



UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AEROESPACIAIS

ROBERTA ROSAS PETROCINIO

Riscos do Uso do Raio Laser ao Poder Aeroespacial e à Segurança de Voo

Rio de Janeiro - RJ

2018

UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA
PRÓ-REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AEROESPACIAIS

ROBERTA ROSAS **PETROCINIO**, Cap QOMED OFT

Dissertação apresentada no Programa de Mestrado em Ciências Aeroespaciais da Universidade da Força Aérea para obtenção do título de mestre, sob a orientação do Prof. Dr. Humberto Lourenção.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da UNIFA

p497 Petrocínio, Roberta Rosas.

Riscos do uso do raio laser ao poder aeroespacial e à
segurança de voo / Roberta Rosas Petrocínio. – Rio de Janeiro:
Universidade da Força Aérea, 2018.
57 p.: il, enc.

Orientador: Humberto Lourenção.
Dissertação (mestrado) – Universidade da Força Aérea, Rio
de Janeiro, 2018.
Referências: f. 49 - 54.

1. Laser. 2. Acidentes Aeronáuticos. 3. Poder Aeroespacial. I.
Titulo. II. Lourenção, Humberto. III. Universidade da Força Aérea.

CDU: 351.814.2:681.7.069.24



UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AEROESPACIAIS

ROBERTA ROSAS PETROCINIO

**RISCOS DO USO DO RAIOS LASER AO PODER AEROESPACIAL E
À SEGURANÇA DE VOO**

Dissertação aprovada pelos membros da Banca Examinadora, no dia 18 de janeiro de 2018, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Aeroespaciais pela Universidade da Força Aérea.

Rio de Janeiro, 18 de janeiro de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. HUMBERTO JOSÉ LOURENÇO (CPF: 713.587.149-91) - UNIFA
Presidente da Banca Examinadora

Prof. Dr. NEWTON HIRATA (CPF: 878.550.119-00) - UNIFA

Prof.^a. Dr.^a. ADRIANA APARECIDA MARQUES (CPF: 186.232.198-13) – UFRJ

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que sempre está ao meu lado me guiando e me dando força em cada novo desafio, à minha amada família que sempre esteve ao meu lado me apoiando nas minhas escolhas e decisões, e ao meu orientador pela atenção dedicada e pela paciência em ouvir-me durante todo o período dessa pesquisa.

ΕΠΪΓΡΑΦΕ

And God said, "Let there be light". (Gênesis 1:3)

RESUMO

O objeto de estudo desse trabalho é o raio laser como uma ameaça na aviação, tanto na questão da segurança (*Security*), no contexto das novas ameaças como as armas de destruição em massa, o terrorismo global e o crime organizado transnacional, comprometendo o Poder Aeroespacial, assim como, na área de segurança de voo (*Safety*). Foi utilizado como base teórica o estudo das novas ameaças tais como descritas nas conceituações de guerras que têm sido desenvolvidas com a evolução do pensamento estratégico, e os danos biológicos do laser, especialmente nos olhos, em documentos internacionais sobre as ocorrências com o raio laser na aviação. Lasers de potências cada vez maiores vem sendo utilizados em vários países e suspeita-se da sua aquisição por grupos não estatais. Desde a sua criação em 1960 nos EUA, tem-se estudado os seus efeitos deletérios nos tecidos humanos, sobretudo nos olhos. Especificamente, as forças armadas norte americanas já haviam demonstrado grande preocupação a respeito do uso do laser contra os seus militares. A emissão do laser contra uma aeronave, dependendo da sua potência e da distância da fonte emissora, poderá causar lesões oculares de gravidade variável (cegueira temporária, hemorragia retiniana, escotomas, ofuscamento, turvação visual, distração e etc) as quais poderão contribuir para acidentes aeronáuticos e comprometer a missão de uma tripulação. Foi realizada a análise da incidência de ocorrências envolvendo o raio laser e aeronaves militares e civis no espaço aéreo brasileiro, entre 2012 e 2014, a partir das informações contidas nas fichas de notificação de raio laser do CENIPA, para demonstrar a potencialidade do laser não só para provocar acidentes aeronáuticos mas também para comprometer a missão da FAB prevista na Estratégia Nacional de Defesa (END). Em concordância com outros autores, não importa a origem do laser, no espaço aéreo será sempre considerado uma ameaça e nossos pilotos precisam estar preparados com a proteção ocular adequada, assim como preconiza o regulamento da Força Aérea Americana sobre o uso do *Laser Eye Protection* (LEP). O Brasil não tem um inimigo específico, mas é necessário estruturar o nosso potencial estratégico em torno de capacidades e prepara-se para a guerra.

Palavras-chaves: Laser, acidentes aeronáuticos, poder aeroespacial, lesões oculares.

ABSTRACT

The object of study is the laser as a threat in aviation, both in security, in the context of new threats with weapons of mass destruction, global terrorism and transnational organized crime, compromising the Aerospace Power, as well as in the flight safety. The theoretical framework used is the study of the new threats, as described in the concepts of war, that have been developed with the evolution of strategic thinking, and the biological damage of the laser, especially in the eyes, like the international documents about the occurrences with the laser in aviation. Increasingly high power lasers have been used in several countries and are suspected of being acquired by non-state groups. Since its creation in 1960 in the USA, its deleterious effects on human tissues have been studied, mostly in the eyes. Specifically, the US armed forces had already expressed great concern about the use of the laser against its military. The emission of the laser against an aircraft, depending on its power and the distance from the emitting source, can cause eye injuries of varying severity (temporary blindness, retinal hemorrhage, scotomas, glare, distraction, blurred vision and etc.) which may contribute to aeronautical accidents and compromise the mission. The analysis of the incidence of occurrences involving laser and military or civil aircrafts in Brazilian airspace between 2012 and 2014, based on the information contained in the laser notification sheets of CENIPA, was used to demonstrate the potentiality of the laser not only to cause aeronautical accidents, but also to compromise the FAB mission foreseen in the National Defense Strategy. In agreement with other authors, no matter the origin of the laser, in the airspace will always be considered a threat and our pilots need to be prepared with adequate eye protection, as the USAF regulation on the use of Laser Eye Protection (LEP). Brazil does not have a specific enemy, but it is necessary to structure our strategic potential around capabilities and be prepared for the war.

Keywords: Laser, aeronautical accidents, aerospace power, laser eye injuries.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Luz refletida por espelho utilizado pelos gregos	14
Figura 2 - Espectro eletromagnético	15
Figura 3 - Absorção da radiação óptica pelas estruturas oculares.....	28
Figura 4 - Variação dos efeitos biológicos dos raios lasers.....	29
Figura 5 - Notificações de iluminações com laser à FAA por ano	34
Figura 6 - Gráfico de Ocorrências por estado ano 2012.	35
Figura 7 - Gráfico de Ocorrências por estado ano 2013	35
Figura 8 - Gráfico de Ocorrências por estado ano 2014	35
Figura 9 - Ocorrências por aeródromo de 2012 a 2014	36
Figura 10 - Ocorrências por aeródromo ano 2012	36
Figura 11 - Ocorrências por aeródromo ano 2013	37
Figura 12 - Ocorrências por aeródromo ano 2014	37
Figura 13 - Ocorrências por tipo de operador.....	38
Figura 14 - Ocorrências por ano.....	39
Figura 15 - Ocorrências por cor de laser	39
Figura 16 - Ocorrências por horário	40
Figura 17 - Ocorrências por fase do voo	41
Figura 18 - Quantidade de fontes emisoras por ocorrência.....	41
Figura 19 - Intencionalidade da fonte emissora.....	42
Figura 20 - Tipos de consequências visuais	42
Figura 21 - Zonas de proteção do espaço aéreo ao redor de um aeroporto	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Descrição das classes do laser conforme AFI 48-139 30

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AFI - *Air Force Instruction*

ALEP - *Aircrew Laser Eye Protection*

ANAC - Agência Nacional da Aviação Civil

ANSI - *American National Standards Institute*

CENIPA - Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos

COMGAP - Comando Geral de Apoio

END - Estratégia Nacional de Defesa

EPI - Equipamentos de Proteção Individual

EUA - Estados Unidos da América

FAA - *Federal Aviation Administration*

FAB - Força Aérea Brasileira

FBI - *Federal Bureau of Investigation*

ICAO - *International Civil Aviation Organization*

LASER - *Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation*

LIA - *Laser Institute of America*

PND - Política Nacional de Defesa

RBAC - Regulamento Brasileiro da Aviação Civil

SARPs - *Standards or Recommended Practices*

SIPAER - Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos

USAF - *United States Air Force*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	08
1 O USO DO RAIOS LASER NO CONTEXTO DAS NOVAS AMEAÇAS	10
1.1 Guerra de Quarta Geração (<i>Fourth Generation Warfare - 4GW</i>)	13
1.2 Terrorismo	16
1.3 Efeitos Biológicos dos Raios Lasers	20
1.4 O Poder Aeroespacial e a Segurança de Voo sob a Ameaça do Laser	25
2 RESULTADOS: A incidência de raios lasers em aeronaves brasileiras.	34
3 DISCUSSÃO	43
4 CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	49
GLOSSÁRIO	55
APÊNDICE A	56

Introdução

O presente estudo tem por objeto o uso do raio laser sob a perspectiva de seu potencial uso ofensivo por parte de forças subnacionais contra a segurança (*Security*), no contexto do estudo estratégico de novas ameaças, comprometendo o poder aeroespacial, e paralelamente atentando contra a segurança de voo (*Safety*). Aqui se considera que o raio laser pode ser usado como uma arma, tanto por grupos de criminosos organizados, como por grupos terroristas ou até por grupos insurgentes, agindo tanto dentro como fora das fronteiras nacionais. Assim, o uso de ponteiros a lasers, facilmente acessíveis ao cidadão comum, pode tanto comprometer a segurança de voo como o próprio poder aeroespacial, notadamente quando utilizado contra aeronaves militares.

Tem-se como base teórica para análise e discussão o estudo das denominadas novas ameaças, tais como descritas nas conceituações de guerras que têm sido desenvolvidas com a evolução do pensamento estratégico, sendo as principais: guerras pós-modernas, guerra omnidimensional, guerra irrestrita, guerra de quarta geração (*Fourth Generation Warfare - 4GW*) e guerra assimétrica¹. No período que se seguiu após a Segunda Guerra Mundial, durante a Guerra Fria, ocorreu um notável aumento das guerras assimétricas e das ações terroristas. Grandes potências passaram a patrocinar forças irregulares locais, o que era menos oneroso e as poupou de críticas junto à opinião pública e de desgaste político (VISACRO, 2009).

A perda estatal do monopólio da guerra, trazendo em seu bojo novas ameaças à segurança internacional, compreende a mudança mais radical dentre as que vêm ocorrendo desde a Paz de Westphalia e serve para conceituar as denominadas guerras pós-modernas, guerras irregulares ou guerras de quarta geração (LIND, 1989). Nestas guerras, as Forças Armadas (FFAA) passam a combater oponentes não estatais tais como a al-Qaeda, o Hamas, a Hezbollah, as Forças Armadas Revolucionárias da Colômbia (FARC), o Estado Islâmico, etc., que não seguem as

¹ Uma descrição pormenorizada da evolução do pensamento estratégico sobre o estudo das guerras encontra-se em LOURENÇÃO, Humberto J; CORDEIRO, Luís Eduardo P. C. "Análise do Emprego da Força Militar pelos EUA no Período Pós-Guerra Fria à Luz dos Conceitos de Guerras Pós-Modernas". **Revista da Escola de Guerra Naval**. ISSN: 1809-3191. Vol. 22, nº 3, set./dez., 2016. p. 643-656.

convenções de Haia² e Genebra e cujos combatentes apresentam poucas diferenças entre civis e soldados. A guerra pós-moderna volta a um mundo de choque entre culturas, pré-westphaliano, e não meramente de países em conflito; assim, a invasão de imigrantes pode ser tão securitizada quanto a invasão de um exército inimigo, fazendo prevalecer os conflitos de baixa intensidade.

Nesta perspectiva o estudo, além da argumentação teórica, baseada nas propriedades físicas do laser e sua capacidade de infringir danos à visão das vítimas, faz também um levantamento da incidência de ocorrências envolvendo o raio laser e aeronaves militares e civis no espaço aéreo brasileiro, entre 2012 e 2014, a partir das informações contidas nas fichas de notificação de raio laser do CENIPA, para demonstrar a potencialidade do laser não só para provocar acidentes aéreos mas também para comprometer a missão da FAB prevista na Estratégia Nacional de Defesa (END) (BRASIL, 2012).

Para tanto foi realizada uma pesquisa documental sobre o tema, de natureza exploratória, tendo como base as informações contidas nas fichas de notificação do CENIPA, preenchidas em 2012, 2013 e 2014, totalizando 4.877 ocorrências. Nessas fichas constam informações pessoais do relator da ocorrência; informações sobre a aeronave e localidade da ocorrência; fase do voo; cor do laser, quantidade de feixes e direção; intencionalidade da fonte emissora e consequências para a acuidade visual do piloto (distração, formação de imagens falsas, ofuscamento, cegueira temporária, queimadura da retina e hemorragia na retina). Os registros das ocorrências de iluminação de aeronaves com o laser no Brasil são feitos de forma voluntária no site do CENIPA. Ao preencher uma ficha de ocorrência no site do CENIPA as informações são armazenadas automaticamente. As fichas de notificações são compiladas pelo CENIPA em uma planilha eletrônica (formato Microsoft Excel), a que tivemos acesso.

² As convenções de Haia, de 1899 e 1907, e de Genebra, de 1949, fundamentam o Direito Humanitário Internacional, juntamente com outras convenções e tratados, e são distinguidas respectivamente pelos chamados Direitos de Haia e Genebra. O Direito de Haia é constituído do direito à guerra (*ad jus bello*) porém com limitações às ações dos combatentes (*jus in bello*). O Direito de Genebra também limita a conduta dos combatentes, porém com objetivo de proteção das vítimas da guerra (civis ou militares fora de combate). **Revista Eletrônica do Curso de Direito - PUC Minas Serro**. ISSN: 2176-977X . Nº 9, jan./jun., 2014.

A liberdade tática de atuação das forças irregulares, a sofisticação crescente destes grupos, combinada com a disseminação da tecnologia moderna, trouxe uma nova era no terrorismo e assassinato em massa, através do laser e de armas químicas, biológicas ou nucleares (KAPLAN; MARSHALL, 2006). O estudo das consequências do uso do laser no espaço aéreo brasileiro para fins de segurança de voo e manutenção do poder aeroespacial, poderá servir para estimular reflexões futuras quanto às formas de proteção contra os efeitos do laser.

Assim, a relevância deste estudo também se assenta na importância de que autoridades do Comando da Aeronáutica conheçam o panorama atual da situação das ocorrências com o raio laser no Brasil; e, mais que isso, o risco a que estão expostos os aeronavegantes, sobretudo pilotos, e atentar para a necessidade de preparação quando da sua utilização de forma mais ofensiva e com maior potência, dentro ou fora do território nacional.

A presente dissertação discorre sobre os riscos do raio laser ao poder aeroespacial e à segurança de voo em quatro capítulos intitulados respectivamente: O Uso do Raio Laser no Contexto das Novas Ameaças; Resultados: a incidência de raios laser sobre aeronaves brasileiras; Discussão; e Conclusão. O primeiro capítulo apresenta a fundamentação e o embasamento teórico da dissertação, onde estão incluídos os seguintes tópicos: Guerra de Quarta Geração (*Fourth Generation Warfare* - 4GW), Terrorismo, Efeitos Biológicos dos Raios Lasers, O Poder Aeroespacial e a Segurança de Voo sob a Ameaça do Laser. Tais tópicos se correlacionam intimamente na abordagem que é feita a respeito do Laser - uma ameaça no espaço aéreo brasileiro.

1 O Uso do Raio Laser no Contexto das Novas Ameaças

A ideia do uso da luz como instrumento de ataque pode ser remetida ao tempo de Hipócrates, quando comandante dos barcos a velas das Forças Gregas em 212 d.C. Suas tropas, supostamente, colocaram fogo nas velas dos navios romanos a partir da luz do sol refletida por espelhos (OLSON, 2012). (Figura 1)

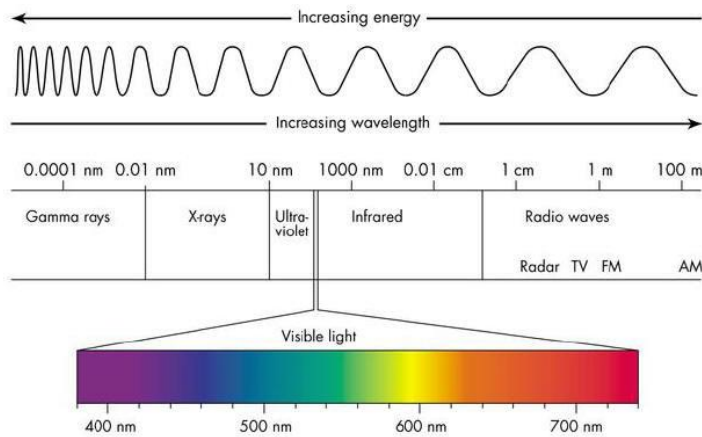
Figura 1 - Luz refletida por espelho utilizado pelos gregos. (Olson, p.26, 2012)



Atualmente, um dos usos da luz como instrumento de ataque pode ser feito pelo laser. A palavra LASER é o acrograma de *Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation*, que significa “amplificação da luz por emissão estimulada de radiação”. O primeiro laser foi criado em 16 de maio de 1960 pelo cientista americano Theodore Harold Maiman a partir de uma barra de rubí sintético. A invenção do laser foi um destaque especial no livro da famosa revista Nature, *A Century of Nature: Twenty-one discoveries that changed science and the world*, e o seu desenvolvimento e aplicação industrial estão entre as mais importantes contribuições científicas do século XX (ICAO, 2003; RAWICZ; HOLONYAK JR, 2014).

O espectro eletromagnético (Figura 2) é composto por todos os tipos de energia eletromagnética como ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta e raios gama. Essa classificação é determinada pelo comprimento de onda de cada tipo de energia eletromagnética. O laser geralmente é infravermelho, com comprimento de onda de 1 mm a 750 nm, enquanto o espectro de luz visível varia de 750 nm a 400 nm. A difração de uma onda eletromagnética depende do seu comprimento de onda e do tamanho da abertura. Considerando a mesma abertura, os lasers difratam 10.000 vezes menos que as micro-ondas e isso permite que seu feixe tenha longo alcance enquanto mantém um pequeno ponto de energia concentrado em seu alvo (OLSON, 2012).

Figura 2 - Espectro eletromagnético. (<http://www.astro.wisc.edu/~kerry/index.html>)



A diferença entre a luz do laser e a luz de uma lâmpada é a coerência espacial e temporal. Em uma lâmpada a luz emite fótons igualmente em todas as direções. A luz é aleatória, fora de fase e com múltiplos comprimentos de onda. O laser emite uma luz coerente, isto é, os fótons viajam em uma mesma direção e fase. O laser é monocromático e consequentemente possui apenas um comprimento de onda. Outra diferença importante é que a luz do laser é colimada o que significa que o feixe do laser viaja a longas distâncias com mínima dispersão (OLSON, 2012).

Em função das suas propriedades, um feixe de laser incidindo sobre um objeto pode ter parte da sua energia absorvida e aumentar a temperatura da superfície e/ou o interior deste objeto, potencialmente, causando uma alteração ou deformação do material. Este efeito térmico pode ser lesivo para os tecidos do corpo humano de acordo com o comprimento de onda e a potência do laser. Geralmente, os olhos são mais vulneráveis às lesões pela radiação do laser que a própria pele (FAA, 2006; NAKAGAWARA, 2008).

Exposições rápidas a lasers de baixa radiação normalmente resultam em um comprometimento visual temporário. A severidade e duração deste comprometimento dependerão do comprimento de onda do laser, do estado de adaptação do indivíduo ao claro ou ao escuro, se houve uso de medicações fotossensibilizantes e da cor do olho (FAA, 2006; NAKAGAWARA, 2008).

O avanço tecnológico possibilitou a criação de laser com diferentes potências e a sua aplicação foi diversificada em vários segmentos, como nas áreas de defesa, indústria privada, medicina e pesquisa (FAA, 2003). A preocupação com os possíveis

danos causados pelo raio laser vem desde os primeiros anos após a sua criação quando este recurso era utilizado somente por grandes instituições, dando-se início aos esboços dos primeiros documentos de padronização e classificação do laser. Nos EUA, entre 1962 e 1963, foram desenvolvidos os primeiros limites de segurança para o laser no que concerne ao seu uso no meio militar (KING, 2013). No final da década de 60, organizações civis norte-americanas começaram a se pronunciar quanto a necessidade de limites de exposição ao laser e o Departamento de Trabalho norte-americano solicitou ao *The American National Standards Institute* (ANSI) providências a respeito desse assunto. Em 1973 o ANSI emitiu a norma ANSI Z136.1 sobre a classificação do laser quanto ao seu potencial para causar dano biológico.

Lasers são utilizados em ambientes externos para diversas finalidades como em shows e cassinos para atrair e entreter o público em geral; para pesquisas em astronomia e em sistemas de defesa para mirar, perseguir e destruir alvos militares. Com o tempo, os lasers se tornaram menos caros e mais acessíveis, passando a ser encontrados nas miras de armas de mão e rifles, nas ponteiras a laser para realçar áreas de uma apresentação e até mesmo com potências maiores, do tipo industrial, à disposição no mercado comercial (FAA, 2003).

Quando não utilizado de maneira responsável, o laser pode ser perigoso e inspira preocupação especialmente em relação ao seu uso no espaço aéreo. Na década de 1990, ocorreram vários casos de iluminação de aeronaves e tripulantes civis e militares por lasers, assim como, de atletas em competições e de carros em rodovias (FAA, 2001).

Com o espírito de lições aprendidas dos trágicos eventos do 11 de setembro de 2001, o *Federal Bureau of Investigation* (FBI) publicou no seu periódico *FBI Law Enforcement Bulletin*, v. 77, n. 4, 2008, três artigos sobre a ameaça do laser oriundo da aplicação negligente ou criminal de dispositivos ou armas a laser que podem perturbar a visão humana e potencialmente causar danos oculares a curto e longo prazos (FBI, 2008).

Especificamente na área militar, o raio laser pode representar um fator crítico para o êxito das missões. Qualquer laser que possa atingir militares no exercício de suas funções, seja no ar ou na terra, independente de sua potência, deve ser considerado uma possível ameaça. Para a aviação esta ameaça é maior ainda, visto

que uma perturbação visual causada pelo laser em um soldado de infantaria pode comprometer sua capacidade de lutar enquanto que em um piloto pode levar a um acidente aeronáutico, ceifando as vidas de diversas pessoas (HARRIS, 2003).

Dispositivos e armas a laser podem causar efeitos disruptivos (interrupção da visão) ou destrutivos em seus alvos. Lasers de baixa energia são os que apresentam efeitos disruptivos enquanto os de maior energia são destrutivos, podendo de fato causar danos teciduais no olho, uma vez que possuem a capacidade de queimar objetos de baixa densidade. Os lasers fracos como os oriundos de ponteiros a laser, são tipicamente efetivos para fins de interrupção da visão noturna enquanto lasers mais fortes afetam igualmente a visão no período diurno ou noturno do voo. Independente do tipo de laser, ele pode ser utilizado por criminosos, combatentes paramilitares e terroristas (FBI, 2008).

O perigo dessa ameaça aumenta substancialmente quando os alvos desses lasers se tornam aeronaves civis e privadas, de transporte de carga e ações policiais. A perda da visão e de referências visuais pode resultar em eventos catastróficos e causar ferimentos e perdas de vidas tanto da tripulação quanto de passageiros, assim como pôr em perigo as pessoas que estão no solo (FBI, 2008).

Em 1995, a seita terrorista japonesa "Verdade Suprema" ou Aum Shinrikyo, conhecida pelo ataque com gás no metrô de Tóquio em 1995, tentou adquirir e construir armas de destruição em massa, incluindo o laser. A seita teria comprado um laser verde de \$ 400.000 dólares com o objetivo de causar cegueira em massa (CLINEHENS, 2000).

1.1 Guerra de Quarta Geração (*Fourth Generation Warfare - 4GW*)

A Guerra é um fenômeno ancestral e a história tem mostrado que a sua motivação (a inveja, o ódio, a arrogância, a ganância) é a mesma independente dos atores que a conduzem: tribos, mercenários ao serviço da coroa, Cidades-Estado, Estados e grupos terroristas. A guerra representa um conflito de ideias e se caracteriza pelo contexto político-social, econômico, geográfico, geopolítico, religioso, cultural e histórico. A natureza da guerra é perene, isto é, constante, mudando apenas de carácter de acordo com transformações que se verificam na forma de combater, por

quem se combate ou quem combate. Essas transformações por sua vez ocorrem por alterações relevantes da organização político-social, dos meios para atingir os fins, de tecnologias aplicadas e da organização e tática das forças armadas (BARATA; PIEDADE, 2014).

Não obstante seu surgimento ocorrer na segunda metade do século XX, quando houve a junção de ogivas nucleares com mísseis balísticos intercontinentais, viabilizados pela revolução computacional - cujo emprego poderia diminuir drasticamente o tempo de guerra - a denominada Revolução nos Assuntos Militares (RAM) não se restringe à evolução tecnológica de armamentos e equipamentos militares, nem ao modo como são empregados (KAGAN, 2006). Constituindo-se um fenômeno complexo, a RAM possui quatro dimensões: tecnológica, organizacional, conceitual e doutrinária. Novos equipamentos demandando novas organizações militares para combater novas ameaças, em um ciclo constante de interdeterminação crescente, têm gerado novas abordagens estratégicas, que constituem a dimensão conceitual da RAM (CORREIA, 2010). As denominadas novas ameaças, presentes na RAM em curso são: terrorismo global, armas de destruição em massa e crime organizado transnacional. Seu combate daria origem a guerras sob um novo paradigma, denominadas pós-modernas ou de quarta geração, nas quais Estados se digladiam contra atores não estatais, caracterizando conflitos assimétricos.

O conceito de 4GW foi desenvolvido na abordagem de Lind (1989), predominantemente em nível tático e, complementarmente, em nível operacional. Ela descreve quatro gerações de guerra cuja sucessão se inicia com a Paz de Westphalia de 1648, obtida pelo tratado que findou a Guerra dos Trinta Anos, a partir do qual o Estado estabeleceu o monopólio da guerra.

Segundo essa abordagem, a primeira geração da guerra moderna, guerra de linha e coluna (*line-and-column*), em que o campo de batalha era ordenado e formal, durou, aproximadamente, entre 1648 e 1860, atingindo seu ápice nas guerras napoleônicas. As guerras da primeira geração caracterizaram-se por serem empreendidas por exércitos nacionais conscritos, contrariamente ao que sucedera no período anterior, quando as guerras eram conduzidas por nobres e mercenários mais ou menos fiéis à coroa, em função da quantidade de ouro recebido em troca. A primeira geração criou uma cultura militar de ordem, porém, em meados do século

XIX, o campo de batalha começou a se desordenar, dado que as táticas de linha e coluna, que pressupunham exércitos concentrados, tornaram-se obsoletas. Dessa forma, a cultura da ordem foi ficando cada vez mais incoerente (LIND, 1989).

A guerra de segunda geração foi desenvolvida por ocasião da Primeira Guerra Mundial, quando a utilização da artilharia rapidamente tornou a tática de linha-coluna obsoleta e o campo de batalha tornou-se desordenado. Nela, cuja doutrina resumida pelos franceses era "a artilharia conquista, a infantaria ocupa", o poder de fogo era cuidadosamente sincronizado entre carros de combate e artilharia em uma batalha conduzida, onde o comandante agia como um maestro. Preservando a cultura da ordem, o enfoque era voltado para dentro, sobre regras, processos e procedimentos, em que a obediência era mais importante do que a iniciativa (LIND, 1989). Ainda hoje essa doutrina está presente no Exército e no Corpo de Fuzileiros Navais dos EUA, como se pôde observar nas guerras no Afeganistão e no Iraque, porém com a aviação substituindo a artilharia como fonte de poder de fogo.

A terceira geração se manifestou soberbamente a partir da II Guerra Mundial, com o desenvolvimento da doutrina Blitzkrieg (guerra-relâmpago) do Exército Alemão, que ficou conhecida também como guerra de manobra, baseada na velocidade e surpresa, ao invés do poder de fogo, cujo objetivo não é mais se aproximar e destruir fisicamente e sim colapsar ou anular as forças inimigas, sob o lema: *bypass and collapse instead of close in and destroy* (LIND, 1989). Ela também se caracteriza pelo emprego da guerra psicológica e por táticas de infiltração na retaguarda do inimigo por seus flancos débeis. O princípio do blitzkrieg foi usado pelos Estados Unidos para alcançar uma rápida vitória sobre o Iraque na Guerra do Golfo de 1991. Além do aspecto tático, a guerra de terceira geração também trouxe questionamentos nos valores de disciplina e hierarquia militar; nesse modelo, a iniciativa passou a ser mais importante do que a obediência, bem como a autodisciplina (endógena) frente à disciplina imposta (exógena).

A quarta geração de guerra compreende as mudanças mais radicais desde a Paz de Westphalia. Na guerra de Quarta Geração, o Estado perde o monopólio sobre a guerra e suas Forças Armadas passa a combater oponentes não estatais tais como a al-Qaeda, o Hamas, a Hezbollah, as Forças Armadas Revolucionárias da Colômbia (FARC), o Estado Islâmico, etc., que não seguem as convenções de Genebra. A

guerra de quarta geração volta a um mundo de culturas, pré-westphaliano, não meramente de países em conflito; assim, a invasão de imigrantes pode ser tão perigosa quanto a invasão de um exército inimigo (LIND, 1989). Corroborando o conceito de 4GW, Van Creveld (1991), afirma que a guerra evoluiu até o ponto em que a teoria de Clausewitz (1996) se tornou obsoleta. Para ele, no futuro, os sistemas convencionais de combate se extinguirão e as guerras se converterão em conflitos de baixa intensidade.

Ainda sobre denominações em relação às mudanças sobre a forma de guerrear, pode-se classificar a guerra em: 1) Guerra convencional ou regular: travada entre exércitos e com Estados organizados além de uma clara separação entre soldados e civis; 2) Guerra de destruição em massa: uma grande ameaça após a Guerra Fria. Apesar de improvável, seu elemento nuclear motivou novas estratégias e outros tipos de guerra; 3) Guerra irregular: não mais entre Estados; foi substituindo as guerras convencionais; não há um campo de batalha definido nem diferença entre civis e soldados. 4) Guerra Assimétrica: passa a ser definida como uma guerra irregular de limites que transcendem o território nacional. As guerras irregulares e assimétricas passam a caracterizar a guerra de quarta geração ou “Guerra além dos limites”, designação oriental dos autores chineses Liang e Xiangsui, onde os meios empregados transcendem as atividades militares para se chegar à vitória (RUIVO, 2014).

Sob a ótica do neo-realismo, o conceito de Guerra Irrestrita também ressalta a ação de atores não estatais como potencialmente ameaçadores à soberania estatal: empresas transnacionais, hackers e crackers, investidores globais podem ameaçar a segurança de um Estado, tanto ou até mais que a ação de combatentes explícitos. Por exemplo, a Revolução de Jasmim na Tunísia, iniciada pela auto-imolação de um jovem transmitida e multiplicada pelas redes sociais, mostrou como ações de um indivíduo apoiado por organismos não-estatais podem influenciar a condução política de toda uma Nação (LEÃO, 2013).

Exemplo emblemático de 4GW, a guerra antiterrorista, na dimensão que tomou após os ataques terroristas de onze de setembro de 2001, define como eixo estratégico a guerra contra um inimigo universal invisível e diluído por todo o planeta, tanto dentro como fora das fronteiras do Estado. Nela já não existem as grandes

unidades de combate da ação militar clássica: pelotões, batalhões, brigadas, esquadrões, grupamentos, etc. Em vez delas, o combate é baseado em pequenos grupos de operações especiais e um campo de batalha disperso e não linear, em conflitos prolongados e de baixa intensidade. Nas guerras de quarta geração, enfrentando atores sub-estatais, o Estado não consegue usufruir de sua superioridade bélica, e encontra fortes dificuldades na imposição de uma derrota (ANDERSON, 2013).

A chamada "Revolução das Armas" invariavelmente precede a Revolução dos Assuntos Militares. Uma infinidade de novas e avançadas armas tecnológicas continuaram a surgir, de modo que as armas se tornaram solenemente o principal representante da guerra. Quando as pessoas discutem a guerra futura, já estão bastante acostumados a usar certas armas ou certas tecnologias para descrevê-la, chamando-a de "guerra eletrônica", "guerra de armas de precisão" e "guerra de informação" (LIANG & XIANGSUI, 1999).

Para Liang e Xiangsui a guerra cibernética será a guerra do futuro. Nesse contexto, a exploração das redes de computadores torna-se não só uma forma de obtenção de vantagens, mas também na esfera militar, de exploração dos sistemas de informação computadorizados com fins de obtenção de superioridade no teatro de operações. Entre as definições de guerra cibernética ou ciberguerra, a mais clara e concisa é a de Parks e Duggan em que a guerra cibernética seria um subconjunto da guerra de informação que envolve ações realizadas no mundo cibernético (RUIVO, 2014).

As novas ameaças à defesa e aos interesses dos Estados Nacionais militarmente poderosos têm ocorrido na forma de guerrilhas urbanas e ações terroristas promovidas por atores sub-estatais ideologicamente motivados, para quem as tradicionais regras do direito internacional e dos tratados internacionais são sistematicamente desrespeitadas, por serem vistas como imposição de Estados poderosos. Para o combate dessas novas ameaças se faz necessário o uso de um "coquetel de estilos" por parte do Estado nacional, uma miríade de modalidades de emprego baseada em diversas metodologias de guerra, escolhendo e combinando as melhores aplicáveis a cada situação. Tal coquetel inclui várias frentes de combate, tais como: medidas comerciais (barreiras comerciais), financeiras, contra-terroristas,

mediáticas, tecnológica (obtendo hegemonia em tecnologias sensíveis), legais (influência em fóruns internacionais), etc (LIANG & XIANGSUI, 1999).

O novo conceito de armas se refere às armas que transcendem o domínio das armas tradicionais, que podem ser controladas e manipuladas a nível técnico e que são capazes de infligir mortes materiais ou psicológicas a um inimigo. No novo conceito de armas, essas armas ainda são armas em sentido estrito. Isso porque o novo conceito de armas é uma visão de armas no sentido amplo, que vê como armas todos os meios que transcendem o domínio militar, mas que ainda podem ser usados em operações de combate. Em seus olhos, tudo o que pode beneficiar a humanidade também pode prejudicá-lo. Isto quer dizer que não há nada no mundo de hoje que não possa se tornar uma arma, e isso requer que nossa compreensão das armas tenha uma consciência que atravesse todos os limites (LIANG & XIANGSUI, 1999).

Nesse cenário as estratégias estatais de segurança devem compreender esse novo mundo onde corporações, governos e organizações não-governamentais estão cada vez mais interligados e, conseqüentemente, mais suscetíveis a ações uns dos outros. Assim, as bases da defesa nacional devem estar assentadas não somente nas suas forças militares, mas também nos demais agentes influenciadores da política interna e externa, de maneira que a defesa e o ataque possam ser feitos de múltiplas maneiras. Nessa visão, conforme o contexto da ameaça, o uso da força militar pode trazer mais problemas que soluções, particularmente quando a batalha incorpora valores culturais, sendo veiculada primeiramente na internet e, depois, por outros meios de comunicação (LIANG & XIANGSUI, 1999).

O avanço tecnológico permitiu a criação de armas (armas de precisão e armas não letais) que atingissem o centro nervoso do inimigo com menos efeitos colaterais oferecendo mais opções de vitórias em que o controle do inimigo sobrepõe-se a sua aniquilação. Essas armas foram rotuladas de *kinder weapons* e por terem esse nome não significa dizer que perderam sua eficácia no campo de batalha. Como exemplo desse tipo de armas podemos citar os mísseis utilizados para anular as capacidades de combate de um tanque de guerra ou o uso de um feixe de laser para destruir seu equipamento óptico ou até mesmo cegar a sua tripulação. No campo de batalha,

alguém que é ferido requer mais cuidado do que alguém que é morto (LIANG & XIANGSUI, 1999).

Comprometer o psicológico do inimigo independente do meio utilizado é o objetivo dos principais agentes não estatais envolvidos nas 4GW. O uso do raio laser como armamento pode incapacitar temporariamente ou definitivamente um militar ou causar uma destruição maior dependendo da sua potência. Independente dos posicionamentos sobre a guerra do futuro, o uso do laser deve ser encarado como uma ameaça no teatro de operações ou em ações a longa distância perpetradas por Estados ou agente não-estatais. Preparar as nossas tropas com proteção adequada é antecipar-se à ação do inimigo e manter a integridade dos combatentes enquanto durar o conflito.

1.2 Terrorismo

São consideradas operações de guerra irregular as guerras de guerrilha, o terrorismo, a subversão, a sabotagem e as operações de busca e evasão. A sabotagem e o terrorismo, quando não sistemáticos, podem ser vistos como recursos operacionais empregados na subversão e na guerra de guerrilha. Conceitualmente, a sabotagem é qualquer ação ativa ou passiva, direta ou indireta, capaz de interferir, danificar, destruir ou comprometer o funcionamento de diferentes sistemas na esfera política, econômica, científico-tecnológico, psicossocial e militar. Ambos, militares e civis envolvidos na luta contra as forças irregulares devem contribuir com ações para o fortalecimento de legitimidade do Estado e o apoio da população local através da "conquista dos corações e mentes" (VISACRO, 2009).

O conceito de terrorismo é nebuloso e controverso (HOFFMAN, 2006; SEPÚLVEDA, 2012), o que pode ser explicado por dois fatores. O primeiro é constituído pelo próprio histórico da construção do termo terrorismo, dado que o significado e o uso da palavra mudaram ao longo do tempo. Para Hoffman (2006), em contraste com seu uso contemporâneo, durante a Revolução Francesa, por exemplo, o termo terrorismo teve uma conotação positiva, associada com os ideais da virtude e da democracia; no entanto, ainda neste exemplo, cinco anos depois da Revolução

Francesa, com a execução de Robespierre, o terrorismo se tornou um termo associado ao abuso de poder.

Outro aspecto das mudanças sofridas pelo termo terrorismo ao longo da história se refere à sua conotação anti ou pró Estado. Enquanto os rebeldes "Narodnaya Volya" (Vontade Popular) na Rússia do final do século XIX eram claramente anti-Estado, na Europa fascista da década de 1930, as práticas de repressão em massa empregadas por estados totalitários e seus líderes ditatoriais contra os seus próprios cidadãos foram descritas como terrorismo de Estado (HOFFMAN, 2006).

O segundo fator que contribui para explicar a nebulosidade que caracteriza o termo terrorismo se refere à diversidade de interesses políticos que estão em ação no sistema mundial. Nessa perspectiva, conforme informa Hübschle (2005), sendo um termo negativo, o termo é geralmente aplicado aos inimigos e adversários. Assim, toda conceituação do termo terrorismo é dependente da funcionalidade política que se quer dar a ele. Ou seja, cada ator político está inserido em uma dada configuração político-cultural que condiciona sua conceituação de terrorismo, de acordo com seus interesses políticos. Assim, por exemplo, o Departamento de Estado dos EUA conceitua terrorismo como violência premeditada contra alvos não-combatentes por grupos subnacionais, normalmente destinada a influenciar uma audiência (U.S. DEPARTMENT OF STATE, 2012). Ou seja, é uma conotação que atende as políticas de combate ao terrorismo levadas a cabo pelo Estado norte-americano ao mesmo tempo em que rechaça acusações de prática de terrorismo por este mesmo Estado.

A Constituição brasileira tem como um de seus princípios, nas relações internacionais, o repúdio ao terrorismo. Mais recentemente, a Lei Nº 13.260, de maio de 2016, regulamenta o disposto no inciso XLIII do art. 5º da Constituição Federal, disciplinando o terrorismo, tratando de disposições investigatórias e processuais e reformulando o conceito de organização terrorista; e altera as Leis nº 7.960, de 21 de dezembro de 1989, e 12.850, de 2 de agosto de 2013. Conforme o art 2º da Lei Nº 13.260, de 16 de maio de 2016, o terrorismo:

[...] consiste na prática por um ou mais indivíduos dos atos previstos neste artigo, por razões de xenofobia, discriminação ou preconceito de raça, cor, etnia e religião, quando cometidos com

a finalidade de provocar terror social ou generalizado, expondo a perigo pessoa, patrimônio, a paz pública ou a incolumidade pública (BRASIL, 2016).

A estrutura de combate ao terrorismo do Estado brasileiro engloba vários órgãos. Pela Estratégia Nacional de Defesa, a prevenção de atos terroristas e de atentados massivos aos Direitos Humanos, bem como a condução de operações contraterrorismo, está a cargo dos Ministérios da Defesa e da Justiça e do Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República (GSI-PR). No caso do Ministério da Defesa entende-se que essa prevenção fica sob responsabilidade do Comando das Forças Armadas; no Ministério da Justiça, sob a tutela do Departamento da Polícia Federal (PF) enquanto que no Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República (GSI-PR), que tem status de ministério, a responsabilidade do controle dessas ameaças é da Agência Brasileira de Inteligência (ABIN) (FERREIRA, 2012).

Atualmente, qualquer definição de terrorismo deve considerar o principal evento político da modernidade: o surgimento do Estado-nação moderno, consolidado pelo Tratado de Westphalia, em 1648. A partir do advento dessa instituição política central, em que o mundo se tornou interestatal ou internacional, o conceito de terrorismo está fundamentado no atentado contra, em última instância, ao Estado, ou, pelo menos, ao governo do Estado. E, quanto mais este governo atua em um contexto de democracia e preservação do estado de direito, mais o atentado a ele se caracteriza como terrorista.

Assim, pode-se definir terrorismo como sendo uma ameaça e/ou uma prática de violência premeditada empreendida por grupos subnacionais não-estatais contra sujeitos não-combatentes, normalmente destinada a influenciar uma audiência (ou seja, o alvo não é somente a vítima imediata), que objetiva fins políticos, particularmente mudar ou constranger o comportamento estatal. Por esta definição, torna-se fácil entender a razão do tratamento dado ao combate ao terrorismo como assunto de defesa nacional.

O aspecto da ameaça de violência premeditada destaca o efeito psicológico de incutir medo ou terror na população. O aspecto da violência ser praticada contra sujeitos não-combatentes diferencia a violência entre combatentes que se

reconhecem como tal, o que caracterizaria uma guerra e, em situações de assimetria, uma guerra de guerrilha. Usa-se o termo sujeito ao invés de alvo, pois não se caracteriza aqui uma ação terrorista aquela que se destina exclusivamente a danos à propriedade, poupando deliberadamente vidas humanas. O aspecto de ser praticado por grupos subnacionais não estatais marca a centralidade do Estado na política contemporânea, seguindo uma lógica realista, segundo a qual não se considera procedente o emprego da expressão "Terrorismo de Estado", dado que o Estado tende a representar a vontade política de uma ou mais nações. Portanto, as ações violentas praticadas pelos Estados, que por definição detêm o monopólio legítimo do uso da força (WEBER, 1946), devem ser classificadas como ações de guerra, ainda que sejam assimétricas, irregulares ou "sujas". No caso, a responsabilidade não cabe ao Estado, mas ao seu governo e governantes, que podem ser julgados por crimes de guerra, tortura, genocídio, etc.

Segundo Hoffman (2006), mesmo na guerra há regras e normas aceitas de comportamento, tal como definidas pelas convenções de Haia dos anos de 1860, 1899, 1907 e 1949. Assim, as guerras estão sujeitas às seguintes determinações, entre outras: são proibidos certos tipos de armas, como, por exemplo, agentes de guerra biológica; é proibido tomar civis como reféns; há regulamentações que regem o tratamento de soldados capturados ou que se renderam (prisioneiros de guerra); reconhece-se território neutro; defende-se a inviolabilidade de diplomatas e outros representantes credenciados. Em contraste, mesmo uma revisão superficial de táticas terroristas ao longo das últimas décadas revela que elas, em geral, violam todas essas regras.

1.3 Efeitos Biológicos dos Raios Lasers

Projeções futuristas são feitas em qualquer época desde a criação de uma determinada tecnologia, e com o laser não foi diferente. Hoje, muito do que se previu acerca do laser tem se tornado realidade. Apesar de até o momento não haver relato de uma lesão ocular grave e permanente, as perspectivas são preocupantes em função do avanço tecnológico na fabricação do laser e as crescentes demandas por sistemas de lasers cada vez mais potentes (KING, 2013).

A visão é o principal sentido envolvido na orientação espacial. Sem a visão não seria possível voar. A visão é essencial em todas as fases do voo e com ela é possível identificar os objetos a distância e seus detalhes de forma e cor. A visão ocorre através de um complexo processo fisiológico e psicológico que depende da interpretação de sinais captados pelos olhos e transmitidos ao cérebro. Estresses ambientais podem perturbar o funcionamento fisiológico ocular comprometendo assim a manutenção de uma visão normal (DAVIS, 2008).

Quando um fóton é absorvido o dano biológico pode ocorrer como uma consequência de um dos três principais mecanismos de lesão ou qualquer combinação entre eles. São eles o mecanismo fotoquímico (fotolítico), termal (fotocoagulador) e mecânico-acústico (ICAO, 2003).

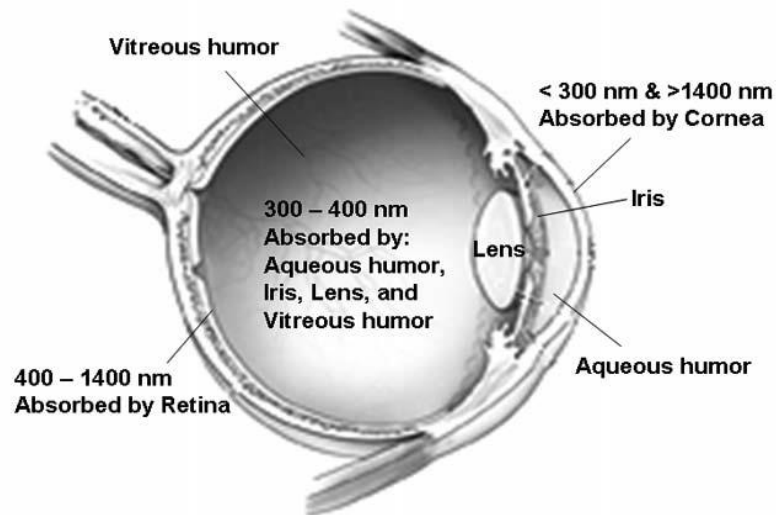
O olho humano é mais vulnerável a lesões pelo laser que a pele. A córnea é a estrutura mais anterior do olho humano e diferentemente da pele não possui uma camada externa de células mortas como proteção. Com comprimentos de onda menores que o ultravioleta ($< 300\text{nm}$) e maiores que o infravermelho ($> 1400\text{nm}$), a córnea pode absorver a energia do laser e ser lesionada. O cristalino, a lente do olho, é vulnerável a lasers próximos aos níveis do ultravioleta e do infravermelho. No entanto, o mais preocupante é a exposição a lasers que atravessam o meio óptico do olho até a retina, com comprimentos de onda compreendidos entre 400 a 1400nm, incluindo toda porção visível do espectro óptico. A pior situação ocorre quando um feixe de laser direto ou refletido penetra no olho (FAA, 2006; LIA, 2015).

A densidade de energia do feixe de laser pode ser intensificada 100.000 vezes pela ação focalizadora do olho. Assim, se a irradiância que penetra no olho é de 1 mW/cm^2 , a irradiância na retina será de 100 W/cm^2 . Olhar diretamente para um feixe de laser através de binóculos ou outros dispositivos magnificadores de imagem, dependendo da potência do laser, podem aumentar substancialmente os danos oculares (FAA, 2006; LIA, 2015).

As lesões oculares causadas pelo laser podem ser classificadas em retinianas e não-retinianas de acordo com a energia do feixe de laser incidente. Os feixes de laser com comprimentos de onda na faixa visível do espectro eletromagnético (400-700nm) e próximos ao infravermelho (até 1400nm) costumam atravessar os meios oculares (córnea, humor aquoso, cristalino, humor vítreo) e

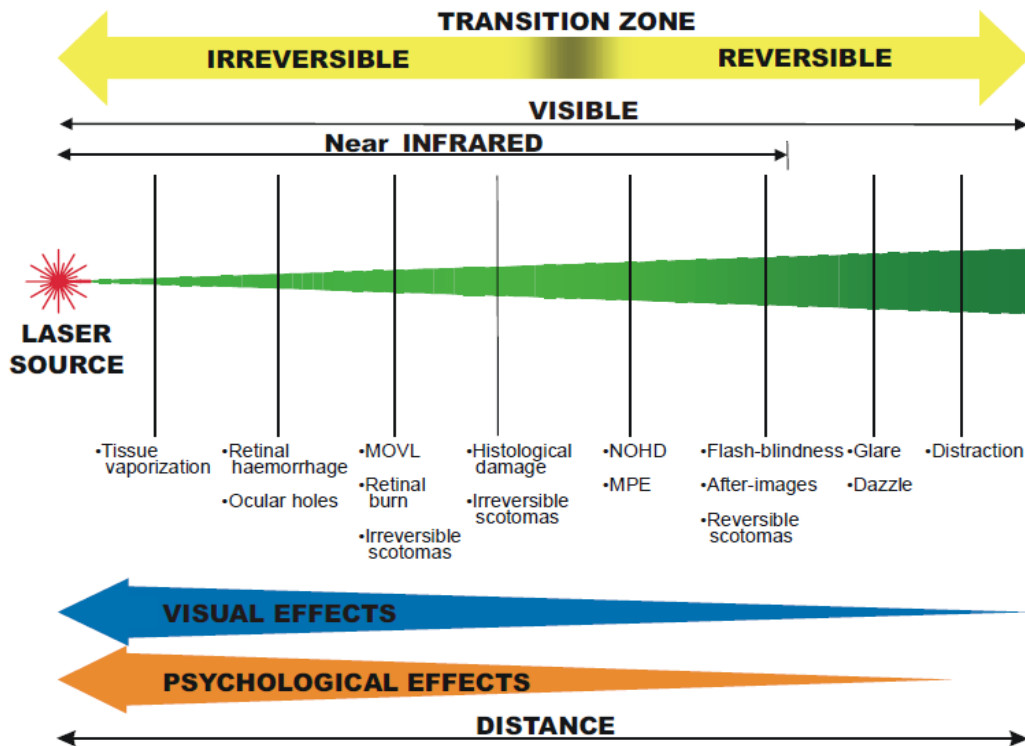
focalizar seus raios sobre a retina. Enquanto que os feixes de laser na faixa do UV e acima de 1400nm são absorvidos pelos tecidos anteriores do olho, como a córnea e o cristalino, antes de atingir a retina (ICAO, 2003). (Figura 3)

Figura 3 - Absorção da radiação óptica pelas estruturas oculares. (FAA, p.1, 2006)



É possível definir uma ampla gama de potenciais efeitos biológicos envolvendo a faixa de radiação do laser, incluindo tanto danos patológicos (reversíveis ou irreversíveis) quanto impactos no desempenho, que representam uma ameaça às operações aéreas seguras. Isso varia de distração, *glare*, *flashblindness*, *afterimages* e escotomas residuais, a queimaduras de retina, hemorragias da retina e até mesmo um buraco ocular. Também inclui fenômenos físico e psicológico que podem perturbar ainda mais as funções visual e cognitiva durante uma determinada tarefa (ICAO, 2003). (Figura 4)

Figura 4 - Variação dos efeitos biológicos dos raios lasers. (ICAO, p.9, 2003)



Nos EUA existe à disposição uma variedade de normas de segurança para o laser incluindo regulamentos federal e estaduais. As orientações mais frequentemente aplicadas estão na série *American National Standards Institute (ANSI) Z136*. Particularmente, a *ANSI Z136.1, American National Standards for Safe Use of Lasers*, define diretrizes recomendadas para o uso seguro do laser com comprimento de onda entre 180nm e 1000µm e classifica cada tipo de laser pelo seu potencial de lesões biológicas. As classes do laser variam do menor (classe 1) para o maior (classe 4) risco de danos biológicos. A letra M, que consta após o número de algumas classes, refere-se ao uso de recursos ópticos no momento da exposição os quais podem magnificar o laser.

A USAF criou o *Laser And Optical Radiation Protection Program* que consta na *Air Force Instruction (AFI) 48-139*, em 2014, com o objetivo de proteger a saúde e prevenir lesões que poderiam ser desabilitantes à performance humana pelo uso de laser ou de um sistema a laser nas suas atividades. De forma resumida a *AFI 48-139* apresenta uma tabela com a classificação do laser baseada na *ANSI Z136.1*. (Tabela 1)

Tabela 1 - Descrição das classes de laser conforme AFI 48-139. (USAF, p.5, 2014)

Classe	Descrição
1	Não reconhecido como perigoso
1M	Pode ser perigoso se visto com auxílios ópticos (telescópios, binóculos ou lupas)
2	Pode ser perigoso se visto por > de 0.25 segundos, no eixo
2M	Risco aumentado se visto com auxílios ópticos
3R	Potencial risco direto e difuso se os olhos estiverem focados
3B	Risco direto de exposição ao olho ou à pele
4	Perigoso para exposição direta ou dispersa

São considerados lasers de uso militar os lasers ou sistemas a laser utilizados nos combates, treinamento de combates ou classificados em outras áreas de interesse da segurança nacional, que exigem aprovação da *AF Laser System Safety Review Board* (LSSRB) para sua aquisição e utilização. São exemplos de laser de uso militar: iluminadores a laser, *laser designators*, *range finders*, ponteiros táticos, lasers táticos e lasers empregados para aumentar o poder de fogo da artilharia. Lasers classificados como armas de energia direta (*Directed Energy Weapons – DEWs*) estão sob a égide da AFI 91-401 (*Directed Energy Weapons Safety*) (USAF, 2014).

A AFI 48-139 pontua as atribuições de vários departamentos da USAF, e em especial, quanto à medicina aeroespacial, fica a atribuição de garantir o uso de *Laser Eye Protection* (LEP), certificados para o voo, previstos na AFI 11-301, volume 4, *Aircrew Laser Eye Protection* (ALEP); examinar, tratar e acompanhar os militares suspeitos de exposição longa a lasers ou outras fontes de radiações ópticas; e auxiliar nas investigações desses casos.

1.4 O Poder Aeroespacial e a Segurança de Voo sob a Ameaça do Laser

A iluminação adequada é necessária para todas as tarefas que exigem a visão. O excesso de luz, no entanto, pode afetar a visão até o ponto de a tornar ineficaz. Na aviação, um piloto pode experimentar altos níveis de iluminação quando voa em

direção ao sol ou olha para fontes de luz artificial muito brilhantes, como as *searchlights* ou luzes de busca. Nesse contexto, a criação do laser passou a integrar os problemas na aviação relacionados com luzes de alta intensidade (ICAO, 2003).

O primeiro laser criado pelo homem, o laser de rubi, possuía uma potência pequena. Cinco anos após a criação do primeiro laser, foi desenvolvido o primeiro laser químico, o HeNe, com uma potência de 1kW. A partir da possibilidade da criação de lasers com essa potência, o Departamento de Defesa norte-americano passou a se interessar na pesquisa e desenvolvimento de lasers cada vez mais poderosos para serem utilizados como armamentos (OLSON, 2012).

Em 1988, no documento *Medical Management of Combat Laser Eye Injuries* (USAFSAM-TR-88-21R) sobre o manejo de pacientes com suspeita de lesões causadas pela exposição ao laser, a USAF já sinalizava que era provável que, em futuros combates, os lasers seriam usados diretamente contra as suas forças e que seus efeitos sobre a saúde e desempenho das tripulações eram de particular preocupação (USAF, 1988).

O rápido crescimento do desenvolvimento do laser aumentou o seu uso no meio militar, como por exemplo, *laser designators* e *rangefinders* utilizados em operações militares pelas tropas terrestres, tanques, aeronaves, navios e artilharia antiaérea. O uso desses dispositivos em exercícios simulados também podem causar lesões oculares acidentais. A energia do laser nesses equipamentos é suficiente para causar lesões oculares a quilômetros de distância. Tripulantes mesmo protegidos em seus canopis são ameaçados por lasers visíveis e próximos ao infravermelho enquanto as forças de defesa de solo apresentam o risco adicional dos ultravioletas (USAF, 1988).

Em 1995 foi adicionado o protocolo IV à Convenção sobre as Proibições ou Restrições ao Emprego de Certas Armas Convencionais que Podem ser Consideradas como Excessivamente Lesivas ou Geradoras de Efeitos Indiscriminados (CCAC), realizada em Genebra, em 10 de outubro de 1980. Por este protocolo ficou proibido o uso de armas a laser cujo objetivo primário fosse causar a cegueira permanente.

A proteção dos pilotos contra o laser vinha sendo de interesse constante para os especialistas militares em medicina de aviação, enquanto apenas com a criação dos displays de laser para entretenimento e fins comerciais, com os subseqüentes eventos contra a aviação civil, que os especialistas civis em medicina de aviação passaram a se preocupar mais com os efeitos do laser (ICAO, 2003).

Nos anos 1990 muitos incidentes de iluminação de tripulações de voo foram atribuídos às luzes das demonstrações públicas com lasers para entretenimento. Posteriormente, em 1995, a *Federal Aviation Administration* (FAA) estabeleceu limites de exposição para lasers projetados em zonas específicas do espaço aéreo navegável para proteger as operações de aeronaves nas imediações dos aeroportos. O desenvolvimento destes limites de exposição contou com a investigação científica existente, junto com a consulta à indústria, aos especialistas governamentais de laser e ao pessoal de segurança da aviação. As diretrizes resultantes foram publicadas na FAA Ordem 7400.2 (FAA, 2006).

A *International Civil Aviation Organization* (ICAO), em 1999, criou um grupo de estudos para avaliar os riscos do laser e se novos padrões ou práticas recomendadas (*Standards or Recommended Practices - SARPs*) seriam necessárias. Entre 1999 e 2000, a secretaria da seção de medicina de aviação da ICAO, juntamente com a assistência do grupo de estudos desenvolveram SARPs sobre o laser que estão hoje incluídas nos anexos 11 e 14. Em 2003, a ICAO publicou o *Manual on Laser Emitters and Flight Safety* (DOC 9815) sobre os efeitos clínicos, fisiológicos e psicológicos em tripulantes aéreos expostos a emissores de laser (ICAO, 2003).

A Segurança de voo é o estado em que a possibilidade de danos às pessoas ou à propriedade é reduzido a um nível aceitável, ou abaixo, por meio de um processo contínuo de identificação de perigos e gerenciamento de riscos (ICAO, 2013). Pode-se considerar o laser como um perigo, cujo gerenciamento do risco é feito a partir da elaboração de medidas para se reduzir a possibilidade de consequências às operações aéreas, como por exemplo o estabelecimento de zonas de proteção ao redor dos aeródromos.

Em muitos artigos estudados, emitidos especialmente pela FAA, observou-se que o principal objetivo era alertar a comunidade aeronáutica sobre os riscos de danos oculares às tripulações atingidas inadvertidamente por raios laser e como esses danos

afetam a segurança de voo, além de estabelecer formas de prevenir esses incidentes e/ou as lesões propriamente ditas. Formas de reduzir o número de incidentes e os danos oculares são aquelas que interferem diretamente na aquisição do laser, nas áreas de restrição ao seu uso, no estabelecimento de protetores específicos para cada tipo de laser e procedimentos sob o laser na cabine. Havendo uma ameaça, as proteções oculares específicas para o raio laser e outras contramedidas, como o treinamento de tripulações, são as únicas formas de prevenir os danos oculares e acidentes.

Geralmente, são consideradas armas a laser qualquer fonte de laser utilizado contra um inimigo, que possua potência maior de 50kW (OLSON, 2012). Porém, apesar dessa definição técnica, mais recentemente, a Associação de Pilotos de Linha Aérea da Inglaterra (BALBA) levou ao governo inglês uma petição para que o laser, de forma geral, fosse considerado uma arma, em virtude das consequências de sua utilização na iluminação de aeronaves, especialmente após o ataque contra uma aeronave da *Virgin Atlantic* com destino a Nova Iorque que precisou retornar ao aeroporto de *Heathrow* no mês de fevereiro de 2016 (BALBA, 2016).

Dispositivos de alta potência a preços acessíveis com um poder de até vários milhares de mW agora são facilmente obtidos através da Internet. A banalização do uso, o baixo custo e a falta de fiscalização colocaram certos dispositivos a laser à disposição de qualquer indivíduo, inclusive aqueles com tendências criminosas ou com desvios de conduta.

No cenário atual em que as grandes potências discutem formas de frear as ações terroristas em seus territórios e no mundo, o uso intencional do laser contra aeronaves pode representar mais do que um simples ato criminoso isolado e inconsequente ou irresponsável de um cidadão. Medidas preventivas e de proteção contra lasers geram efeitos na manutenção do poder aeroespacial e na área de segurança de voo e também podem representar barreiras contra investidas dessa natureza contra a sociedade.

Proteger as tripulações de lasers nocivos é um problema complexo que envolve ciência, inteligência e medicina no contexto de um cenário operacional (USAF, 2008). A Segurança de Voo e a operacionalidade caminham juntas. E a operacionalidade

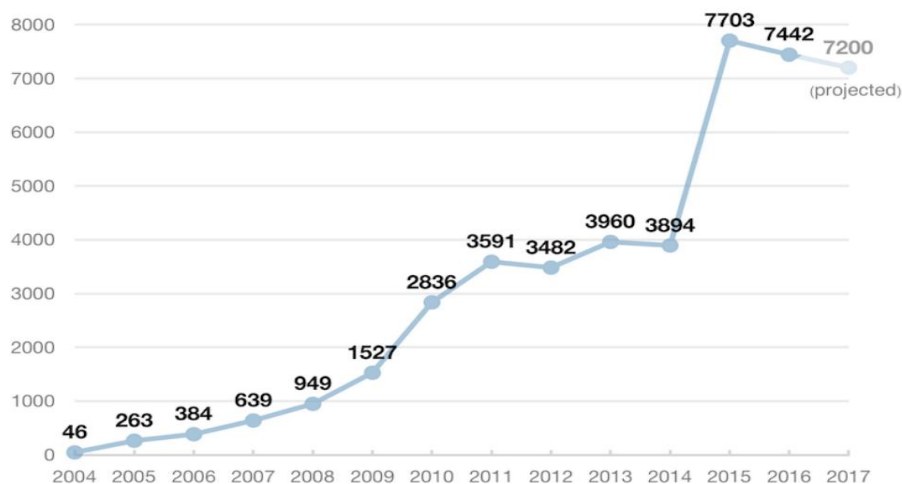
das tripulações, especialmente dos pilotos, é fundamental para o cumprimento da missão da FAB.

2 Resultados: a incidência de raios lasers em aeronaves brasileiras

Para demonstrar a potencialidade do laser em comprometer a missão da FAB foram estudados os seguintes dados, de 2012 a 2014: ocorrências por estado, aeródromo, tipo de operador, distribuição das ocorrências por ano, cor do laser, número de fontes emissoras, fase do voo, tipos de consequências, horário da ocorrência, intencionalidade da fonte emissora do laser. De 2012 a 2014 foram notificadas um total de 4.877 ocorrências.

Comparando nossos resultados com a FAA, agência responsável pelo cômputo das ocorrências com laser nos EUA, no mesmo período a agência americana registrou 11.336 ocorrências conforme análise realizada pela *laserpointersafety.com* (Figura 5)

Figura 5 – Notificações de iluminações com laser na FAA por ano. (Laser PointerSafety.com, 2017)



A frota norte-americana é muito maior que a brasileira como podemos observar nas estatísticas do tráfego aéreo da FAA: 5.000 aeronaves no céu em qualquer momento; 164.200 aeronaves de asas fixas, 10.500 helicópteros, 6.676 jatos comerciais; 35.300 experimentais e *light sport* (FAA, 2017).

É possível observar nos gráficos de ocorrências por estado do CENIPA que a região sudeste apresenta a maior incidência de ocorrências com o raio laser do país. (Figuras 6, 7 e 8) Os estados com maior incidência de ocorrências foram São Paulo e Minas Gerais em 2012 e 2013, e São Paulo e Espírito Santo em 2014. No estado de São Paulo se destacaram os aeroportos de Campinas e Guarulhos.

Figura 6 - Gráfico de Ocorrências por estado ano 2012. (CENIPA, 2015)

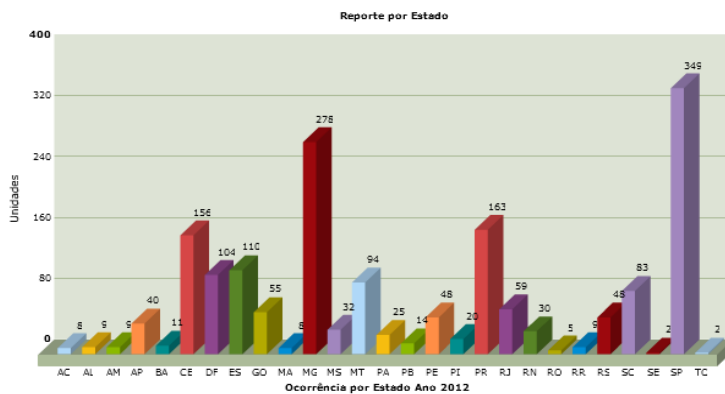


Figura 7 - Gráfico de Ocorrências por estado ano 2013. (CENIPA, 2015)

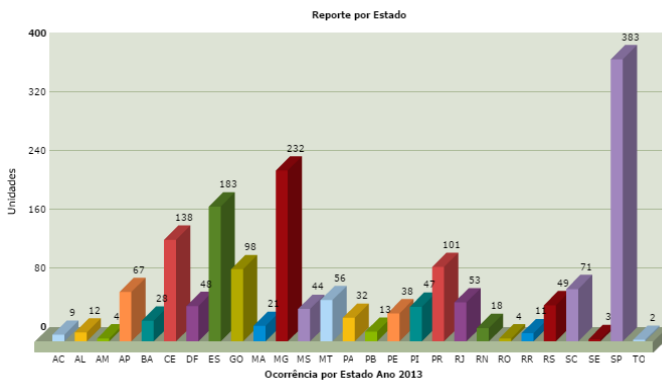
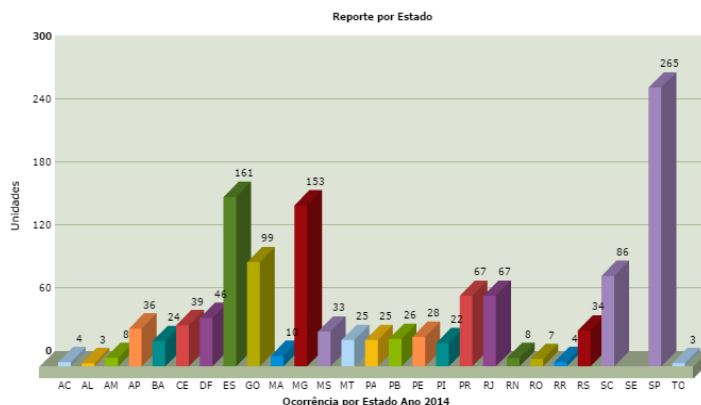


Figura 8 - Gráfico de Ocorrências por estado ano 2014. (CENIPA, 2015)



Foi elaborado um gráfico único sobre as ocorrências totais do mesmo período, por aeródromo, e mostrou resultado compatível com as estatísticas do CENIPA. (Figura 9, 10, 11)

Figura 9 – Ocorrências por aeródromo de 2012 a 2014. (Elaborada pela autora)

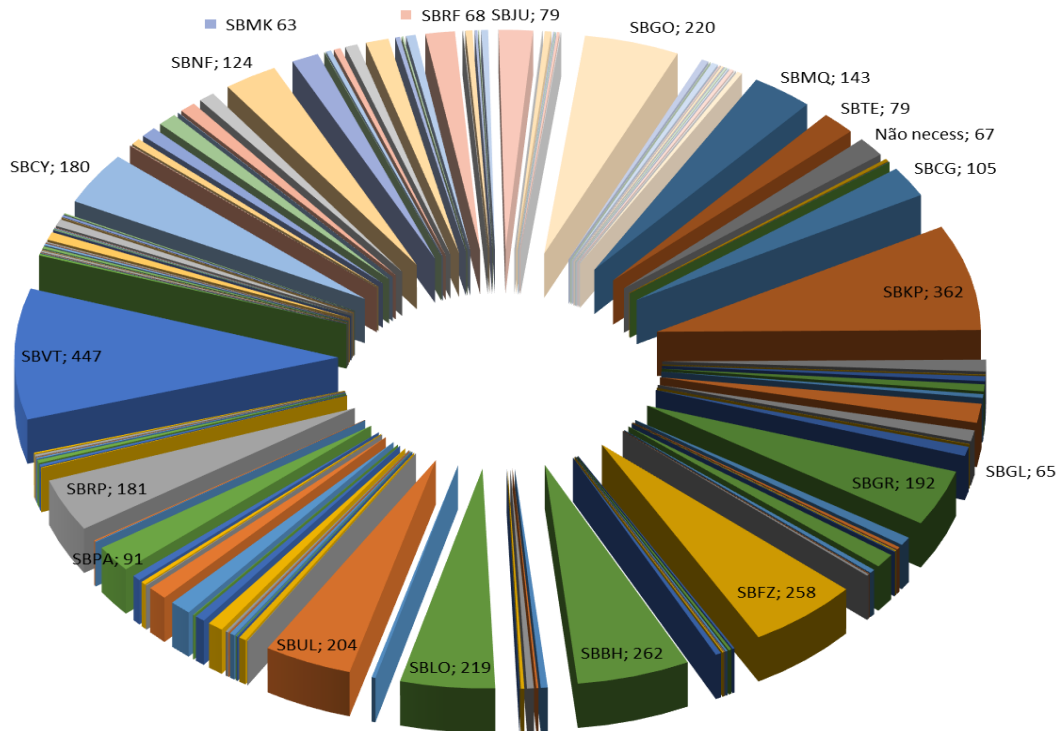


Figura 10 - Ocorrências por aeródromo ano 2012. (CENIPA, 2015)

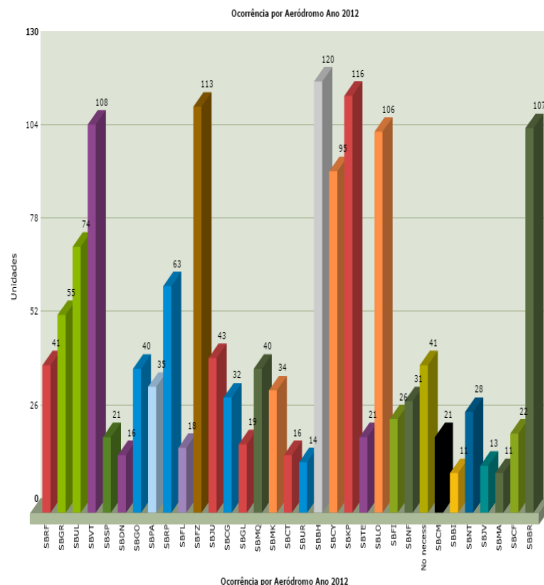


Figura 11 - Ocorrências por aeródromo ano 2013. (CENIPA, 2015)

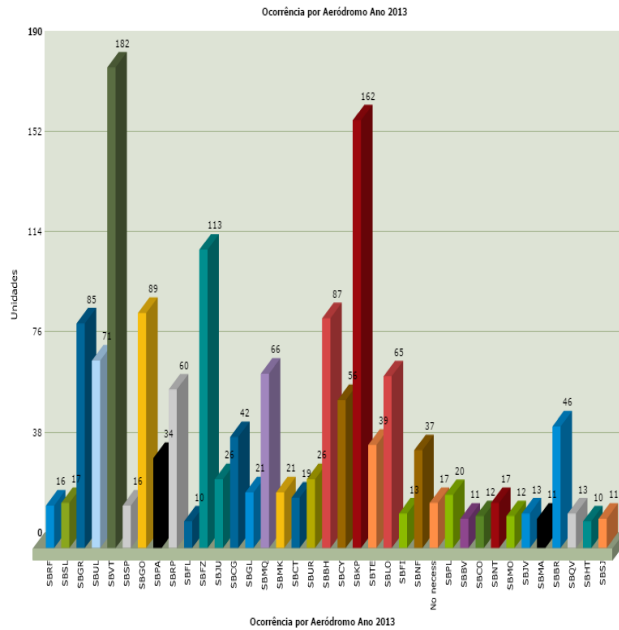
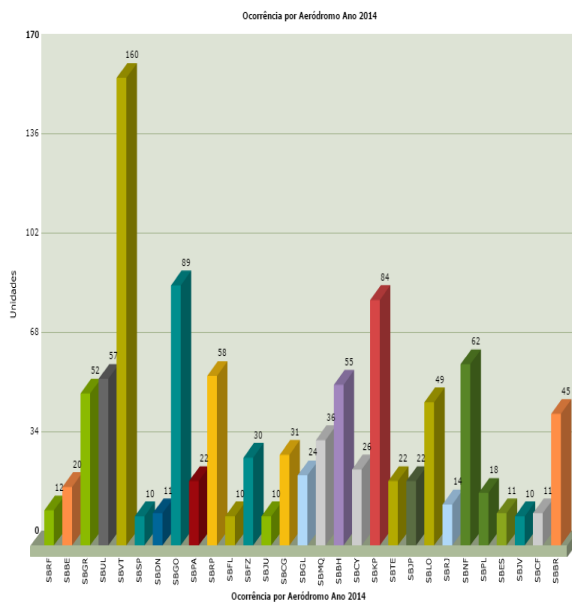


Figura 12 - Ocorrências por aeródromo ano 2014. (CENIPA, 2015)

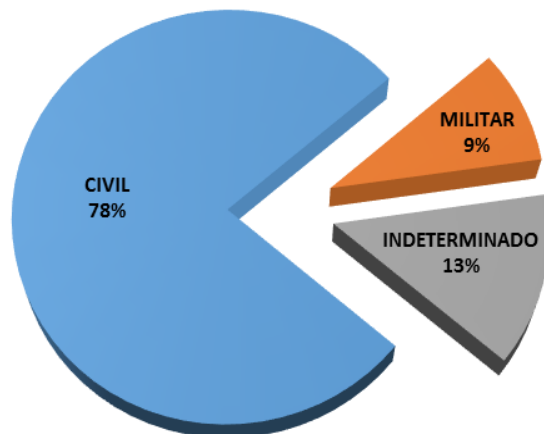


Segundo as estatísticas mais recentes da ANAC, existem o total de 21.905 aeronaves registradas no Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB), sendo 5.516 experimentais (ANAC, 2017). As Forças Armadas Brasileiras possuem o quantitativo

de 735 aeronaves distribuídas entre Força Aérea Brasileira (573), Exército Brasileiro (83) e Marinha do Brasil (79) (*Flightglobal*, 2016).

Proporcionalmente as ocorrências foram mais frequentes na aviação civil conforme podemos comprovar no gráfico de ocorrências por tipo de operador. Setenta e oito por cento das ocorrências (3.804) foram com aeronaves da aviação civil, 9% com aeronaves militares e 13 % indeterminadas. (Figura 13) Porém, se considerarmos o total de aeronaves militares (735) e o número de ocorrências contra elas nesse estudo (438), poderíamos suspeitar de um coincidência ou predileção pelas aeronaves militares. Como nem todos os campos do formulário online foram preenchidos em todas as notificações e pelo fato de não existir campo específico para essa classificação no próprio formulário, algumas informações foram classificadas como indeterminadas. Tal observação será utilizada como forma de sugerir melhorias na documentação das informações sobre o raio laser no CENIPA, afim de auxiliar trabalhos futuros nessa área.

Figura 13 – Ocorrências por tipo de operador. (Elaborada pela autora)



O número de ocorrências diminuiu durante os anos, mais significativamente em 2014 após dois anos de divulgação do CENIPA e dos SERIPAS. (Figura 14) Em concordância com a última pesquisa oficial da FAA (2011), que analisou a iluminação do laser contra aeronaves entre os anos de 2004-2008, a maioria das exposições

ocorreu no período noturno e o laser verde foi o mais frequentemente utilizado contra aeronaves, cerca de 97%. (Figura 15, 16)

Figura 14 – Ocorrências por ano. (Elaborada pela autora)

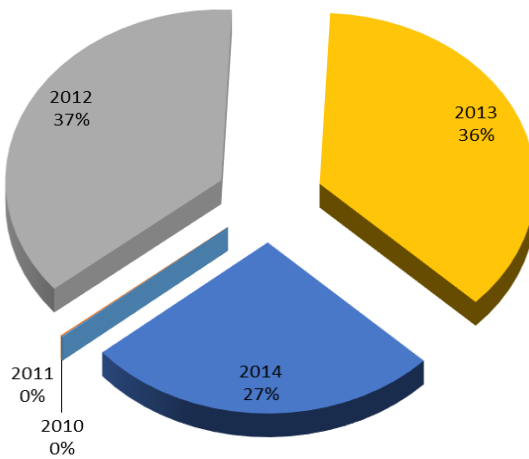


Figura 15 - Ocorrências por cor do Laser. (Elaborada pela autora)

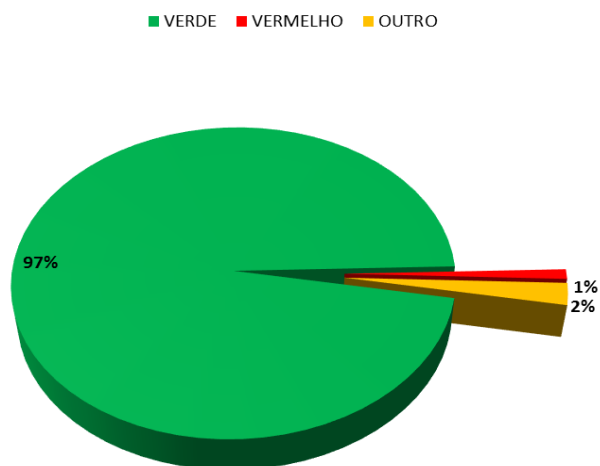
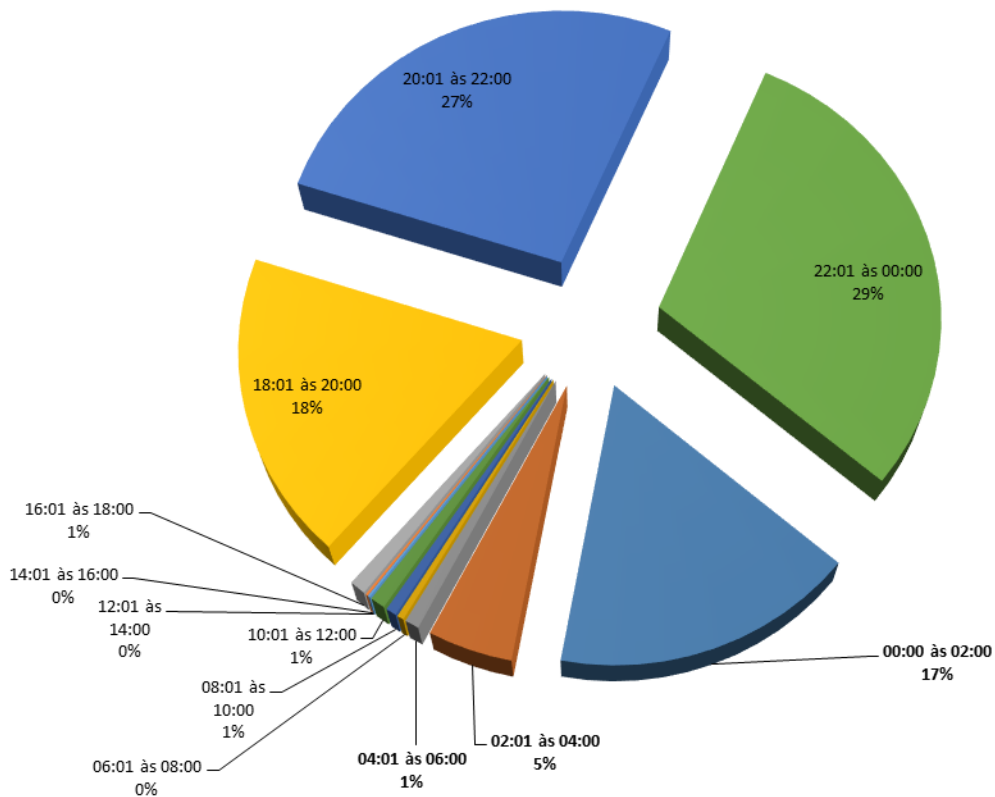


Figura 16 – Ocorrências por horário. (Elaborada pela autora)



A maioria das ocorrências foi observada na fase de aproximação final, visto as aeronaves estarem mais próximas e serem detectadas com mais facilidade no campo visual das pessoas que estiverem nas imediações do aeródromo. (Figura 17) Foi identificada apenas uma fonte emissora em 90% das ocorrências e a maioria das pessoas que preencheram a ficha de notificação julgaram que a utilização do raio laser foi intencional. (Figura 18, 19) A intencionalidade assinalada corrobora com a teoria de que qualquer objeto pode se tornar uma arma, que o acesso e falta de controle tornam a sua utilização perigosa e com grande potencial para se tornar uma ameaça à segurança de voo, às operações da FAB e à soberania do espaço aéreo brasileiro.

Figura 17 – Ocorrências por fase do voo. (Elaborada pela autora)

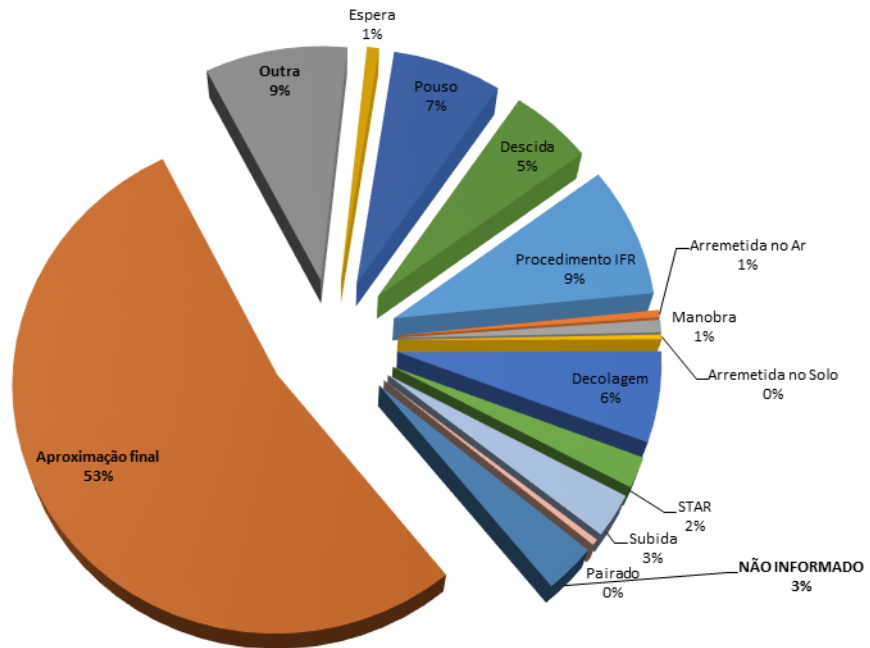


Figura 18 – Quantidade de fontes emissoras por ocorrência. (Elaborada pela autora)

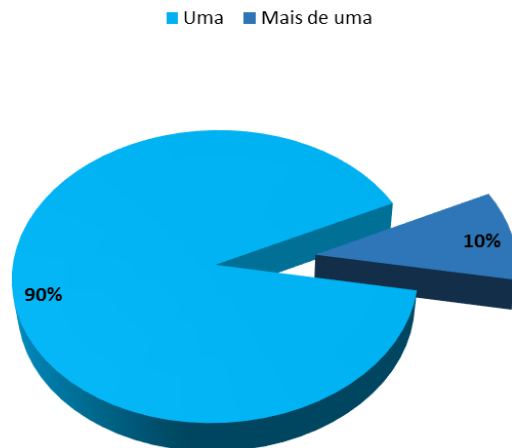


Figura 19 – Intencionalidade da fonte emissora. (Elaborada pela autora)

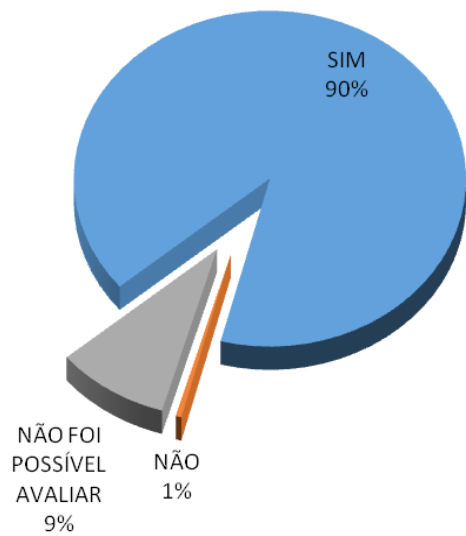
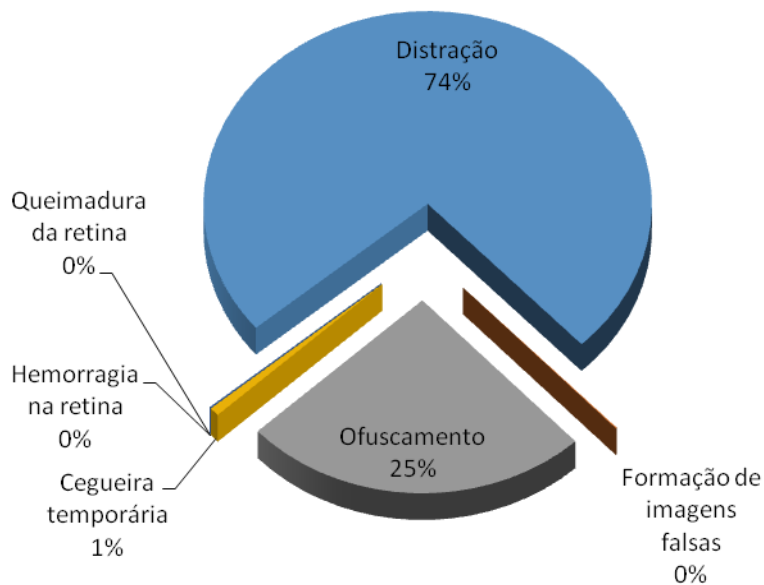


Figura 20 – Tipos de consequências visuais. (Elaborada pela autora)



As consequências visuais são a parte relacionada à medicina que afetam o desempenho humano à frente da máquina, no caso a aeronave, e toda a problemática que advém desse fato pode interferir na consecução da missão da FAB. A distração e o ofuscamento foram as consequências visuais mais relatadas, respectivamente com 74% e 25%. Não houve relato de danos oculares permanentes. (Figura 20)

3 Discussão

Em virtude das ações terroristas mundiais, tem ocorrido um crescimento da literatura sobre o potencial terrorista e criminoso dos sistemas de laser. Diante de possíveis atentados terroristas, seja através do uso de armas de fogo, explosivos, bombas sujas (que carregam contaminantes químicos, biológicos ou nucleares) ou mesmo o uso do laser como armas, as forças armadas, especialmente a FAB, devem estar devidamente equipadas e treinadas para todos os tipos de ameaças.

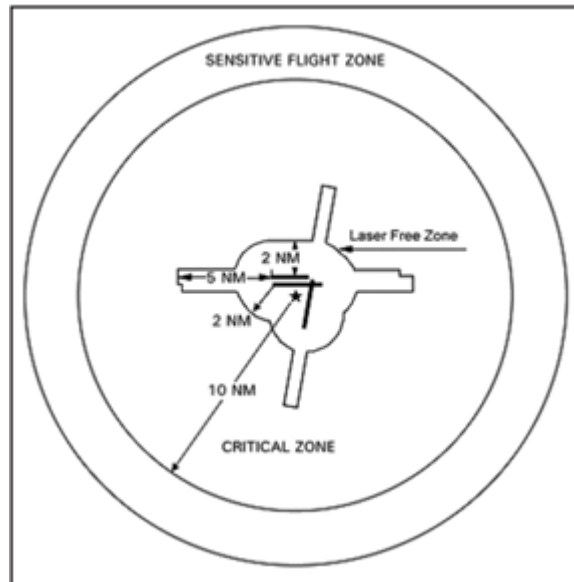
Diferentemente da "guerra total" de Clausewitz, na guerra irregular vencer a batalha de atrito não é vencer a guerra. É uma guerra prolongada onde o tempo é um grande aliado sobretudo em seus estágios iniciais quando não contam com meios suficientes para uma campanha rápida e fulminante. A liberdade tática lhes concede a possibilidade de passar períodos em absoluto silêncio. As ações táticas nas guerras irregulares não seguem nenhum padrão de planejamento e inicialmente se caracterizam por ataques rápidos, de grande impacto, por manobras simples e com grande efeito psicológico. Cegar ou ferir pilotos e provocar a queda de aeronaves no coração de uma grande metrópole estaria entre os exemplos de ações desse tipo.

O resultado psicológico dos conflitos irregulares atrelado às suas consequências políticas é o responsável pela linha tênue que passa a existir entre o campo político, estratégico e tático. Os efeitos psicológicos no público alvo, principalmente perpetrados pelo terrorismo, consistem na intimidação, propagação do medo e descrença no Estado e nas forças militares.

Conforme estudos anteriores (NAKAGAWARA, 2008; HOUSTON, 2011), a maior preocupação com esses tipos de ocorrências é sobre os efeitos da exposição das tripulações ao laser durante os procedimentos de pouso e decolagem, considerados momentos críticos das operações aéreas. Como observado na presente pesquisa, 53% dos casos de iluminação de aeronaves no Brasil ocorreram na aproximação final. São nessas fases que o piloto deve possuir visão adequada para perceber a cabeceira da pista ou arremeter. A iluminação do cockpit por raios lasers pode causar comprometimento visual temporário associado a outros efeitos como *glare*, *afterimages* e *flashblindness*, além de causar distração, perturbação, desorientação, representando um risco à segurança de voo. Este fato levou a FAA,

em 1995, a estabelecer zonas de segurança ao redor de aeródromos com limites específicos de exposição ao raio laser através da ordem técnica 7400.2. (Figura 21)

Figura 21 - Zonas de proteção do espaço aéreo ao redor de um aeroporto. (FAA, p.3, 2006)



A USAF preocupada com os risco da exposição inadvertida ao raio laser, fosse pelo uso de seus próprios *laser designators* e *rangefinders*, pelos dispositivos comerciais e ponteiros portáteis ou pelo não cumprimento do protocolo IV da Convenção sobre a Proibição ou Restrição ao Emprego de Certas Armas Convencionais que Podem ser Consideradas como Excessivamente Lesivas ou Geradoras de Efeitos Indiscriminados, aprovou um documento com requisitos operacionais para o *Aircrew Laser Eye Protection* (ALEP), em 1996, iniciando formalmente programas de desenvolvimento e aquisição de dispositivos de proteção específica contra a irradiação do laser transmitido por comprimentos de onda visíveis ou invisíveis (USAF, 2008). Na última versão do documento que trata da ALEP (AFI 11-301v4, 2008) consta, na estratégia de aquisição, que o seu Comando de Combate Aéreo é o principal comando para aquisição de ALEP.

Conforme a AFI 11-301v4, a seleção de um LEP deve seguir os seguintes critérios: o tipo de laser, o tipo de proteção disponível e proteção lateral. A informação quanto ao tipo de laser usado em uma ameaça dependerá do trabalho de uma unidade de inteligência para assessorar as tripulações no teatro de operações. Os profissionais da seção de equipamentos de proteção ao voo devem informar a tripulação sobre as características de proteção contra comprimentos de onda específicos dos ALEPs

disponíveis para uso. Alguns dispositivos de proteção estão disponíveis com ou sem proteção lateral. ALEP com proteção lateral é requerida para proteção contra o laser refletido nos casos de iluminação de aeronaves e pode ser usado com o NVG para proteção contra iluminação fora do eixo visual.

A grande questão apresentada nesse trabalho é o laser como uma ameaça na aviação tanto para *Security* quanto para *Safety*. Apesar de nenhum incidente aéreo com o laser ter sido atribuído a um atentado terrorista, como dito anteriormente, instituições de segurança, como o FBI, tem acompanhado o interesse de atores não estatais por lasers com grande potencial de cegar. De forma a corroborar com essa teoria, a pesquisa indicou que em cerca de 90% das ocorrências foi assinalada a intencionalidade de quem manipulava a fonte emissora de laser.

Segundo Visacro (2009), as guerras irregulares não se diferenciam das guerras convencionais apenas pela ausência dos hábitos castrenses, dos cumprimentos formais militares ou do não reconhecimento do Direito Internacional Humanitário. Os grupos beligerantes exploram fatores predisponentes locais para o sucesso de suas ações através do apoio da população. A pobreza associada a desigualdade social, o crescimento demográfico acelerado superior a capacidade de administração do Estado, a dificuldade de ascensão social por falta de oportunidades e a própria ausência do Estado, são grandes fortalecedores das forças irregulares.

Os fatores desencadeadores ou predisponentes do terrorismo geralmente são de natureza política, étnica ou religiosa, porém deve-se avaliar causas mais profundas de natureza cultural, econômica e social. O Brasil é um país em desenvolvimento, com escassez crônica de capitais, desigualdades sociais e com grande diversidade cultural, predispondo-se ao desenvolvimento de antagonismos que estão presentes no terrorismo (CARDOSO, 2002).

No Brasil, apenas em 2009 a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) publicou o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil número 154 (RBAC 154), sobre Projeto de Aeródromos, definindo as zonas de proteção ao redor dos aeródromos contra projetores de laser. Em 2011, a Força Aérea Brasileira (FAB) publicou a portaria 256/CG5, cujo artigo número 66 define as áreas de proteção de raio laser em torno dos aeródromos.

Até o presente momento, a FAB não possui um regulamento específico que verse sobre o uso de proteção no caso de uma exposição inadvertida, intencional ou não, ao raio laser oriundo de um dispositivo comercial ou de um armamento. A ICA 12-17/2005 sobre o Gerenciamento de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) no âmbito do Comando Geral de Apoio (COMGAP) não apresenta qualquer descrição de óculos de proteção específicos contra o raio laser para aviadores ou combatentes de solo na sua relação de EPI para proteção dos olhos e face.

Apesar das consequências visuais relatadas, sendo a distração a mais comum, de acordo com Harris (2003), muitas vezes lesões oculares causadas por raios lasers não são notificadas e, conseqüentemente, é difícil obter uma estatística exata sobre o número de casos. Outro fato que contribui para a pobre estimativa sobre a incidência dessas lesões é que muitos lasers são invisíveis e algumas pessoas podem não perceber que foram expostos a eles.

Não foram encontradas informações sobre o primeiro registro das ocorrências de raio laser no espaço aéreo brasileiro. Sabe-se que foi verificado um aumento das ocorrências entre 2010 e 2011 e que apenas a partir de 2012 o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) criou, em seu site, uma ficha de notificação de raio laser para ser utilizada por aeronavegantes e aeronautas civis ou militares.

As fichas do CENIPA representam a única tentativa de documentação nacional sobre o laser no espaço aéreo brasileiro, dos danos oftalmológicos relacionados, e assim podem ser utilizadas para se analisar aspectos não somente aplicáveis na área de segurança de voo mas também na estratégia de defesa do país e na manutenção do Poder Aeroespacial Brasileiro. No Brasil, o uso do raio laser contra aeronaves é crime tipificado no artigo 261 do Código Penal: art. 261- Expor a perigo embarcação ou aeronave, própria ou alheia, ou praticar qualquer ato tendente a impedir ou dificultar navegação marítima, fluvial ou aérea. Pena - reclusão, de dois a cinco anos.

No tocante a questão do Poder Aeroespacial Brasileiro, para os estudo sobre defesa, observa-se que a inclusão de uma proteção específica para pilotos, contra os raios lasers, juntamente com a prevenção dessas ocorrências no espaço aéreo brasileiro, podem representar mais uma forma de manter a operacionalidade das tripulações para o cumprimento das missões de defesa aérea contra ameaças

externas, como nas fronteiras do país, ou quando acionadas para o reestabelecimento da lei e ordem, conforme prevê a Política Nacional de Defesa (PND) e a Estratégia Nacional de Defesa (END).

Este não é um trabalho puramente sobre ponteiros a laser. É um trabalho sobre a necessidade de proteção e treinamento adequado da FAB contra lasers que podem ser usados no espaço aéreo, seja pela facilidade de aquisição de dispositivos com potências maiores pela internet e no mercado negro; seja pelo uso de *laser designators* ou *rangerfinders* para treinamento militar ou por armas a laser.

4. Conclusão

O raio laser no espaço aéreo nacional e internacional é um assunto que congrega três diferentes áreas: a Defesa, a Segurança de Voo e a Medicina Aeroespacial, conforme foi verificado em vários documentos estudados. A ameaça representada pelo raio laser deve ser encarada como uma ameaça na aviação tanto para *Security* quanto para *Safety*. Apesar do Brasil não ter sofrido oficialmente qualquer atentado terrorista com o uso do raio laser, muitas informações existem sobre o interesse nessa tecnologia por grupos sub-nacionais para futuros atentados, cegando tripulantes.

A aquisição ou desenvolvimento de LEPs deve ocorrer juntamente com investimentos em pesquisas, a serem realizadas por profissionais de diferentes áreas (médicos, engenheiros e aviadores), para a criação de um programa específico de proteção para tripulações da FAB tomando como exemplos as AFI 11-301v4 e AFI 48-139 e considerando a compatibilidade da proteção ocular contra o raio laser com diferentes displays de cabine, tipo de missão, lentes corretoras, óculos de visão noturna e outros aspectos.

As fichas de notificação do raio laser do CENIPA podem ser preenchidas por qualquer pessoa que presenciar a iluminação de uma aeronave. Não há um campo específico para se assinalar se a aeronave é civil ou militar. Essa distinção passa a ser feita pela identificação do operador e matrícula da aeronave, campos que nem sempre foram preenchidos ou preenchidos corretamente, de forma que 13% das notificações analisadas no período estudado foram classificadas como

indeterminadas. Outro aspecto da ficha que pode ser reavaliado, é a questão do envio do formulário com campos em branco os quais foram classificados como “não informado” na planilha do excel. Talvez condicionando o envio ao preenchimento obrigatório de um campo, mesmo como “outros” ou “informação desconhecida”, não gerasse mais de uma informação indeterminada como ocorreu no campo “fases da operação”, ao mesmo tempo em que facilitaria a análise estatística.

A falta de recursos financeiros foi uma limitação para a aquisição e experimentação dos LEPs nessa pesquisa. A literatura nacional sobre o assunto está restrita a poucos regulamentos e arquivos da FAB e ANAC que informam respectivamente, estatísticas sobre as ocorrências ou determinam, a exemplo de regulamentos internacionais, zonas de proteção do espaço aéreo ao redor de um aeroporto. Futuras pesquisas poderiam estudar a efetividade dos LEPs pelos tripulantes da FAB, de todos os tipos de aviações, e a relevância da sua aplicação para as tropas terrestres, seja contra o inimigo no teatro de operações ou na manipulação de *laser designators* e *rangerfinders*, estimulando investimentos na indústria de defesa nacional para fabricação de tais proteções oculares contra o laser.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, G. "**The End of the Peace of Westphalia: Fourth Generation Warfare**". Small Wars Journal. (2013) Disponível em: <<http://smallwarsjournal.com/jrnl/art/the-end-of-the-peace-of-westphalia-fourth-generation-warfare>>. Acesso em: 27 out. 2015.

BARATA PG, PIEDADE JC. **Da Primeira Grande Guerra às guerras de quinta geração A transformação da guerra e as novas ameaças**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DO OBSERVARE, 2., 2014, Lisboa.

BRASIL. Agência Nacional da Aviação Civil. **Projeto de Aeródromos**. RBAC 154 Emenda 01, Brasília, DF, 2012.

_____. Agência Nacional da Aviação Civil. **Dados e Estatísticas de Aeronaves**. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/aeronaves>>. Acesso em: 09 fev. 2017.

_____. Agência Nacional da Aviação Civil. **Glossário de Aeródromos**. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/siglas-e-codigos>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

_____. Comando da Aeronáutica. Comando Geral de Apoio. **Gerenciamento de Equipamentos de Proteção Individual no Âmbito do COMGAP**. ICA 12-17. Brasília, DF, 2005.

_____. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos da Aviação Civil Brasileira**. ICA 3-2. Brasília, DF, 2012.

_____. **Lei nº 13.260, de 16 de maio de 2016**. Regulamenta o disposto no inciso XLIII do art. 5º da Constituição Federal, disciplinando o terrorismo, tratando de disposições investigatórias e processuais e reformulando o conceito de organização terrorista; e altera as Leis nº 7.960, de 21 de dezembro de 1989, e 12.850, de 2 de

agosto de 2013. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/13260.htm>. Acesso em 07 out. 2017.

_____. **Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940**. Código Penal. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-2848-7-dezembro-1940-412868-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 07 out. 2017.

_____. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **Portaria n. 256/GC5**, Brasília, DF, 2011.

_____. Ministério da Defesa. 2012. **Estratégia Nacional de Defesa**. Disponível em: <<http://www.defesa.gov.br/arquivos/2012/mes07/end.pdf>>. Acesso em:

British Airline Pilots Association. **LASER INCIDENT SHOWS MORE ACTION IS NEEDED**. Disponível em: <<https://www.balpa.org/News-and-campaigns/News/LASER-INCIDENT-SHOWS-MORE-ACTION-IS-NEEDED.aspx>>. Acesso em: 11 Jun 2016.

CARDOSO, A.M. **Terrorismo e Segurança em um Estado Social Democrático de Direito**. R. CEJ, Brasília, n. 18, p. 47-53, jul./set. 2002.

CLAUSEWITZ, C V. **Da Guerra**. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

DAVIS, J.R. et al. **Fundamentals of Aerospace Medicine**. 4. ed. Filadélfia, EUA: Lippincott Williams & Wilkins, 2008.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **A Review of Recent Laser Illumination Events in the Aviation Environment**. Final Report. Oklahoma City, Oklahoma, EUA, 2006. Report No. DOT/FAA/AM-06/23. Disponível em: <https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/2000s/media/200623.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2012.

_____. **The Effects of Laser Illumination on Operational and Visual Performance of Pilots Conducting Terminal Operations.** Final Report. Oklahoma City, Oklahoma, EUA, 2003. Report No. DOT/FAA/AM-03/12. Disponível em: <https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/2000s/media/0312.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2015.

_____. **Laser Pointers: Their Potential Affects on Vision and Aviation Safety.** Final Report. Oklahoma City, Oklahoma, EUA, 2001. Report No. DOT/FAA/AM-01/7. Disponível em: <https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/2000s/media/0107.pdf>. Acesso: 01 set. 2013.

_____. **Laser Illumination of Flight Crew Personnel by Month, Day of Week, and Time of Day for a 5-Year Study Period: 2004-2008.** Final Report. Oklahoma City, Oklahoma, EUA, 2011. Report No. DOT/FAA/AM-11/7. Disponível em: <https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/2010s/media/201107.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2015.

_____. **Air Traffic By The Numbers.** Disponível em: <https://www.faa.gov/air_traffic/by_numbers/> . Acesso em: 08 out.2017.

FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION. **FBI Law Enforcement Bulletin.** 77 (4). Washington, DC, EUA. 2008. Disponível em: <<https://leb.fbi.gov/2008-pdfs/leb-april-2008>>. Acesso em: 24 out. 2015.

FERREIRA, MA. **Os órgãos governamentais brasileiros e a questão do terrorismo na Tríplice Fronteira: divergências de percepções e convergências nas ações.** Associação Brasileira de Relações Internacionais. v. 7, n. 1, p. 102 a 117, jan.-jun. 2012.

FLIGHTGLOBAL. **World Air Forces 2016.** Disponível em: <<https://www.flightglobal.com/asset/6297/waf/>>. Acesso em: 09 fev. 2017.

GUEVARA, E. **Guerrilla Warfare.** New York: Classic House Books, 2009.

HARRIS, M.D. et al. **Laser Eye Injuries in Military Occupations**. Aviation, Space, and Environmental Medicine, Virginia, EUA, v. 74, n. 9, p. 457-952. 2003.

HÜBSCHLE, A. **The T-word: conceptualising terrorism**. African Security Review 15.3. Institute for Security Studies. 2005.

HOFFMAN, B. **Inside Terrorism**. New York: Columbia University Press, 2006.

HOUSTON, S. **Aircrew Exposure to Handheld Laser Pointers: the Potential for Retinal Damage**. Aviation, Space, and Environmental Medicine, Virginia, EUA, v. 82, n. 9, p. 921-922. 2011.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Manual on laser emitters and flight safety**. EUA, 2003. DOC 9815. Disponível em: <http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBWQFjAAahUKEwi_x93og9_IAhVHQCYKHeiOAJE&url=http%3A%2F%2Fwww.beca.be%2Ffiles%2F95%2FSources_-_Laser_Strikes%2F0B1PXZ8nRuXRNVHRTck8yMTJDQTA%2FICAO_DOC_9815_Manual_on_Laser_Emitters_and_Flight_Safety_2003_.pdf&usg=AFQjCNEqEa5XbdIAGbS_9cwwvcqj8P4IzQ>. Acesso em: 06 abr. 2015.

_____. **Safety Management Manual (SMM)**. 3. ed. EUA, 2013. DOC 9859. Disponível em: <<http://www.icao.int/safety/SafetyManagement/Documents/Doc.9859.3rd%20Edition.alltext.en.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2015.

KING, J.J. **It's a time for a class 5 laser?**. In: International Laser Safety Conference. Lawrence Livermore National Laboratory. Orlando, FL, EUA. 2013. Disponível em : <<https://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/710233.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2015.

KUHN, T. Lecture Notes. **Terrorism and Counter-insurgency Course**. Washington: Center for Hemispheric Defense Studies, 2012.

LASER INSTITUTE OF AMERICA. **Laser Safety**. Information Bulletin. Disponível em: <<http://content.yudu.com/Library/A2wzks/LaserSafetyInformati/resources/index>>

.htm?referrerUrl=http%3A%2F%2Ffree.yudu.com%2Fitem%2Fdetails%2F1993747%2FLaser-Safety-Information-Bulletin>. Acesso em: 22 out. 2015.

LASER POINTER SAFETY. US: 2017 laser incidentes on pace to be lower than 2016. Disponível em: <www.laserpointersafety.com/news/news/other-news-_files/93f05abc1d64b0e46c0415b80b9a2f25-538.php#on>. Acesso em: 08 out.2017.

LEÃO, D. A Revolução de Jasmim e a criação de uma cultura digital na Tunísia, 2013. Disponível em: <<http://blog.pucsp.br/culturadigitalri/?p=116>>. Acesso em 22 Out 2014.

LIANG, Q; XIANGSUI, W. Unrestricted Warfare. Beijing, Pla Literature and Arts Publishing House, 1999.

LIND, W. et al. "The Changing Face of War: Into the Fourth Generation". Marine Corps Gazette. p. 22 - 26, October, 1989.

MARKS, T. Insurgency as Strategic Choice. Lecture Notes. Terrorism and Counter-insurgency Course. Washington: Center for Hemispheric Defense Studies, 2012.

NAKAGAWARA, V.B.; WOOD, K.J.; MONTGOMERY, R.W. Laser exposure incidents: Pilot ocular health and aviation safety issues. Optometry, Missouri, EUA, v. 79, p. 518-524. 2008.

OLSON, M. History of Laser Weapon Research. Naval Surface Warfare Center, Dahlgren Division, Virginia, 2012. Disponível em: <http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBwQFjAAahUKEwi4uliXj9_IAhXDRCYKHQh3CUA&url=http%3A%2F%2Fwww.dtic.mil%2Fcgi-bin%2FGetTRDoc%3FAD%3DADA557756&usg=AFQjCNHJJdQr2aI-tZlAp5XF1XffQUaG3w&bvm=bv.105841590,d.eWE>. Acesso em: 13 ago. 2015.

RAWICZ AH, HOLONYAK Jr N. Theodore Harold Mainmain: A Biographical Memoirs. National Academy of Sciences, 2014. Disponível em: <

<http://www.nasonline.org/publications/biographical-memoirs/memoir-pdfs/maiman-theodore.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2016.

SALOMÃO, WF. **Os Tratados de Paz na Reestruturação da Ordem Jurídica Mundial após os Períodos de Guerras**. Revista Eletrônica do Curso de Direito - PUC Minas Serro. ISSN: 2176-977X . N ° 9, jan./jun., 2014.

UNITED STATES DEPARTMENT OF STATE. **Bureau of Counterterrorism**. 2012. Disponível em:<<http://www.state.gov/j/ct/>>. Acesso em: 27 out. 2012.

UNITED STATES AIR FORCE. **Medical Management of Combat Laser Eye Injuries**. Brooks, Texas, EUA, 1988. Report No. USAFSAM-TR-88-21 R. Disponível em: <<http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a210059.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2015.

_____. Department of Air Force. **Aircrew Laser Eye Protection (ALEP)**. Air Force Instruction 11-301. 2008.

_____. Department of Air Force. **Laser And Optical Radiation Protection Program**. Air Force Instruction 48-139. 2014.

VISACRO, A. **Guerra irregular: terrorismo, guerrilha e movimentos de resistência ao longo da história**. São Paulo: Editora Contexto, 2009.

WEBER, M. **"Politics as a Vocation"**. In *Essays in Sociology*. New York: Oxford University Press, 1946.

GLOSSÁRIO

Afterimages - Imagem transitória residual no campo visual após a exposição à uma luz forte. Pode ter efeito disruptivo e de distração e tem duração de alguns minutos.

Difração - É o nome genérico dado aos fenômenos associados a desvios da propagação da luz em relação ao previsto pela óptica geométrica.

Flashblindness - Interferência visual temporária que persiste após a iluminação forte ter cessado.

Glare - Interrupção temporária da visão causada pela presença de uma luz muito forte no campo visual de uma pessoa.

Irradiância - É definida como sendo a energia média emitida por unidade de área, por unidade de tempo de uma fonte de ondas eletromagnéticas.

Laser designator - Dispositivo que emite um feixe de laser para marcar um lugar ou objeto.

Laser rangefinder - Dispositivo que utiliza o laser para medir a distância a um objeto. Também é conhecido por telêmetro a laser.

Retina - Lâmina fina e semitransparente de tecido neural que reveste a maior parte da porção interna posterior do globo ocular. Apresenta várias camadas, sendo a camada de fotorreceptores a mais importante, pois é onde ocorre a transformação do estímulo luminoso em um impulso nervoso o qual será conduzido ao cérebro (córtex visual occipital).

APÊNDICE A - LISTA DOS AEROPORTOS BRASILEIROS

SIGLA	AEROPORTO
SBBH	Aeroporto Pampulha - Carlos Drummond de Andrade (Belo Horizonte – MG)
SBBI	Aeroporto de Bacacheri (Curitiba – PR)
SBBR	Aeroporto Presidente Juscelino Kubitschek (Brasília – DF)
SBCF	Aeroporto Tancredo Neves (Confins – MG)
SBCG	Aeroporto de Campo Grande (Campo Grande – MS)
SBCM	Aeroporto Diomício Freitas (Forquilha – SC)
SBCT	Aeroporto Afonso Pena (São José dos Pinhais – PR)
SBCY	Aeroporto Marechal Rondon (Várzea Grande - MT)
SBDN	Aeroporto Presidente Prudente (Presidente Prudente – SP)
SBFI	Aeroporto Cataratas (Foz do Iguaçu – PR)
SBFL	Aeroporto Hercílio Luz (Florianópolis – SC)
SBFZ	Aeroporto Pinto Martins (Fortaleza – CE)
SBGL	Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro/Galeão – Antônio Carlos Jobim (Rio de Janeiro – RJ)
SBGO	Aeroporto Santa Genoveva (Goiânia – GO)
SBGR	Aeroporto de Guarulhos –Governador André Franco Montoro (Guarulhos – SP)
SBJU	Aeroporto Orlando Bezerra de Menezes (Juazeiro do Norte – CE)
SBJV	Aeroporto Lauro Carneiro de Loyola (Joinville – SC)
SBKP	Aeroporto Internacional de Campinas - Viracopos (Campinas – SP)
SBLO	Aeroporto de Governador José Richa (Londrina – PR)
SBMA	Aeroporto de Marabá (Marabá – PA)
SBMK	Aeroporto de Mário Ribeiro (Montes Claros - MG)
SBMQ	Aeroporto de Macapá (Macapá – AP)
SBNF	Aeroporto Ministro Victor Konder (Navegantes – SC)
SBNT	Aeroporto Augusto Severo (Parnamirim – RN)
SBPA	Aeroporto Salgado Filho (Porto Alegre – RS)
SBRF	Aeroporto de Guararapes – Gilberto Freire (Recife – PE)

SBRP	Aeroporto Leite Lopes (Ribeirão Preto – SP)
SBSP	Aeroporto de Congonhas (São Paulo – SP)
SBUL	Aeroporto Tenente-Coronel Aviador César Bombonato (Uberlândia – MG)
SBUR	Aeroporto Mário de Almeida Franco (Uberaba – MG)
SBTE	Aeroporto Senador Petrônio Portella (Teresina – PI)
SBVT	Aeroporto Eurico de Aguiar Sales (Vitória – ES)