantes brasileiros de aeronaves, engajados em operações regulares, fazem o controle individual utilizando o aplicativo do FAA, Cari-6. Pode-se, então, indagar sobre qual a dose efetiva recebida ao longo da carreira destes tripulantes?

Como resposta, verifica-se que é alta, variando entre 2 a 5 mSv/ano para 600 horas de voo, valores que foram divulgados pela IFALPA e IATA. Observa-se que a tendência é aumentar esses valores devido à evolução tecnológica aeronáutica com voos cada vez mais longos e altos além de um incremento na utilização de rotas polares.

As autoridades da aviação civil como a americana FAA e a canadense TCCA investiram em pesquisas para estudar a incidência e intensidade dos eventos relacionados à radiação cósmica, com a finalidade de avaliar a exposição ocupacional de pilotos e da tripulação de aeronaves civis de longa duração.

No Brasil, tanto Amilton Ruas, quanto Cláudio A. Federico, apresentam trabalhos de pesquisas sobre o aumento das taxas de dose efetiva em função da altitude, calculadas por meio do programa Cari-6, observando-se que o limite de dose anual, proposto por organismos internacionais para indivíduos ocupacionalmente expostos é de 1 mSv (ICPR, 1991; IAEA, 1991) enquanto no Brasil esse limite é ultrapassado por tripulante em até 5 mSv/ano, calculando-se em torno de 600 a 800 horas por ano.

Tem-se que lembrar que as tripulações brasileiras também efetuam voos internacionais e estão sujeitas a doses semelhantes àquelas recebidas por pilotos e tripulações internacionais e, cada vez mais se fazem necessários estudos para avaliar as implicações que envolvem os controles adicionais sobre a dose efetiva recebida por cada elemento da tripulação.

Com os dados levantados até o momento, cabe observar o posicionamento da categoria dos aeronautas frente à problemática descrita, perante as leis e normas que tratam sobre a dose efetiva recebida de radiação ionizante pelos pilotos e tripulantes brasileiros.

A mobilização da classe por meio de entidades que a representam tem se intensificado com o recente processo de alteração da lei da aposentadoria especial (PLP 245/2019).

Em votação no senado desde novembro de 2019, para que seja incluso no texto a categoria dos aeronautas como trabalhadores ocupacionalmente expostos. Tal alteração deve proporcionar a estes assegurados condições especiais que vão desde adicionais por periculosidade até o direito de aposentadoria especial sem limite de idade mínima e nem o uso de fator previdenciário que reduza o valor total do benefício. Isso é melhor para o governo que não gastaria tanto dinheiro com muitos processos (SNA-Sindicato Nacional dos Aeronáutas, Boletim 01, abril/2014).

Quanto à ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), a Lei número 13.475 de 28 de agosto de 2017 dispôs sobre o exercício da profissão de tripulante de aeronave, regulou o exercício das profissões de piloto de aeronave, comissário de voo e mecânico de voo. Isso foi uma conquista pois, até então os agentes estavam à deriva das leis e normas; com o artigo 32 e 33 da Lei 13.475/2017, Seção V, foram assegurados limites de hora de voo em uma mesma jornada de trabalho, os limites mensais e anuais.

Observa-se que o CNEN (Resolução 164/14), o órgão que oferece as Diretrizes e Bases de Proteção Radiológica, estabeleceu os requisitos básicos de proteção radiológica das pessoas em relação à exposição à radiação ionizante. Normatizou a exposição ocupacional ou potencial de um indivíduo em decorrência de seu trabalho e, também normatizou as questões relacionadas às fontes naturais que são fontes de radiação que ocorrem naturalmente, incluindo a radiação cósmica terrestre.

Quanto à responsabilidade destas práticas acima mencionadas, é de responsabilidade dos empregadores no sentido de implantar, criar mecanismos de aplicação, bem como documentar um sistema de proteção radiológica, de acordo com a natureza e

extensão dos riscos associados com as normas aplicáveis e estabelecidas pela CNEN. Assim como, a limitação de doses anuais deve utilizar o ano calendário de janeiro a dezembro de cada ano; a média aritmética em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano e em circunstâncias especiais a CNEN autoriza um valor de dose efetiva em um ano, desde que a dose efetiva média em um período de 5 anos consecutivos, não exceda a 1mSv por ano.

Desta forma, nota-se que os órgãos como SNA (Sindicato Nacional dos Aeronautas bem como a ABRAPAC (Associação Brasileira de Pilotos da Aviação Civil), obtiveram, ao longo do tempo, algumas conquistas, mas o caminhar é lento e se tem muito por fazer.

Apesar das contribuições teóricas serem restritas no Brasil, vê-se que as iniciativas de pesquisa experimental são pontuais, destacando-se a atual do Projeto de Dosimetria de Radiação Ionizante no Espaço Aéreo Brasileiro (DRIEAB), coordenador pelo pesquisador Cláudio Antonio Federico, do Instituto de Estudos Avançados (IEAv), órgão ligado ao Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), as revistas teóricas do Comandante Amilton Ruas, o Grupo de Trabalho da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) que inclui representantes do Sindicato Nacional dos Aeronautas (SNA), da Associação Brasileira de Pilotos da Aviação Civil (ABRAPAC), da Associação dos Aeronautas da GOL (ASAGOL), da Associação de Tripulantes da LATAM Brasil (ATL), da Associação Brasileira das Empresas Aéreas (ABEAR), da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), da ACR-Consultoria.

Estas contribuições teóricas são importantes para verificar as possibilidades de proteção, garantir que as medidas de proteção viáveis sejam implementadas e praticadas objetivando a importância das leis, normas, regras e exigindo os seus cumprimentos.

Para tanto no Brasil, o IPEN (International Conference RADIO/2019) publicou um estudo sobre a dose efetiva recebida pelos tripulantes de aeronaves e verifica-se a importância do uso de aplicativos para estimar a intensidade de radiação cósmica ionizante recebida durante a exposição ocupacional. Considera-se um método prático, altamente usado e obrigatório nos países da União Europeia; alertaram para a mediação com aparelhos de dosímetro a bordo para obter maior precisão propiciando uma leitura real para todo o voo acima de 49.000ft sendo o seu uso recomendado pela ICAO (International Civil Aviation Organization).

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) está participando do Projeto ERISA (Efeitos das Radiações Ionizantes em Sistemas Aeronáuticos), com o objetivo de pesquisar os efeitos das radiações ionizantes de origem cósmica sobre os sistemas eletrônicos embarcados em aeronaves, mas até agora, nada definitivo porque comissões e simpósios estão sendo realizados para discutir com maior propriedade junto aos pesquisadores do Instituto de Estudos Avançados, Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial, Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Comissão Nacional de Energia Nuclear, entre outros órgãos.

Enquanto isto acontece a pequenos passos, busca-se apoio e respaldo ao Ministério de Trabalho Brasileiro com a delegação contida no artigo 200, Seção VI, da Consolidação das Leis Trabalhistas, através da portaria número 3.393, 17/12/1987 que dispôs do adicional de periculosidade garantindo direitos por ser considerado atividade insalubre.

Portanto, ainda hoje para conseguir respaldo legislativo e realizar o cumprimento das leis e normas aqui tão discutidas, sugere-se o posicionamento constante dos trabalhadores ocupacionalmente expostos para que se unam e sintam-se envolvidos e participantes de projetos.

CONCLUSÃO

Após pesquisas realizadas observou-se que algumas providências têm sido tomadas com relação às regras e leis da aviação civil brasileira no que diz respeito aos impactos da radiação cósmica ionizante na saúde dos tripulantes de aeronaves brasileiras.

Compreendeu-se melhor as relações entre as práticas internacionais sobre a exposição ocupacional de tripulantes podendo analisar e refletir com mais clareza, as defasagens de normas que, por muitas vezes, não são cumpridas no Brasil.

Sabe-se que as normas e regras com relação aos métodos de controle de doses de radiação cósmica principalmente, na União Europeia, possui um controle rígido obrigando manter a bordo um aparelho medidor de dose efetiva recebida por cada tripulante.

No Brasil, por intercessão de cientistas renomados, pesquisadores incansáveis que buscam por meio de suas pesquisas alertarem para a necessidade urgente de mudanças. Com seus trabalhos se uniram aos órgãos competentes e criaram projetos que estão sendo apresentados em fóruns e simpósios a fim de transformarem e adequarem os mesmos aos padrões e normas europeias.

Notou-se a real necessidade de considerar toda a tripulação como indivíduos expostos em função da atividade ocupacional que desempenham.

Percebeu-se a importância e a necessidade dos órgãos competentes assegurarem por delegação de decretos, os direitos trabalhistas à toda tripulação no tocante aos benefícios adicionais, como a periculosidade, em decorrência da exposição à radiação ionizante para, de certa forma, colaborar com a boa saúde e bem estar de todos bem como a aposentadoria compulsória sem limite de idade.

Com relação à saúde, percebeu-se que a ausência de controle tem como consequência o agravamento de doenças muitas vezes irreversíveis que, ao longo do tempo, se tornam crônicas por terem sido somatizadas.

Portanto, sabe-se que a dinâmica tecnológica é extremamente rápida, os ajustes são constantes e devem ser frequentes para novas adaptações; logo, a busca pelo conhecimento através de pesquisas devem ser agilizadas, discutidas e colocadas em prática o mais rápido possível para atender a demanda de toda a dinâmica.

Para tanto se faz necessário o engajamento de tripulantes, aeronautas que juntos ao seu sindicato possam unir forças para participarem das discussões com os demais órgãos

que fazem parte deste processo bem como, tomarem conhecimento das pesquisas e projetos que oferecem subsídios para justificar toda e qualquer adaptação e mudança.

Sendo assim, o processo para a tripulação manter o nível de saúde razoável é exigir que nas aeronaves tenham aparelhos a bordo que possam medir a dose efetiva de radiação cósmica recebida por cada tripulante.

REFERÊNCIAS

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>. Acessado em: 12 fev. 2020.

BRASIL. **Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986.** Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7565.htm>. Acessado em: 12 fev. 2020.

CNEN. **Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica – Resolução 164/14, 2014.** Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>>. Acessado em: 12 fev. 2020.

COPELAND, Kyle. **Occupational Exposure to Ionizing Radiation for Crews of Suborbital Spacecraft: Questions & Answers.** DOT/FAA/AM-13/23, 2013. Disponível em: <https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/2010s/media/201323.pdf>. Acessado em: 23 jan. 2020.

DUNCAN, John. **In-Flight Radiation Exposure.** DOT/FAA AC 120, 2014. Disponível em: <https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_120-61B.pdf>. Acessado em: 23 jan. 2020.

FEDERICO, Claudio Antonio et al. **Estudo da dose devida à radiação cósmica em tripulações no espaço aéreo brasileiro.** In: VIII SITRAER/II RIDITA, 2009, São Paulo. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Claudio_Federico/publication/266014075_ESTUDO_DA_DOSE_DEVIDA_A_RADIAO_COSMICA_EM_TRIPULACOES_NO_ESPACO_AEREO_BRASILEIRO/links/5519f15b0cf2f51a6fea2685/ESTUDO-DA-DOSE-DEVIDA-A-RADIAO-COSMICA-EM-TRIPULACOES-NO-ESPACO-AEREO-BRASILEIRO.pdf>. Acessado em: 23 jan. 2020.

FRIEDBERG, Wallace.; COPELAND, Kyle. **What Aircrews Should Know About Their Occupational Exposure to Ionizing Radiation.** DOT/FAA/AM-03/16, 2003. Disponível em: <https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/2000s/media/0316.pdf>. Acessado em 23 jan. 2020.

IAEA. **Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards.** IAEA International Atomic Energy Agency Safety Standards Series No. GSR

Part 3, Vienna, 2014. Disponível em: <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1578_web-57265295.pdf>. Acessado em: 23 jan. 2020.

ICAO. **Manual of Civil Aviation Medicine**. 3th Edition. 2012. Disponível em: <https://www.icao.int/publications/Documents/8984_cons_en.pdf>. Acessado em: 23 jan. 2020.

ICRP. **Radiological Protection from Cosmic Radiation in Aviation**. Annals of the ICRP, v. 45, n. 1., p. 1-48. 2016. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_45_1>. Acessado em: 23 jan. 2020.

IFALPA. **Protection from Ionizing Radiation – Position Paper**. 2018. Disponível em: <<https://www.ifalpa.org/media/2145/18pos02-protection-from-ionizing-radiation.pdf>>. Acessado em: 23 jan. 2020.

RUAS, Amilton Ruas. **O Tripulante de Aeronaves e a Radiação Ionizante**. São Paulo: Bianch, 2017.

SNA – **Sindicato Nacional dos Aeronautas**, 2014.