

Proteção contra ameaças dos raios laser

Procedimentos de operação e treinamento da Força Aérea Brasileira

CAPITÃO ROBERTA ROSAS PETROCINIO, Força Aérea Brasileira
HUMBERTO JOSÉ LOURENÇÃO

Introdução

O presente artigo defende estudos sobre o uso de proteção específica contra o raio laser sob a perspectiva de sua utilização ofensiva por parte de forças subnacionais ou por cidadãos comuns. O raio laser emitido contra aeronaves é visto como uma ameaça contra a segurança, no contexto do estudo estratégico de novas ameaças, comprometendo o poder aeroespacial, e paralelamente atentando contra a segurança de voo.

O embasamento teórico sustentou-se no estudo das denominadas novas ameaças, tais como descritas nas conceituações de guerras que têm sido desenvolvidas com a evolução do pensamento estratégico; que inclui guerras pós-modernas, guerra omnidimensional, guerra irrestrita, guerra de quarta geração (*Fourth Generation Warfare* - 4GW) e guerra assimétrica; nas características físicas do laser e nas suas consequências nos tecidos biológicos.

Nesta perspectiva, além da argumentação teórica, baseada nas propriedades físicas do laser e sua capacidade de infringir danos à visão das vítimas, o estudo 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 Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), para demonstrar a potencialidade do laser não só para provocar acidentes aéreos mas também para comprometer a missão da Força Aérea Brasileira prevista na Estratégia Nacional de Defesa (END)¹.

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 nucleares². 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.

Ameaça a laser, 4GW e Terrorismo, e segurança de voo

Ameaça a laser

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. 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 pesquisa³. 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 Estados Unidos da América, entre 1962 e 1963, foram desenvolvidos os primeiros limites de segurança para o laser no que concerne ao seu uso no meio militar⁴.

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.

O espectro eletromagnético 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 alvo⁵.

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 conseqüentemente 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 dispersão⁶.

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 material⁷. 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 pele⁸.

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 olho⁹.

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 comercial¹⁰.

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 rodovias¹¹.

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 pessoas¹².

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 ponteiras 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 terroristas¹³.

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 solo¹⁴.

4GW e Terrorismo

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 caráter 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 armadas¹⁵.

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 empregados¹⁶. Constituído-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 RAM¹⁷. 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 Westpha-

lia 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 incoerente¹⁸.

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 iniciativa¹⁹. 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 Segunda 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*²⁰. 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 4GW, o Estado perde o monopólio sobre a guerra e suas forças

armadas 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 convenções de Genebra. A 4GW 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 inimigo²¹. 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 obsoleta²². Para ele, no futuro, os sistemas convencionais de combate se extinguirão e as guerras se converterão em conflitos de baixa intensidade.

O conceito de terrorismo é nebuloso e controverso²³, 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 Bruce Hoffman²⁴, 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 Estado²⁵.

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 Hübschle²⁶, 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 audiência²⁷. 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 terrorista²⁸; 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”²⁹.

A estrutura de combate ao terrorismo do Estado brasileiro engloba vários órgãos. Pela END, 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 enquanto que no GSI-PR, que tem status de ministério, a responsabilidade do controle dessas ameaças é da Agência Brasileira de Inteligência (ABIN)³⁰.

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 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 arma, 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 morto³¹.

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.

A Segurança de Voo e o Poder Aeroespacial sob a ameaça do Raio laser

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 normal³².

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 intensidade³³.

Em 1988, no documento *Medical Management of Combat Laser Eye Injuries* sobre o manejo de pacientes com suspeita de lesões causadas pela exposição ao laser, a Força Aérea dos Estados Unidos 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 preocupação³⁴.

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 pode cau-

sar 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 ultravioletas³⁵.

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.

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-acústico³⁶.

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 (< 300nm) e maiores que o infravermelho (> 1400nm), 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 olho³⁷.

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/cm², a irradiância na retina será de 100 W/cm². Olhar diretamente para um feixe de laser através de binóculos ou outros dispositivos magnificadores de imagem, dependendo da potência do laser, pode aumentar substancialmente os danos oculares³⁸.

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 ultravioleta e acima de 1400nm são absorvidos pelos tecidos anteriores do olho, como a córnea e o cristalino, antes de atingir a retina (Figura 1)³⁹.

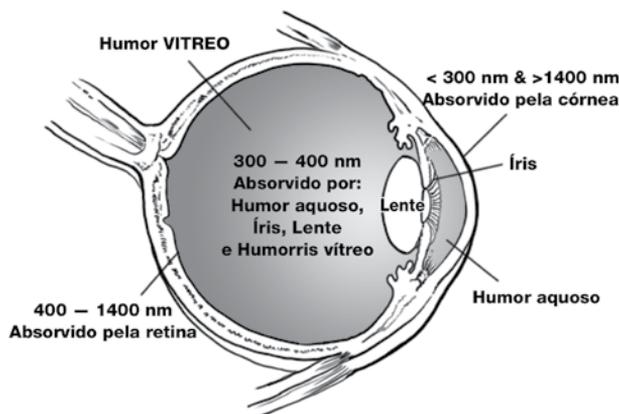


Figura 1. Absorção da radiação óptica pelas estruturas oculares

Fonte: Autor

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 uma perfuração ocular. Também inclui fenômenos físico e psicológico que podem perturbar ainda mais as funções visual e cognitiva durante uma determinada tarefa (Figura 2)⁴⁰.

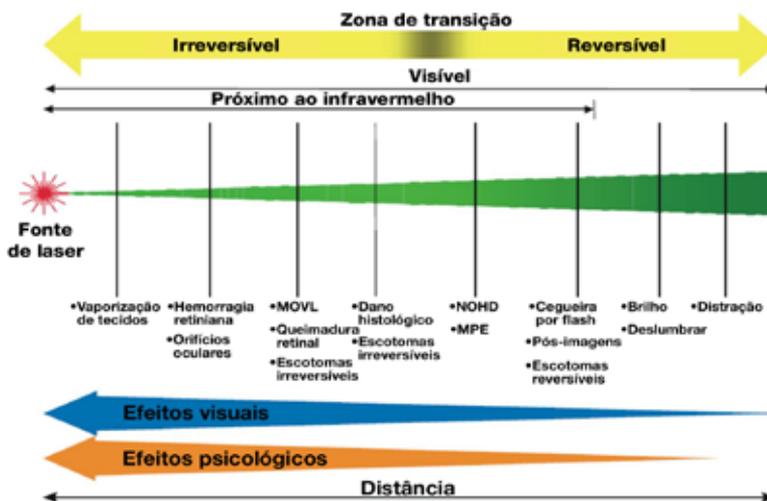


Figura 2. Variação dos efeitos biológicos dos raios laser

Fonte: Autor

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 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.

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 *USAF Laser System Safety Review Board* 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 – DEW*) estão sob a égide da *Air Force Instruction* (AFI) 91-401 (*Directed Energy Weapons Safety*)⁴¹.

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.

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 – SARP*) 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 SARP 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 laser⁴².

A Segurança de voo é o estado em que a possibilidade de danos às pessoas ou à propriedade é reduzida a um nível aceitável, ou abaixo, por meio de um processo contínuo de identificação de perigos e gerenciamento de riscos⁴³. 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 *Federal Aviation Administration* (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.

Estatísticas brasileiras de ocorrências de laser e suas consequências

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 e 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 3).

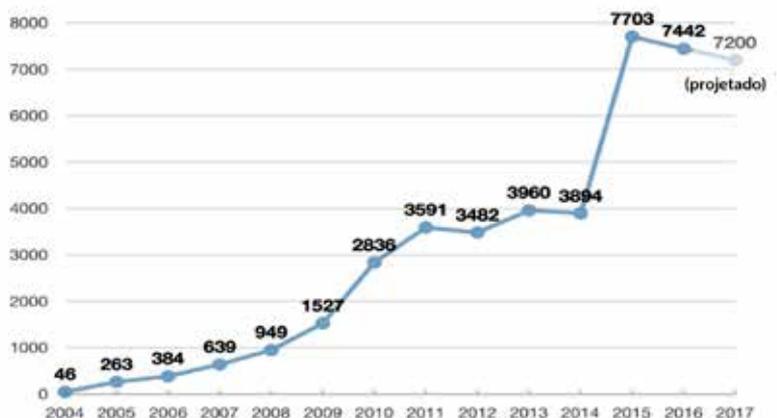


Figura 3. Notificações de iluminações com laser na FAA por ano

Fonte: 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*⁴⁴.

Segundo as estatísticas mais recentes da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), existem o total de 21.905 aeronaves registradas no Registro Aeronáutico Brasileiro, sendo 5.516 experimentais⁴⁵. As forças armadas brasileiras possuem o quantitativo de 735 aeronaves distribuídas entre Força Aérea Brasileira (573), Exército Brasileiro (83) e Marinha do Brasil (79)⁴⁶.

Proporcionalmente, as ocorrências foram mais frequentes na aviação civil. Setenta e oito por cento das ocorrências (3.804) foram com aeronaves da aviação civil, 9 por cento com aeronaves militares e 13 por cento indeterminadas. 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.

O número de ocorrências diminuiu durante os anos, mais significativamente em 2014, após dois anos de divulgação do CENIPA e dos Serviços Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Em concordância com a última pesquisa oficial da FAA⁴⁷, 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 por cento.

A maioria das ocorrências foi observada na fase de aproximação final (53 por cento), visto as aeronaves estarem mais próximas e serem detectadas com mais facilidade no campo visual das pessoas que estiverem nas imediações do aeródromo. Foi identificada apenas uma fonte emissora em 90 por cento das ocorrências e 90 por cento das pessoas que preencheram a ficha de notificação julgaram que a utilização do raio laser foi intencional. A intencionalidade assinalada corrobora com a teoria de que o laser pode ser utilizado como 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.

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 por cento e 25 por cento. Não houve relato de danos oculares permanentes.

Considerações Finais

De acordo com estudos anteriores, a maior preocupação com esses tipos de ocorrências é sobre os efeitos da exposição das tripulações ao laser durante os procedimentos de pouso e decolagem⁴⁸, considerados momentos críticos das operações aéreas⁴⁹. Como observado na presente pesquisa, 53 por cento 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 laser 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.

Conforme a AFI 11-301v4⁵⁰, 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 ALEP 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 *Night Vision Goggle* para proteção contra iluminação fora do eixo visual.

A grande questão apresentada nesse artigo 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 por cento das ocorrências foi assinada a intencionalidade de quem manipulava a fonte emissora de laser.

Apesar das consequências visuais relatadas, sendo a distração a mais comum, de acordo com Harris⁵¹, muitas vezes lesões oculares causadas por raios laser 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 expostas 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 a partir de 2012 o 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 estudos sobre defesa, observa-se que a inclusão de uma proteção específica para pilotos, contra os raios laser, 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 e a END. □

Notas

1. Defense Ministry. “Estratégia de Defesa Nacional” 2012. <http://www.defesa.gov.br/arquivos/2012/mes07/end.pdf>.
2. Kaplan, David E., Andrew Marshall. “Shoko Asahara de Aum e The Cult no fim do mundo.” Backchannel 07 January 1996. <http://www.wired.com/1996/07/aum/>.
3. Report No. DOT/FAA/AM-03/12. Os efeitos da iluminação a laser no desempenho operacional e visual de pilotos que conduzem operações de terminal, agosto de 2003. https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/2000s/media/0312.pdf.
4. King, Jamie J. “É hora de um laser classe 5?” Artigo apresentado na Conferência Internacional de Segurança a Laser LLNL. Orlando, FL, March 2013. <https://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/710233.pdf>.
5. Olson, Melissa. “História da pesquisa com armas a laser.” Naval Surface Warfare Center, Dahlgren Division, 2012.
6. Ibid.
7. Federal Aviation Administration (FAA) Report No. DOT/FAA/AM-06/23. Uma revisão dos eventos recentes de iluminação a laser no ambiente da aviação. October 2006. https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/2000s/media/200623.pdf.
8. Nakagawara, Van B., Kathryn J. Wood, and Ron W. Momtgomery. “Incidentes de exposição a laser: problemas de saúde ocular e de segurança da aviação.” *Optometry - Journal of the American Optometric Association* 79, no. 9 (September 2008): 518-24.
9. Ibid.

10. Report No. DOT/FAA/AM-03/12. Os efeitos da iluminação a laser no desempenho operacional e visual de pilotos que conduzem operações de terminal, agosto de 2003.
11. Report No. DOT/FAA/AM-01/7. Ponteiros a laser: seus possíveis efeitos sobre a visão e a segurança da aviação, abril de 2001. https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/aomte-chreports/2000s/media/0107.pdf.
12. Harris, Mark D., Andrew E. Lincoln, Paul J. Amoroso, Bruce Stuck, and David Sliney. “Lesões oculares a laser em ocupações militares.” *Aviat Space Environ Med* 74, no. 9 (September 2003): 947-52.
13. Bunker, Robert J. and Dan Lindsay. “Armas a laser: uma ameaça emergente.” *FBI Law Enforcement Bulletin* 77, no. 4 (April 2008): 1-7.
14. Bergert, Matt, Lisa Campbell and Sid Heal. “Efeitos destrutivos e destrutivos das iluminações a laser.” *FBI Law Enforcement Bulletin* 77, no. 4 (April 2008): 10-15.
15. Barata, Pedro G. Silva, and Piedade, João Carlos Lourenço. “Da Primeira Grande Guerra às Guerras de Quinta Geração - A Transformação da Guerra e as Novas Ameaças.” Paper presente at the OBSERVARE 2nd International Conference. Lisbon, July 2014.
16. Kagan, Frederick. *Encontrando o alvo: a transformação da política militar americana*. New York: Encounter Books, 2006.
17. Correia, Pedro J. Pezarat. “Evolução do pensamento estratégico, revolução dos assuntos militares e estratégia pós-moderna.” *IESM Bulletin*. Lisbon, 2010. <http://www.iesm.pt/cisdi/boletim/Artigos/B7-3.pdf>.
18. Lind, William S. “A mudança da face da guerra: na quarta geração.” *Marine Corps Gazette*, October 1989, 22-26.
19. Ibid.
20. Ibid..
21. Ibid..
22. Crevelde, Martin Van. *A transformação da guerra: a reinterpretação mais radical do conflito armado desde Clausewitz*. New York: The Free Press, 1991
23. Sepúlveda, Isidro. Origem e evolução do terrorismo. Lecture. Terrorism and Counterinsurgency Course (TCI). Center for Hemispheric Defense Studies, Washington, DC, 2012.
24. Bruce, Hoffman. *Inside Terrorism*. New York: Columbia University Press, 2006.
25. Ibid.
26. Hübschle, Annette. “A palavra T: conceituando o terrorismo.” *African Security Review* 13, no. 3 (2006): 2-18.
27. United States Department of State. “Departamento de Contraterrorismo.” <http://www.state.gov/j/ct>.
28. Law 13.260. Regulamenta o disposto no inciso XLIII do art. 5º da Constituição Federal, disciplinando o terrorismo, tratando de disposições investigativas 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. Maio de 2016. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/13260.htm.
29. Defense Ministry. “Estratégia de Defesa Nacional.” 2012. <http://www.defesa.gov.br/arquivos/2012/mes07/end.pdf>.
30. Ferreira, Marcos Alan S.V. “Os órgãos governamentais brasileiros e a questão do terrorismo na tríplice fronteira: divergência nas percepções e convergência nas ações.” *Brazilian Association of International Relations* 7, no. 1 (January/June 2012): 102-117.

31. Liang, Qiao, and Wang Xiangsui. *Guerra irrestrita*. Beijing: PLA Literature and Arts Publishing House, 1999.
32. Davis, Jeffrey R., Robert Johnson, Jan Stepanek and Jennifer A. Fogarty. *Fundamentos da medicina aeroespacial*. Philadelphia: LWW, 2008.
33. Internacional Civil Aviation Organization (ICAO) DOC 9815. *Manual de Emissores a Laser e Segurança de Voo*. 2003.
34. Green, Jr., Col Robert P., Lt Col Robert M. Cartledge, Maj Frank E. Cheney, and Arthur R. Menendez. "Tratamento médico de lesões oculares a laser de combate." Report No. USAFSAM-TR-88-21 R. USAF School of Aerospace Medicine, 1988.
35. Ibid.
36. Organização Internacional da Aviação Civil (ICAO) DOC 9815. *Manual de Emissores a Laser e Segurança de Voo*. 2003.
37. Laser Institute of America (LIA) "Boletim informativo sobre segurança a laser" LIA, 22 October 2015.
38. Ibid.
39. Internacional Civil Aviation Organization (ICAO) DOC 9815. *Manual de Emissores a Laser e Segurança de Voo*. 2003.
40. Internacional Civil Aviation Organization (ICAO) DOC 9815. *Manual de Emissores a Laser e Segurança de Voo*. 2003.
41. Air Force Instruction (AFI) 48-139. Programa de proteção a radiações ópticas e a laser, 30 de setembro de 2014.
42. Internacional Civil Aviation Organization (ICAO) DOC 9815. *Manual de Emissores a Laser e Segurança de Voo*. 2003.
43. DOC 9859. *Manual de Gerenciamento de Segurança (SMM)*. 2013.
44. FAA "Tráfego aéreo pelos números.", 08 October 2017. https://www.faa.gov/air_traffic/by_numbers.
45. National Civil Aviation Agency. "Dados e Estatísticas de Aeronaves." ANAC, 09 February 2017. <http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/aeronaves>.
46. Flightglobal. "Forças Aéreas Mundiais 2016." FlightGlobal, 09 February 2017. <https://www.flight-global.com/asset/6297/waf/>.
47. Report No. DOT/FAA/AM-11/7. Iluminação a laser do pessoal da tripulação de voo por mês, dia da semana e hora do dia durante um período de estudo de 5 anos: 2004-2008, abril de 2011. https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/2010s/media/201107.pdf.
48. Houston, Stephen. "Exposição de tripulações aéreas a ponteiros laser portáteis: o potencial para danos na retina." *Aviat Space Environ Med* 82, no. 9 (September 2011): 921-2.
49. Nakagawara, Van B., Kathryn J. Wood, and Ron W. Momtgomery. "Incidentes de exposição a laser: problemas de saúde ocular e de segurança da aviação." (*Optometry - Journal of the American Optometric Association*) 79, no. 9 (September 2008): 518-24.
50. Air Force Instruction (AFI) 11-301v4. Proteção ocular a laser para tripulação (ALEP), 21 February 2008.
51. Harris, Mark D., Andrew E. Lincoln, Paul J. Amoroso, Bruce Stuck, and David Sliney. "Lesões oculares a laser em ocupações militares." *Aviat Space Environ Med* 74, no. 9 (September 2003): 947-52.



Capitão Roberta Rosas Petrocínio FAB

O Capitão Petrocínio é o cirurgião de voo do 1º Esquadrão de Caça Brasileiro (1º GAVCA), ALA 12, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. É formada em medicina pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro e mestre pela Universidade da Força Aérea Brasileira (UNIFA). Ela também é especialista em medicina aeroespacial, especialista em segurança da aviação e oftalmologista. petrociniorrp@fab.mil.br



Humberto José Lourenção

Pós-doutor em Ciências Militares (Eceme). Doutor em Ciências Sociais (Unicamp). Pesquisador do Grupo de Pesquisa em Estudos Estratégicos e Segurança Internacional. Professor Associado IV da Academia da Força Aérea (AFA). Professor do quadro permanente do Mestrado em Ciências Aeroespaciais da Universidade da Força Aérea (UNIFA). lourencao@hotmail.com