

EDUARDO RODRIGUES DE OLIVEIRA

**RISCOS DE EXPOSIÇÃO DA TRIPULAÇÃO SOB O EFEITO DA ILUMINAÇÃO  
LASER**

GOIÂNIA  
2013

EDUARDO RODRIGUES DE OLIVEIRA

**RISCOS DE EXPOSIÇÃO DA TRIPULAÇÃO SOB O EFEITO DA ILUMINAÇÃO  
LASER**

Monografia apresentada à Pontifícia Universidade Católica de Goiás como exigência parcial para a obtenção do grau de bacharel em Ciências Aeronáuticas.

Professora Orientadora: Esp. Tammyse Araújo da Silva

GOIÂNIA,  
2013

EDUARDO RODRIGUES DE OLIVEIRA

**RISCOS DE EXPOSIÇÃO DA TRIPULAÇÃO SOB O EFEITO DA ILUMINAÇÃO  
LASER**

GOIÂNIA – GO, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

Esp. Tammyse Araújo da Silva	_____ CAER/PUC-GO_____	
	Assinatura	Nota
Dr. Anna Paula Bechepeche	_____ CAER/PUC-GO _____	
	Assinatura	Nota
Esp. Cel. Claudinei de Souza Nunes	_____ CBM/GO_____	
	Assinatura	Nota

Dedico a Deus, por sempre guiar meus passos.

Primeiramente a Deus, por ter me capacitado para que eu pudesse chegar a este aprendizado. Sei que “tudo posso naquele que me fortalece”.

Aos meus familiares, a quem devo parte do que tenho e do que sou, agradeço a atenção e amor recebidos sucessivamente.

À minhas filhas, Lorranny e Ludmylla pelo apoio, compreensão nos momentos de ausência, atenção e amor, elementos essenciais à minha (nossa) realização pessoal.

À professora Tammyse Araújo da Silva, por acreditar em mim, dando-me orientação, incentivo e apoio.

Ao Exmo. Coordenador do Curso de Ciências Aeronáuticas, Professor Raul Francé, pela sua experiência, amizade e colaboração.

Aos professores da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, pelo conhecimento transmitido, pelo companheirismo e apoio ao longo destes três anos que contribuíram para o meu aperfeiçoamento como cidadão, dando-me oportunidades de aprender, dividir conhecimentos e experiências que serão utilizados pelo resto da vida, uma longa caminhada em busca do conhecimento, onde vejo meus objetivos alcançados com sabor de vitória, a qual não tem preço.

Enfim, aos amigos, colegas e a todos aqueles que colaboraram direta ou indiretamente para que este trabalho acontecesse. Àqueles que acreditam em mim, muito obrigado.

“O saber a gente aprende com os mestres e os livros. A sabedoria se aprende é com a vida e com os humildes.”

Cora Coralina

## RESUMO

O raio laser ao mesmo tempo em que representa um avanço tecnológico em diversas áreas, gera, também, preocupação quanto ao seu mau uso e, em especial, o mau uso do feixe de entretenimento conhecido como bastão laser. Esse aparato tornou-se bastante conhecido nos campos de futebol quando torcedores lançavam o seu feixe diretamente nos olhos dos goleiros, causando-lhes cegueira temporária. A partir daí, o bastão laser deixou de ser empregado apenas para entretenimento e desporto e usado por pessoas mal intencionadas que queiram prejudicar a visão de alguém. Nesse sentido, aumenta a preocupação de pilotos e especialistas na área da aviação para com a má utilização desse objeto quando os feixes produzidos por ele são projetados em direção às aeronaves, gerando perigo e risco iminente. Perigo e risco não são aleatórios nessa situação, a cegueira temporária que atingem os pilotos, principalmente na aproximação do pouso, decolagem e subida, pode ocasionar desorientação especial e resultar em acidente aéreo, além de causar sérios danos à retina dos pilotos. O que se quer com essa pesquisa é refletir e divulgar os aspectos mais relevantes desse assunto, chamar a atenção para a má utilização do laser de entretenimento, apontar as possíveis soluções para mitigar os riscos inerentes a tal uso e ressaltar a legislação vigente.

**Palavras-chave:** Laser, Riscos da Tripulação, Segurança de Voo, Medidas Mitigatórias, Urgência.

## **ABSTRACT**

At the same time that it represents a technological breakthrough in many areas, it also raises concerns about its misuse, and in particular, the misuse of the bundle of entertainment known as laser bat. This apparatus has become well known in football stadiums when fans throw its beam directly into the eyes of the goalkeepers, causing them temporary blindness. Since then, the laser rod is no longer just used for entertainment and sports but, used by ill-intentioned people who want to harm one's vision. In this sense, it increases the concern of pilots and experts in the field of aviation with the misuse of this object when the beams produced by it are targeted towards the aircraft, generating danger and imminent risk. Danger and risk are not random in this situation, because temporary blindness which affects pilots, especially on approach, landing, takeoff and climb can cause particular confusion and result in air crash and cause serious damage to the retina of the pilots. What we want with this research is to reflect and promote the most relevant aspects of this subject, calling attention to the misuse of laser entertainment and point out possible solutions to mitigate the risks of its misuse and highlight current legislation.

**Key-words:** Laser, Crew Risks, Flight Safety, Mitigation Measures, Urgency

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Condição de absorção de energia - A.....	18
Figura 2: Condição de absorção de energia - B.....	19
Figura 3: Dispersão da luz branca no prisma.....	20
Figura 4: Feixe laser.....	23
Figura 5: Transfecção Óptica .....	24
Figura 6: Luz no coração.....	25
Figura 7: Luminária laser.....	25
Figura 8: Raio laser instalado em uma bicicleta.....	27
Figura 9: Laser da Raytheon derruba avião não tripulado na Inglaterra. ....	28
Figura 10: Componentes da órbita.....	29
Figura 11: Globo ocular.....	30
Figura 12: Bastonetes .....	31
Figura 13: Olho e a máquina fotográfica .....	32
Figura 14: Bastão de laser. ....	41
Figura 15: Laser em cabine pode causar acidente.....	42
Figura 16: Luz laser na aproximação para o pouso .....	42
Figura 17: Quadro de porcentagem de acidentes .....	43
Figura 18: Zona de Proteção de Voo – A. ....	44
Figura 19: Zonas de Proteção de Voo – B .....	45

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Notificações de voos atingidos por laser por Estado .....	48
--	----

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	-	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANAC	-	Agencia Nacional de Aviação Civil
CENIPA	-	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes
CPB	-	Código Penal Brasileiro
CBO	-	Conselho Brasileiro de Oftalmologia
CONAF	-	Comissão Nacional de Arbitragem de Futebol
DOT/FAA/AM	-	Department of Transportation Federal Aviation Administration
FAA	-	Federal Aviation Administration
LAX	-	Los Angeles de Bakersfield
LEA	-	Limite de Emissão Acessível
LSFZ	-	Zonas de Sensibilidade de Raios Laser
LCFZ	-	Zona Critica de Raios Laser
INFRAERO	-	Empresa de Infra Estrutura Aeroportuária
NIST	-	National Institute of Standards and Technology
OMS	-	Organização Mundial de Saúde
OACI	-	Organização da Aviação Internacional
RBAC	-	Regulamento Brasileiro de Aviação Civil
SIU	-	Sistema Internacional de Unidades
UTC	-	Coordinated Universal Time
UFESP	-	Unidades Fiscais do Estado de São Paulo
VFR	-	Regras de Voo Visual

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>1 O LASER E O HOMEM</b> .....	<b>16</b>
<b>1.1 A evolução do laser</b> .....	<b>16</b>
<b>1.2 Produção da luz do laser</b> .....	<b>18</b>
<b>1.3 Classificações do laser</b> .....	<b>20</b>
<b>1.4 Tipos de laser</b> .....	<b>21</b>
<b>1.5 As múltiplas aplicações do laser</b> .....	<b>22</b>
1.5.1 O uso do laser na medicina.....	22
1.5.2 Raio laser de média potência colorido (Especial) .....	25
1.5.3 Na segurança.....	27
<b>1.6 Como o raio laser afeta a saúde dos olhos</b> .....	<b>28</b>
1.6.1 O globo ocular .....	28
1.6.2 Cones.....	30
1.6.3 Bastonetes .....	30
1.6.4 Cegueira.....	32
<b>1.7 O funcionamento da visão noturna</b> .....	<b>33</b>
<b>2 RISCOS DO LASER À SEGURANÇA DE VOO</b> .....	<b>36</b>
<b>2.1 Consequências do laser na cabine do avião</b> .....	<b>37</b>
<b>2.2 Riscos no ar</b> .....	<b>39</b>
<b>2.3 Ponteira laser: o raio perigoso</b> .....	<b>41</b>
<b>2.4 O que diz a legislação sobre o mau uso do laser</b> .....	<b>43</b>
2.4.1 Da responsabilidade civil e criminal no uso indevido do laser .....	45
2.4.1.1 Aplicação da lei no Brasil .....	46
2.4.1.2 Projeto de lei aprovado .....	46
2.4.1.3 Venda de canetas com ponteiras de laser está proibida. O dispositivo pode causar lesões permanentes na visão.....	47
<b>2.5 Distribuição dos voos atingidos por laser</b> .....	<b>48</b>
<b>2.6 Orientações da ANAC</b> .....	<b>49</b>
2.6.1 Recomendações e medidas para mitigar os riscos da exposição ao laser ...	49
<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>51</b>

<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>59</b>
ANEXO A – Zona de proteção de voo .....	60
ANEXO B – Zona de proteção contra o raio laser .....	61
ANEXO C – Alerta de voo .....	62
ANEXO D – Ficha de Notificação de Raio Laser .....	63

## INTRODUÇÃO

Locomover-se de maneira rápida e segura sempre foi um dos desejos da humanidade. Até poucos milênios atrás, deslocar-se de um lugar para o outro se tornou uma necessidade e, para isso, o homem tinha que vencer as distâncias e, também, inúmeras barreiras dos percursos. Tais necessidades favoreceram a criação de meios de transportes que possibilitaram maior facilidade em sua locomoção.

Para Faria (2003), a evolução dos meios de transporte teve início há 3.000 a.C., quando o homem, na Mesopotâmia, inventou a roda, nome esse talvez derivado do rolete. Com esse invento, o tempo e as grandes distâncias foram diminuídos. Mediante a tal evolução, o meio de transporte teve atenção maior por parte dos seres humanos. Isso fez com que os inventos alavancassem, tornando-se uma necessidade.

Segundo Modernell (1989, p.85),

o historiador grego Heródoto (484 - 425 a.C.) menciona em seus escritos que os caminhos de pedras mais antigos de que se têm notícia, há mais ou menos 3.000 a.C., foram assentados pelo rei egípcio Quéops, por onde se transportam os imensos blocos destinados à construção das pirâmides. Desta mesma época, foram encontrados na tumba da Rainha da cidade de um conjunto de quatro rodas ligadas por eixo do tipo que necessitavam de estradas.

Segundo Faria (2003), no século XIX, surgiram as primeiras locomotivas e trens a vapor, conhecidos como Maria fumaça, beneficiando o transporte de pessoas e bens em menor tempo e com custos mais baixos. Hoje, há vários meios de transportes, dentre eles, o avião: meio rápido, seguro e confortável. É verdade que, muitas vezes, a segurança no transporte aéreo é colocada em xeque. Isso ocorre não porque voar é inseguro, mas pelo fato de que, quando acidentes aéreos acontecem, as dimensões midiáticas que eles alcançam são de grandes proporções, tanto nacional quanto internacionalmente.

O que se pretende aqui não é abordar as consequências de um acidente aeronáutico e, tampouco, questionar o fascínio macabro da mídia e da sociedade pelos grandes desastres aéreos, mas sim apontar uma das múltiplas possibilidades que levam uma aeronave ao acidente. Pois, há muitos fatores contribuintes para a ocorrência de acidentes aéreos. Mas ao mesmo tempo em que esses fatores

existem, há, também, muitas defesas para evitá-los, dentre elas: tecnologias, os regulamentos e os treinamentos.

Se a tecnologia empregada nos modernos aviões visa, cada vez mais, a segurança; se existem normas, regras e regulamentos que elevam a confiabilidade do sistema de tráfego aéreo e, se cada vez mais os pilotos são treinados à exaustão (principalmente em simuladores de voo) para atuarem em situações adversas, há de se concordar com Faria (2003), quando esse afirma que o avião é um meio de transporte rápido, seguro e confortável.

Então, por que os acidentes aéreos acontecem? Porque em algum momento, as defesas foram burladas ou são falhas. As falhas de defesas podem ocorrer por ações ou inações do piloto da companhia aérea ou do controle de tráfego aéreo. Porém, é possível que aconteça também, por influência de terceiros, alheios ao voo. Para essa situação, destaca-se o objeto desse trabalho: o risco da tripulação sob o efeito do raio laser.

O motivo dessa pesquisa é que estudos no Brasil ainda são incipientes e a Universidade é o ambiente de novos temas e novas discussões. Há de se ressaltar a preocupação com o problema, visto que o mesmo resulta de uma ação de terceiros, não sendo, portanto, tático e controlável pelo piloto. É preciso lançar mão de políticas públicas e campanhas voltadas à prevenção, para conhecer e esclarecer o assunto e, também, para punir os infratores.

Essa monografia tem como objetivo mostrar os riscos da utilização inadvertida de objetos e equipamentos emissores de raio laser e a periculosidade do mesmo para a segurança de voo. Além disso, levar ao conhecimento das autoridades competentes essa problemática, para que meios de contenção sejam criados e que esses sejam controlados pelo Governo Federal.

A problemática posta é a seguinte: “O laser de entretenimento constitui um risco iminente para um acidente aéreo”, conforme relatos de ocorrências citados pela (FAA), órgão regulador da Aviação Civil Norte Americana Federal – Aviation Administration, que reúne relatos de visuais no desempenho dos pilotos durante as operações aéreas.

No Brasil, ocorrem acidentes que, inclusive têm tornado frequentes, devido ao uso de objetos emissores de raio laser em direção às aeronaves. As recorrentes palestras sobre o tema Segurança Aeroportuárias demonstram que as autoridades aeronáuticas estão, cada vez mais, atentas ao assunto quando versam sobre a popularização e o uso indevido de aparelhos portáteis emissores de raio laser na cor verde, projetados na direção de aviões e helicópteros em voo.

Para conhecer o assunto, foi preciso buscar bibliografias que explicassem o quanto o laser pode ter sobre os olhos do piloto. Nesse sentido, procurou-se entender, num primeiro momento, o que é de fato o laser, como ele surgiu e qual a sua aplicabilidade na sociedade. Depois, foi preciso compreender o sistema ocular para perceber como esse é vulnerável às projeções diretas do feixe de luz. A partir daí, o referencial teórico aponta as pesquisas inerentes ao assunto destinadas à aviação, principalmente as realizadas pela agência norte americana. O laser que incide diretamente sobre os olhos de um piloto, causa cegueira temporária, o que pode resultar em acidente aéreo. A pergunta que se faz, portanto, é a seguinte: a legislação atual brasileira prevê em seu Código Penal Brasileiro (CPB), que a pessoa responsável por tal projeção seja punida e que essas ações sejam crime? Para responder a tal indagação, buscou-se a legislação em vigor e se há nela relação com o enquadramento criminal para com essas ações.

A construção da pesquisa está estruturada em dois capítulos: o primeiro, em que se compreende aspectos da história, classificação, aplicação do laser e suas consequências sobre a retina; e o segundo, que aponta elementos voltados ao uso indevido do laser projetado à cabine das aeronaves em voo, elementos esses que identificam os risco, a legislação, as estatísticas e orientações oriundas da agência reguladora brasileira.

O grande trunfo da sociedade é o conhecimento. Conhecer é mais que dominar conteúdos epistemológicos, é ter em mãos o poder de transformar o mundo. O saber transformador educa, evolui a qualidade de vida do homem e o leva a discutir e buscar novos horizontes. É na perspectiva de mudança e melhoria que se apresenta esta pesquisa. Há de se investir em campanhas educativas e políticas públicas que olhem para as deficiências da sociedade e procurem esclarecer e educar para não ser necessário punir depois. É melhor ter cidadãos que entendam o risco de causar um acidente aéreo e matar centenas de pessoas na utilização do laser por brincadeira ou maldade, do que ter que abarrotar as cadeias já saturadas com mais um tipo de criminoso, ou brincalhão de mau gosto.

# 1 O LASER E O HOMEM

Nesse capítulo será apresentada a história do laser e suas aplicações na sociedade. É um grande avanço da física moderna, em razão de ser uma tecnologia bastante empregada em várias áreas, tais como: estética, indústrias, medicina, comunicação, imagens, segurança, códigos de barras e gravação de músicas. Filósofos gregos antigos não diferenciavam muito bem os aspectos relacionados à luz e à visão. A luz era algo intrinsecamente ligado à capacidade visual e não uma entidade física diferente. Além de mostrar a evolução e a aplicação do laser em diversas atividades, aqui será o momento de explicar o funcionamento do sistema ocular humano com a finalidade de apontar os problemas que o laser pode causar à visão. Esse estudo é iniciado com a explanação sobre a luz (SALVETTI, 2008).

## 1.1 A evolução do laser

Na Idade Média, já eram conhecidos e estudados diversos fenômenos ópticos, tais como: reflexão, refração e decomposição da luz em prisma. No início do século XX, surgiram novos conceitos que determinaram a Óptica moderna<sup>1</sup>, que representou uma fonte de novas teorias que contribuíram para os estudos e pesquisas na descoberta do laser.

Para Piazza (2008), a história do laser teve início no ano de 1917 com a publicação de Albert Einstein<sup>2</sup>. Segundo Mendonça (1998), vários físicos e filósofos da Antiguidade tiveram sua parcela de contribuição para que o primeiro disparo de raio laser acontecesse no ano de 1960, através de pesquisas e experiências, dentre eles: Galileu (1564–1642) e Newton (1642–1727). Muitos foram os pesquisadores que compartilharam seus conhecimentos no decorrer dos séculos e, portanto, não tiveram seus nomes citados pela historiografia. Indubitavelmente, tais descobertas foram essenciais para o avanço da ciência.

O físico inglês Isaac Newton, fundamentou sua tese na “Filosofia Experimental”, onde os experimentos propostos por Galileu os deixavam livres das especulações. Assim, adotou uma linha empirista quanto à natureza corpuscular ou

---

<sup>1</sup>Óptica moderna: É o ramo da Física que estuda a propagação da luz e sua interação com a matéria. Em muitas áreas da ciência e tecnologia.- S.C.ZILIO.

<sup>2</sup>ON The Quantum Theory Of Radiation.

ondulatória da luz (dúvida que ainda hoje é considerada pela Mecânica Quântica). No ano de 1666, Newton realizou sua famosa experiência da refração, na qual fez passar um feixe de luz branca através de um prisma de vidro onde o raio de luz dividiu-se em várias cores diferentes, como as cores do arco-íris. O inventor era muito voltado à numerologia e, por razões místicas, admirava o número sete, sendo assim, confirmou ver sete cores, como: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta; ficaram conhecidas como as sete cores do arco-íris (MENDONÇA, 1998).

Foram tantas as descobertas de Newton que, mesmo em outras áreas da Física, seu mérito manteve-se assegurado. Apesar da dúvida, Newton, progressivamente, passou a aderir à teoria corpuscular (apesar de nunca ter rejeitado a natureza de ondas), pois com a teoria ondulatória, não conseguia explicar a propagação retilínea da luz. Foram Young (1773-1829) e Fresnel (1788-1827) os primeiros a se apoiarem na teoria ondulatória, incorporando-lhe e unificando-lhe conceitos (princípio da interferência).

As pesquisas de Newton foram essenciais para a descoberta do laser que, de acordo com Hechet (1998), surgiu no início de 1960. O laser é um equipamento fruto de pesquisas realizadas por diversos cientistas<sup>3</sup>. Finalmente, em julho de 1960, o físico americano Theodore Haroud Maiman anunciou a utilização do laser.

Para Hechet (1998), o  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , primeiro laser desenvolvido por Maimam, era um laser pulsado de rubi que consistia em um pequeno cristal sintético de rubi rosa ou pálido (um cristal de Óxido de Alumínio  $\text{Al}_2\text{O}_3$  com peso de 0,05% de Óxido de Cromo  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), sendo o cristal em questão o meio ativo de muitos lasers sólidos.

Um exemplo do funcionamento do laser criado por Maiman é o de cristal de rubi, instalado no eixo de uma lâmpada gasosa helicoidal<sup>4</sup> com funcionamento pulsátil. Esse regime de pulsação é responsável pelo bombeamento óptico<sup>5</sup>; é ele que gera a luz do laser por emissão estimulada de fótons. Os fótons são excitados pela lâmpada de brilho intenso (flash); quando tal pulsação acontece, o rubi apresenta uma luminosidade muito intensa com alguns milissegundos de duração.

Segundo Piazza (2008), o laser apresenta algumas características de forma funcional e construtiva. É um aparelho que amplifica a luz e a transforma em

---

<sup>3</sup>Charles Hard Townes (EUA) e Alexander Mikhaiovich Prokhorov e Nikolai Gennadievch Basov (URSS), que dividiram o prêmio Nobel da Física no ano de 1964, em razão da descoberta do MASER Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation, que é (Amplificação de Microondas por Emissão Estimulada de Radiação).

<sup>4</sup>Eixo em Espiral.

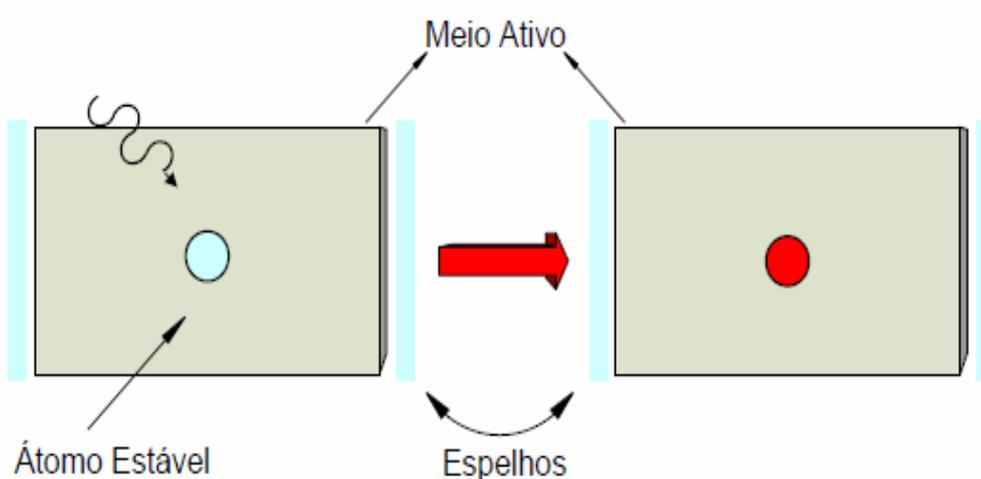
<sup>5</sup> Fluxo de Radiação eletromagnética.

um feixe intenso e fino de ondas; possui uma coloração pura e definida, que torna explícito o funcionamento de um laser. Isso acontece quando se excita um número mínimo de átomos de um determinado material a um nível de energia superior; em outras palavras, o átomo está super excitado fora do seu estado fundamental de energia. Após o elétron deixar o estado excitado e retornar ao estado fundamental, o átomo emite o fóton que, por sua vez, pode ser visualizado como um conjunto de energia.

## 1.2 Produção da luz do laser

Para o autor Piazza (2008), a luz do laser se dá por meio de algumas etapas. Essas fases serão detalhadas a seguir, de acordo com o processo de formação do laser que usa átomos flexíveis e paralelos entre si, confinados dentro de uma ampola com espelhos. Este ambiente fechado proporciona duas condições.

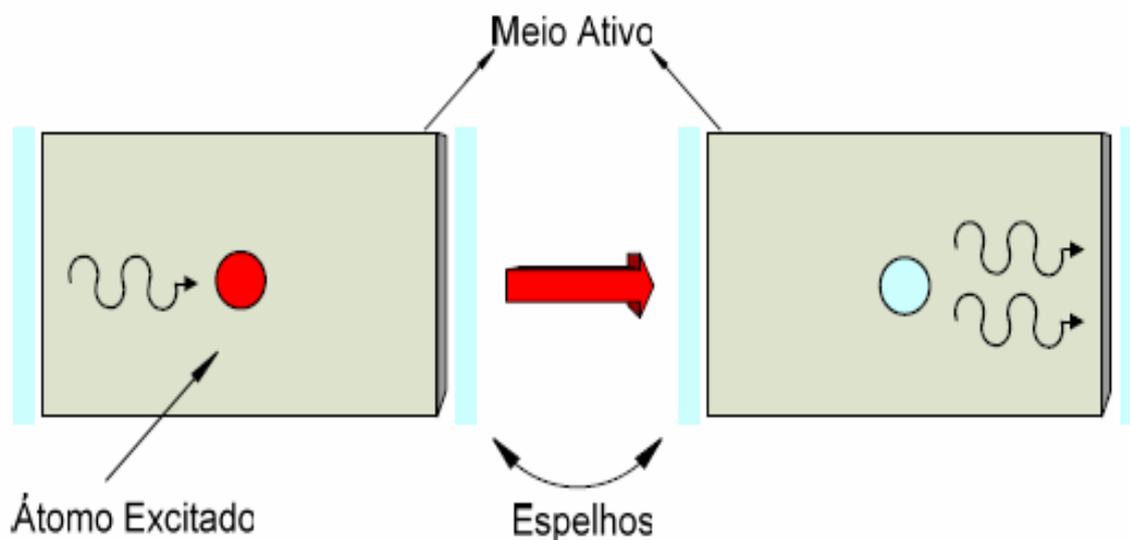
Na condição A, tem-se um exemplo que simula o átomo confinado, o qual é refletido por dois espelhos: um com reflexão a 100% e outro com 99% da onda incidida. O átomo se encontra no estado fundamental, porém, quando recebe ação de um fóton externo, fica em estado de excitação; é a absorção de energia (Figura 1):



**Figura 1:** Condição de absorção de energia - A (PIAZZA, 2008).

Na condição B, representada através da figura 2, mostra o processo após o átomo ser excitado pelo fóton anteriormente. Esse passa a receber outra descarga de fóton que foi gerada através da reflexão, sendo que a interação do átomo e o

fóton produz a emissão estimulada, onde o elétron retorna para o seu nível fundamental, emitindo o fóton que interagiu mais o fóton da mudança de nível.

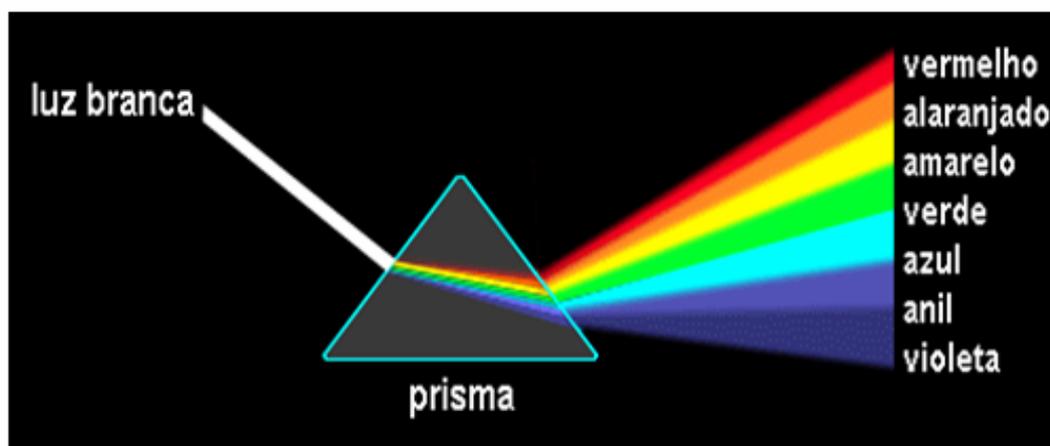


**Figura 2:** Condição de absorção de energia – B (PIAZZA, 2008).

Com esse processo de repetição contínua, o número de fótons coerentes (mesma fase e direção) aumenta de forma vertiginosa, sendo que, uma parte resultante de tal crescimento, cerca de 1%, escapa da região confinada, gerando, assim, o laser. A luz do laser é muito diferente da luz branca (solar).

São propriedades da luz laser: se a luz liberada é monocromática, ela contém um comprimento de onda e cor específicas, isso é determinado pela quantidade de energia liberada quando o elétron vai para uma órbita<sup>6</sup>. Quando a luz liberada é coerente, ela é "organizada", ou seja, os fótons se movem em uníssono em frentes de ondas. Se a luz é bem direcionada, a luz do laser tem um feixe estreito, forte e concentrado. A luz de uma lâmpada, por outro lado, libera luz em várias direções, além de ser fraca e difusa. Na figura 3, tem-se um exemplo de como a luz branca se diverge e o raio de laser não (PIAZZA, 2008).

<sup>6</sup>Órbita é a trajetória que um corpo percorre ao redor de outro sob a influência de alguma de uma força geralmente a força da gravidade.



**Figura 3:** Dispersão da luz branca no prisma (AULA: O ARTIGO DE ISAAC NEWTON, 2012).

Na figura 3, observa-se um prisma que, ao receber a luz branca, quebra-se nas cores do arco-íris. Tal situação ocorre porque os fótons viajam na mesma velocidade da luz no vácuo; mas se esse entra em um meio mais denso, como o vidro, seu comprimento de onda e sua velocidade diminuem. A frequência de vibração continua e quanto mais curto o comprimento desta onda, menor será a velocidade. Uma comparação: dois fótons viajando através de um vácuo, uma onda de 650 nm<sup>7</sup> e outra de 450 nm de comprimento; enquanto ambos permanecem no vácuo, eles têm a mesma velocidade; quando eles alcançam o vidro perpendicularmente, o fóton de 450 nm tem menor velocidade que o fóton 650 nm; ao entrarem no vidro obliquamente, sua trilha é desviada em proporção à diminuição de sua velocidade. Isso resulta em quanto mais curto o comprimento e uma onda, maior será sua inclinação. O azul é mais inclinado e é desviado do vermelho (SILVA, 1996).

### 1.3 Classificações do laser

O laser é classificado, segundo o National Institute of Standards and Technology (NIST) - Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia Americana, em quatro classes, de acordo com sua potência e seus efeitos sobre os tecidos e danos biológicos. Cada classe corresponde a um Limite de Emissão Acessível (LEA), de

<sup>7</sup>Nanômetro: É uma unidade de medida que equivale a 1 metro dividido por 9- (UFMG, 2010, p. 26).

forma que todo equipamento laser deve portar um rótulo informativo com uma das quatro classes a seguir (IFALPA, 2009):

- Classe I (<0,39 mW<sup>8</sup>) - esse laser não emite radiação em níveis perigosos e capazes de ferir ou lesionar a pele, ou seja, o limite nunca será alcançado.
- Classe II A (<5 mW) - são lasers de posição intermediária (contínuos de 1 a 5 mW); há perigo somente quando o feixe do raio entra em contato com o olho por um tempo superior a 10 segundos, mas pode-se proteger os olhos apenas com o reflexo de piscar. Sua potência é limitada ao LEA da classe I por um período máximo de exposição de 0,2 segundos.
- Classe III A (<5 mW) - risco de lesão nos olhos quando olha-se em sua direção por tempo superior a 10 segundos. A maioria dos apontadores ou bastões a laser se enquadra nesta faixa, porém o reflexo de piscar pode proteger os olhos, limitando o tempo de exposição a 0,2 segundos.
- Classe III B (<500 mW) - são considerados perigosos, uma vez que emitem energia moderada que, direcionada aos olhos causam danos. Porém, se refletido a uma distância de 13 cm e a exposição de 10 segundos, não causa danos.
- Classe IV B (>500 mW) - são lasers de alta energia (contínuos 500 mW pulsada a 10 J/cm<sup>2</sup> ou limite de reflexão difusa); perigosos aos olhos e a pele a qualquer momento, seja o feixe direto ou difuso. Apresentam prováveis riscos de incêndio e risco de lesão na pele. Sua utilização requer medidas de controle em instalações que contém laser classe IV.

#### 1.4 Tipos de laser

Há diferentes tipos de lasers que, dependem, exclusivamente, do composto existente no meio ativo, o qual pode ser, em sua maioria, do tipo sólido, líquido, gasoso ou dispositivo de estado sólido<sup>9</sup>. Geralmente, o laser é designado pelo tipo de material usado na sua confecção. Por ser uma tecnologia de ponta, é empregado em diversas áreas, além de apresentar propriedades especiais, dentre elas: médicas (cirúrgicas), fisioterápicas como analgésicos anti-inflamatórios, na indústria para corte de chapas metálicas, como medidores de distâncias em pesquisas científicas (pinças ópticas, hidráulicas, física quântica, física atômica, resfriamento de nuvens radioativas, informação quântica, comunicação por meio de fibras ópticas, leitores de código de barras, canetas laser pointer para apresentações e leitores de aparelhos DVD). Suas aplicações no mundo contemporâneo são bem

<sup>8</sup>O miliwatt, cujo símbolo é mW, consiste numa unidade da grandeza física potência. É um submúltiplo do watt. No Sistema Internacional de Unidades (SIU), a potência vem expressa em watts pelo que para converter miliwatts em watts é necessário reduzir de miliwatts a watts, isto é, 1 mW=10<sup>-3</sup> W.miliwatt (mW). In **Infopédia** [Em linha].(MILIWATT, 2003-2013).

<sup>9</sup> Corpo de Forma rígida apresenta separação média de átomos pequena em relação aos gases-Gaelzer – Física do Estado Solido (IFM/UFPEL) 2004.

variadas. De acordo com Silva (1996, p. 06), tem-se a classificação do laser quanto a:

- LASER SÓLIDO: é fabricado em uma matriz sólida, como o laser de rubi ou laser Yag de neodímio trio-alumínio-granada que emite luz infravermelha a 1064 nanômetros (nm), onde cada unidade corresponde a  $1 \times 10^9$  metros.
- LASER A GÁS: são constituídos de gases (hélio e hélio-neônio, HeNe), que são os gases mais comuns. É visível como uma luz vermelha, dentre eles, o Laser de CO<sub>2</sub>, que emite energia infravermelha de grande comprimento, utilizados nos diversos ramos de indústrias para cortes de materiais resistentes.
- LASEREXCIMER: Excimer é uma palavra que deriva do termo excitado. Este laser é, portanto, a reação dos gases de Cloro e o Flúor, misturados a gases nobres como: Argônio, Criptônio ou Xenônio que, quando estimulados eletricamente, produz uma pseudomolécula (dímero), produzindo luz na faixa ultravioleta, usada para cirurgias do globo ocular.
- LASER DE CORANTES: utilizam um complexo de corantes orgânicos como: Rodamina 6G, em suspensão ou solução líquida para a geração do laser; pode ser ajustada em várias faixas de comprimento da onda. É usada em tratamentos odontológicos, nas impressões a laser e nas indústrias têxteis.
- LASER SEMICONDUTOR: conhecido como laser de diodos; estes dispositivos eletrônicos costumam ser bem pequenos e utilizam baixa energia. São facilmente encontrados em equipamentos de CD "CompactDisc" e DVD "Digital VideoDisc", como na área de estética auxiliando na eliminação de pêlos, na medicina como instrumento cirúrgico para remoção de varizes (veias), e outras finalidades médicas.

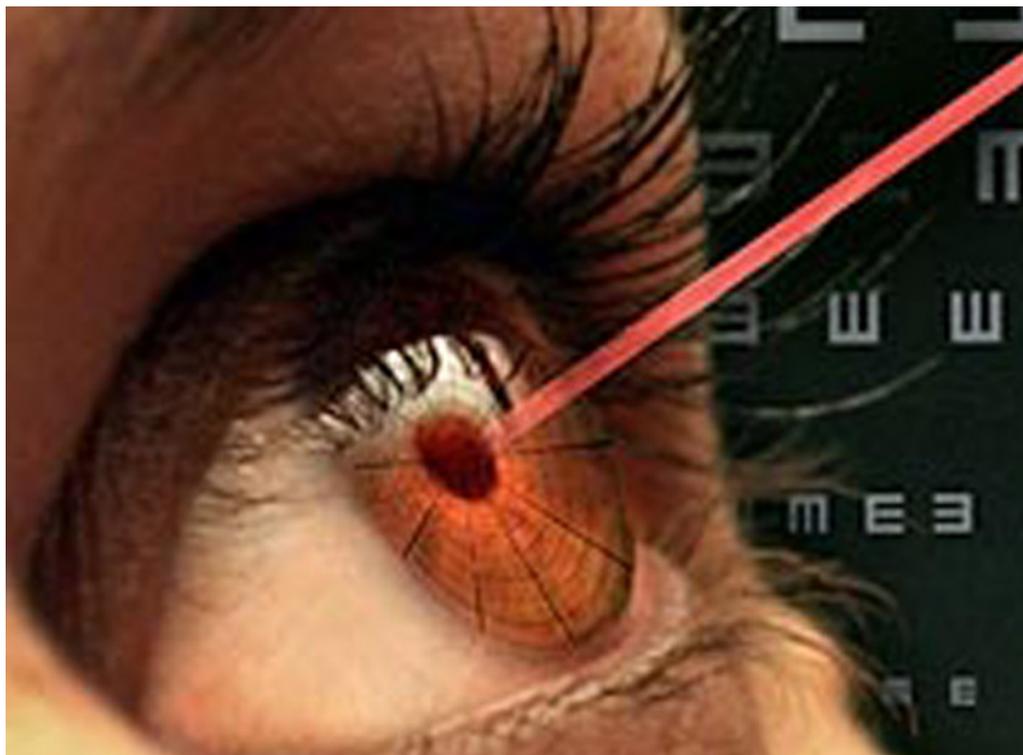
## 1.5 As múltiplas aplicações do laser

### 1.5.1 O uso do laser na medicina

Um dos maiores avanços da medicina foi o emprego do laser nas cirurgias de grandes complexidades. Vale ressaltar que tal fato se deu na década de 1960, pelo Dr. Charles Campbell, MD, (1926-2007)<sup>10</sup>. Conforme relatos do Archives of Ophthalmology<sup>11</sup>, em fevereiro de 2008, que cita as primeiras aplicações na oftalmologia, em cirurgias oculares para o descolamento de retina, facilitando o corte e a cauterização. Segue um exemplo de uma cirurgia com uso do laser de rubi, onde o feixe é direcionado ao centro do globo ocular e o raio passa pela pupila sem danificar a íris e há queima de apenas uma área restrita da retina (Figura 4):

<sup>10</sup>Dr. Charles Campbell – Pioneiro no uso do laser em cirurgias oftalmológicas. (ARCH OPHTHALMOL, 2008)

<sup>11</sup>Nome técnico para introdução de um gene em uma célula (LASER INSERE GENE CELÚLAS, 213).



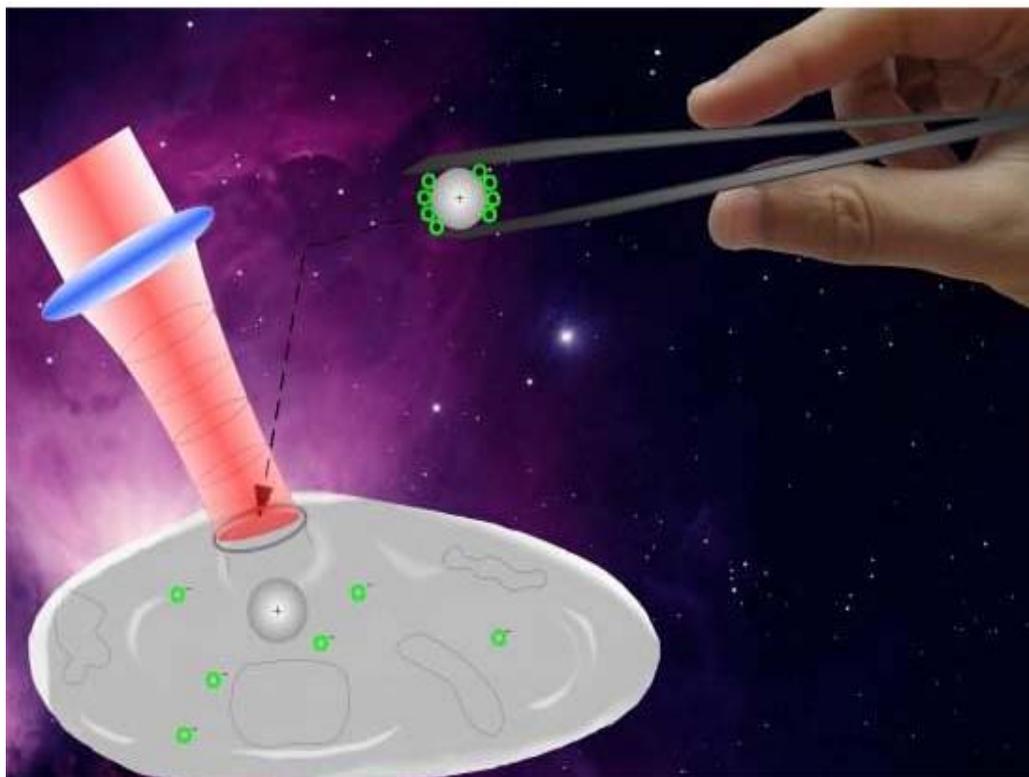
**Figura 4:** Feixe laser (CIRURGIA A LASER PARA MIOPIA , 2013)

O Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO) relata que o uso desta tecnologia moderna, empregada com a luz laser, tem tornado uma ferramenta de apoio aos procedimentos cirúrgicos, tornando-os mais fáceis e rápidos (CBO, 2008).

Entre as várias aplicações do laser na medicina, pode-se destacar o seu emprego nas cirurgias cardíacas, neurológicas, ginecológicas, urológicas, dermatológicas, angiológicas e odontológicas. Segundo Siqueira, “As perfurações feitas pelo raio laser, tendo como meio ativo um cristal de fluoreto de ítrio lítio, combinado com a terra rara hólmio, têm diâmetro de 230 microns (o micron é a milésima parte de um milímetro) e alcança 3 milímetros de profundidade” (SIQUEIRA, 1994, p. 34).

Conforme dados da Revista Veja (2010), hoje, o laser se faz presente em mais de 50% dos procedimentos médicos, essa ferramenta tecnológica é um avanço da medicina. Seu uso permite, além de cirurgias, a manipulação individual de células, favorecendo uma terapia genética pelo processo de Transfecção Óptica<sup>12</sup>, usada pela engenharia genética nas plantas e animais. Tal processo faz parte da nanotecnologia<sup>13</sup> e pode ser representado (Figura 5).

<sup>12</sup>Nome técnico para introdução de um gene em uma célula. (LASER INSERE GENE CELÚLAS, 213).



**Figura 5:** Transfecção óptica (WALLED, *et al.*, 2013)

Tal avanço tecnológico, na questão do uso do laser, tem permitido à medicina evoluir de maneira confiável e trazendo benefícios à humanidade. A figura 6 relata uma experiência com uso de luz para substituir os velhos marca-passos; seu funcionamento é por corrente elétrica induzida opticamente (feixe de luz), permitindo que o coração volte aos batimentos normais.

---

<sup>13</sup> A nanotecnologia é a capacidade potencial de criar coisas pequenas, usando as técnicas e ferramentas que possam ser desenvolvidas nos dias de hoje para colocar cada átomo e cada molécula no lugar desejado.

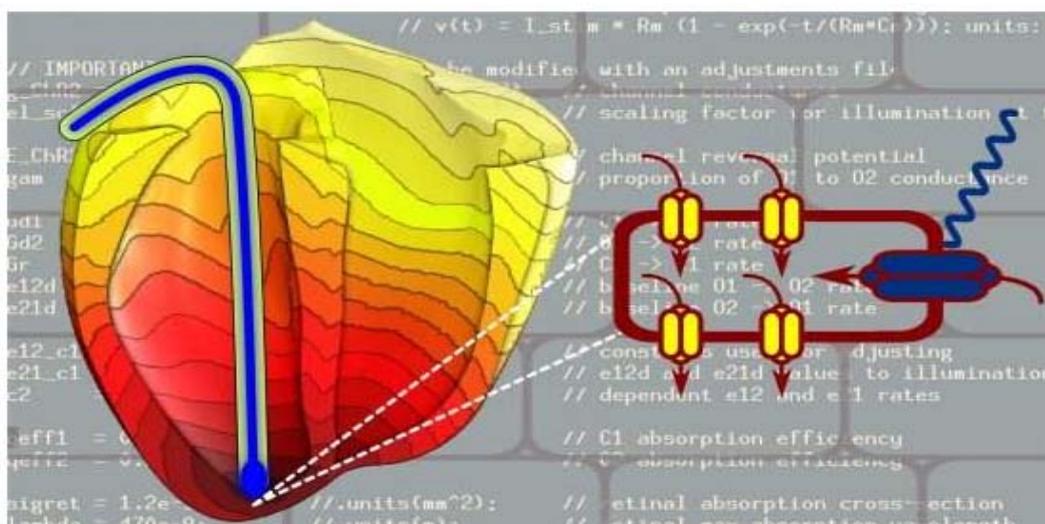


Figura 6: Luz no coração (BOYLE, *et al.*, 2013).

### 1.5.2 Raio laser de média potência colorido (Especial)

De acordo com o dicionário Ferreira (2010), a palavra evento tem o significado de uma festa programada, seja ela nos mais variados locais de seu acontecimento. Esse laser é indicado para ambientes internos ou externos de média capacidade. Está presente, seja num ambiente de show ou nas luminárias; de coloração verde, vermelha e azul, representada pela figura a seguir.

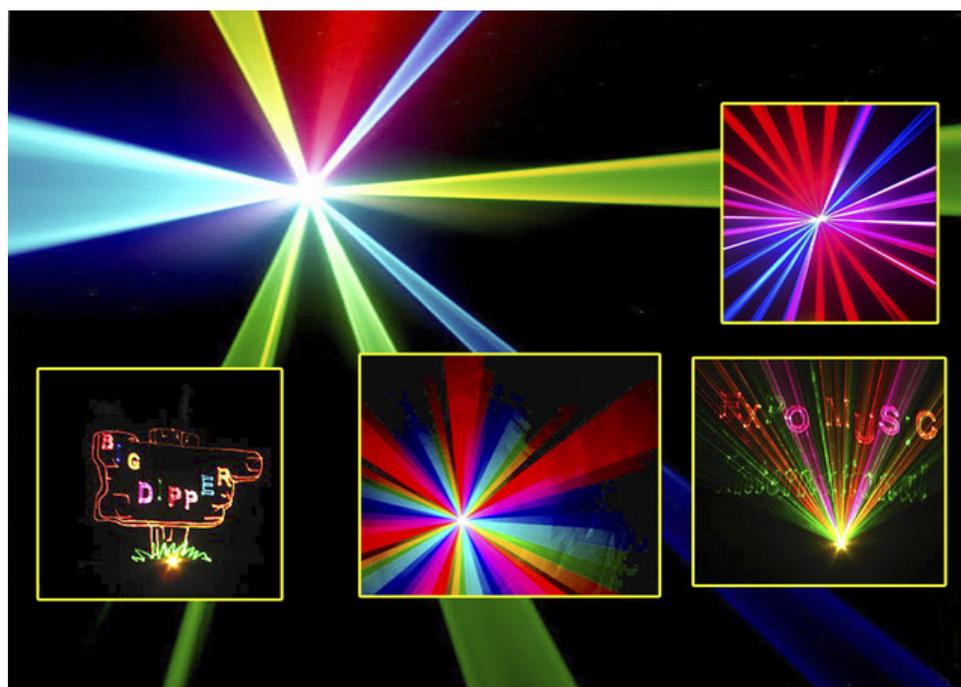


Figura 7: Luminária laser (LUMINÁRIA LASER, 2013).

Tornou-se rotina nos estádios, em dias de jogos à noite, a torcida local usar o artifício da luz a laser para prejudicar a visão, principalmente, do goleiro adversário. Apesar de ser tratado superficialmente pela comissão de arbitragem, um especialista ouvido pelo programa esportivo Globo Esporte diz: “o laser é muito perigoso e pode até levar à cegueira”.

De acordo com o site do Globo (2011), em São Januário, o goleiro Edson Bastos, do Coritiba, não titubeou e, assim que o objeto começou a ser utilizado pelos vascaínos, solicitou ao árbitro, Paulo César de Oliveira, que paralisasse o primeiro jogo da final da Copa do Brasil. O juiz atendeu ao pedido e aguardou a resolução do problema. No entanto, no jogo contra o Cerro Porteño, em Assunção, Neymar não teve a mesma sorte e passou muito tempo perseguido pela luz nos olhos.

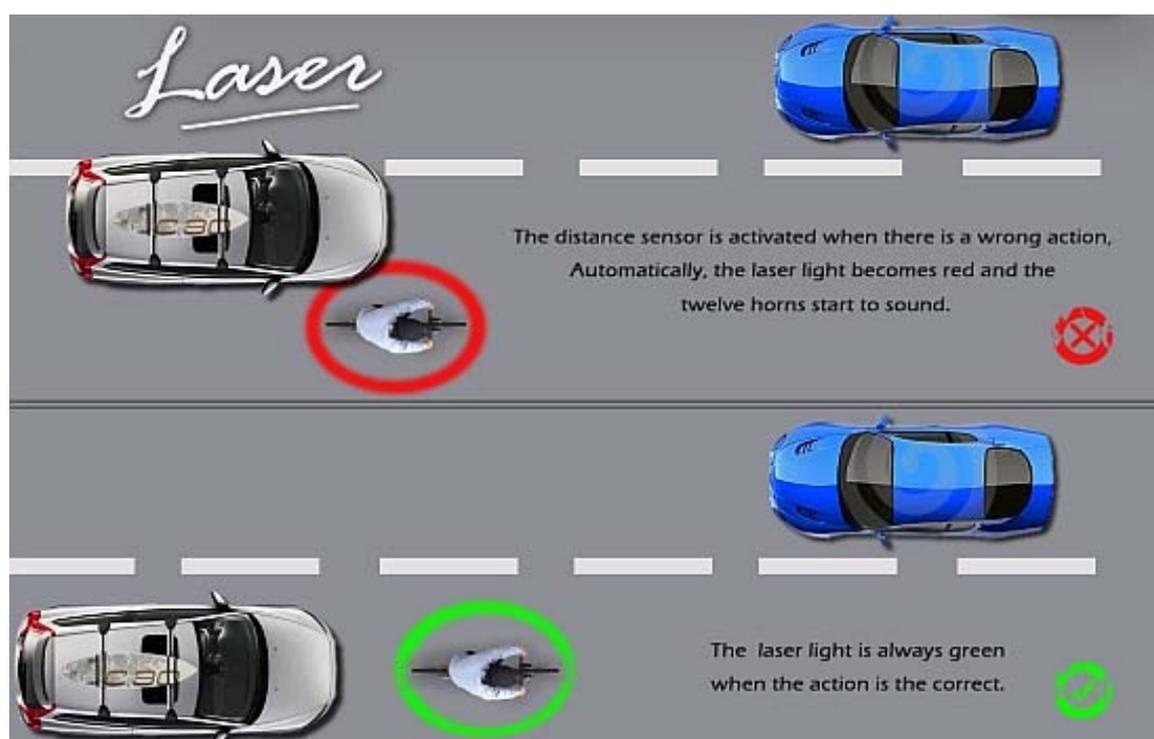
De acordo com o oftalmologista André Maia, médico da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), o contato com o laser é muito perigoso na visão do homem. Há casos descritos de queimadura da retina e até perda da visão em pessoas que frequentaram festas 'rave' e tiveram contato com raios laser desse tipo. Deve-se, portanto, considerar o mesmo como uma arma e proibir seu uso nos jogos de futebol, já que a potência é muito alta e pode queimar a retina.

Com alcance de aproximadamente 300 metros, o laser custa em torno de R\$ 50,00 (cinquenta reais) e, na maioria das vezes, vem da China. Basta que a luz chegue dentro do olho, que é uma lente de 60 graus, para ser concentrado no centro da visão, podendo até levar à cegueira. Um árbitro, que preferiu não se identificar, contou que o assunto é pouco abordado pela Comissão Nacional de Arbitragem de Futebol (CONAF). A discussão é superficial, sem qualquer determinação para, por exemplo, paralisar a partida. Os árbitros são livres para determinar, de acordo com seus critérios, as atitudes a serem tomadas.

A CONAF aborda de maneira superficial e, fica pelo bom senso do árbitro, dependendo do quanto está atrapalhando o jogo. Temos essa autoridade de paralisar - disse o juiz. A Polícia tenta coibir o uso, assim que é identificado algum laser atrapalhando os jogadores, o árbitro comunica à Polícia Militar, que tenta encontrar de onde vêm os disparos luminosos e coibir a ação. Algumas tentativas por parte da arbitragem, no entanto, são frustradas (JORNAL GLOBO, 2011).

### 1.5.3 Na segurança

Na sociedade atual, o raio laser é utilizado em varias áreas, inclusive a segurança já faz uso do laser como um forte aliado na prevenção de acidentes. Essa tecnologia avança numa escala ascendente, com o objetivo de facilitar a vida das pessoas e proporcionar segurança, seja ele instalado em residências ou veículos. Na figura 8, o raio laser foi instalado em uma bicicleta; o dispositivo tem seu funcionamento baseado na projeção de luz laser, nas cores verde e vermelha em forma de elipse; esta dá uma impressão de aumento de tamanho da moto ou da bicicleta, assemelhando-se a um tamanho de um carro, basta o carro invadir tal espaço para que o sensor acione a luz vermelha e uma sirene, alertando o motorista e, evitando assim, o acidente.



**Figura 8:** Raio laser instalado em uma bicicleta (SICA, 2012).

Recentemente, uma companhia americana chamada Raytheon desenvolveu uma arma laser que tem o poder de derrubar aviões. Tal fato foi demonstrado numa feira de aviação por nome de Farnborough, na Inglaterra e, somente era possível nos filmes de ficção científica, mas hoje já se torna realidade (Figura 9).



**Figura 9:** Laser da Raytheon derruba avião não tripulado na Inglaterra (G1 GLOBO, 2010).

## 1.6 Como o raio laser afeta a saúde dos olhos

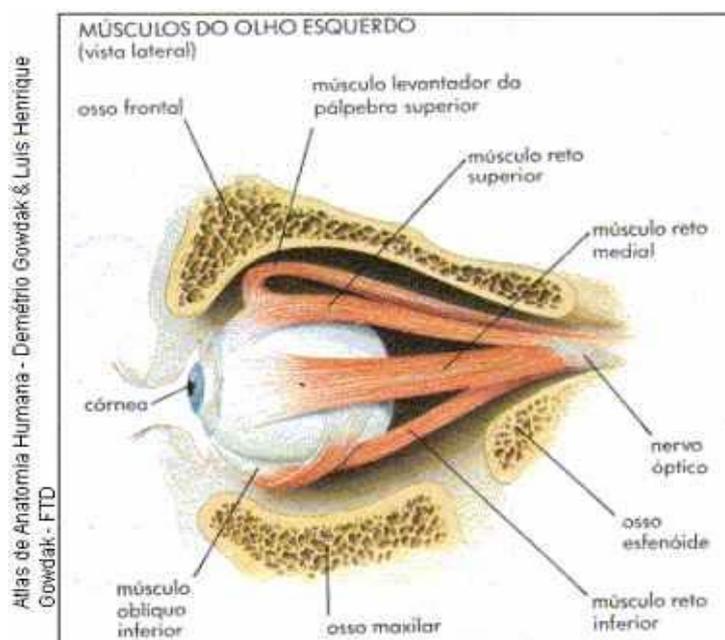
A grande sensibilidade na visão dos pilotos pode afetar até mesmo o equilíbrio espacial e gerar uma condição de perigo. Como o sistema ocular é complexo, é preciso decifrar sua estrutura e seu funcionamento para se compreender essa sensibilidade e prever possíveis problemas. O próximo item explicará o globo ocular humano.

A visão (ou vista) é um dos cinco sentidos que permitem aos seres vivos ter percepção e interagir com o mundo exterior. O complexo órgão chamado olho, funciona capturando a luz e a transformando em impulso elétrico para o cérebro, e o mesmo a interpreta como imagem. O olho funciona analogicamente como uma câmara fotográfica, que capta por meio da entrada da luz, a imagem no cristalino e fica impresso na retina. Essa faz o papel do filme da máquina fotográfica, onde a imagem entra de cabeça para baixo e sofre a inversão no cérebro como exemplificado na figura 10.

### 1.6.1 O globo ocular

O globo ocular é um órgão esférico localizado numa cavidade óssea da órbita e que ocupa um quinto do espaço da mesma, uma vez que tem movimentos giratórios para direções convenientes graças à atuação dos músculos em volta do globo. Tais músculos estão localizados de um lado e de outro, acima e abaixo do olho e têm movimentos independentes e diferentes. Dois dos músculos, os

chamados retos, giram o olho para a direita e esquerda, para cima ou para baixo. Os dois outros músculos, os oblíquos, giram o olho para a parede medial da órbita. O nervo óptico, localizado na superfície interna do globo, é responsável por transmitir, juntamente com as terminações nervosas, os impulsos visuais para o cérebro (GOWDAK, HENRIQUE, 2005).



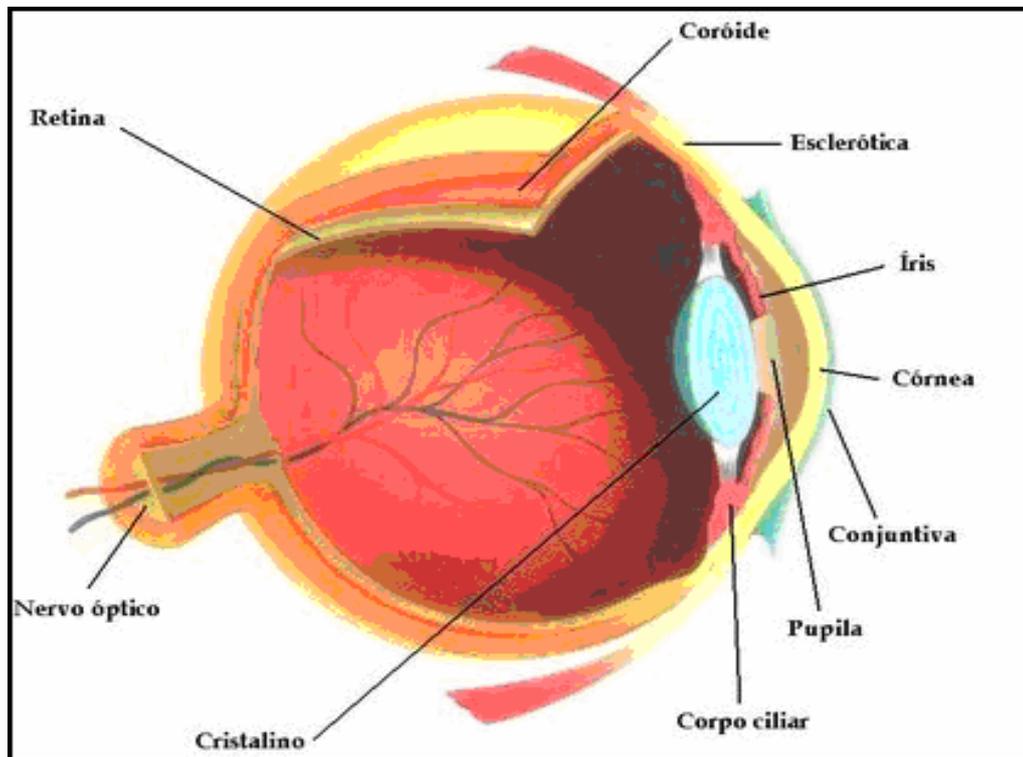
**Figura 10:** Componentes da órbita (GOWDAK, 2005)

Sabe-se que o globo ocular, está dividido em três camadas: a esclerótica, camada densa e fibrosa; a córnea, estrutura translúcida que se produz para frente a partir da abertura e contorno geral do olho; e uma membrana mucosa e fina conhecida como conjuntiva. Essas três camadas estão representadas na figura 10 e suas respectivas funções e características serão descritas a seguir.

No fundo do olho fica a retina, onde se encontram as células fotossensíveis chamadas de cones e bastonetes. Elas são bastante sensíveis à luz e à cor; transformam os estímulos luminosos em sinais elétricos e estes são conduzidos ao cérebro pelo nervo óptico que produz a sensação visual.

No corpo humano, o olho é responsável por um dos sentidos mais importantes: a visão. Esta se sobressai à audição, à gustação, ao tato e ao olfato. Estima-se que grande parte da comunicação não verbal com meio exterior é representada por este sentido, estipulado em 85% da comunicação. A maioria das lesões oculares gera sequelas visuais na córnea, pálpebras, nervo óptico e por isso, é fundamental a compreensão da estrutura do olho, a fim de identificar a importância da manutenção e prevenção da saúde ocular e, assim, evitar as limitações físicas e psicológicas geradas, quando o sistema visual está lesionado. A seguir,

será descrita a estrutura fisiológica do olho humano a partir da órbita, onde estão inseridos o globo ocular e seus componentes adjacentes. A órbita é "[...] comparada ao formato de uma pêra, com o nervo óptico representando sua haste [...]" a parte interna, menor do que a externa, serve como proteção. Dentro da órbita está localizado o globo ocular, os músculos que movimentam o olho e o nervo óptico completam o sistema (RIORDAN-EVA, 1998, p. 3),



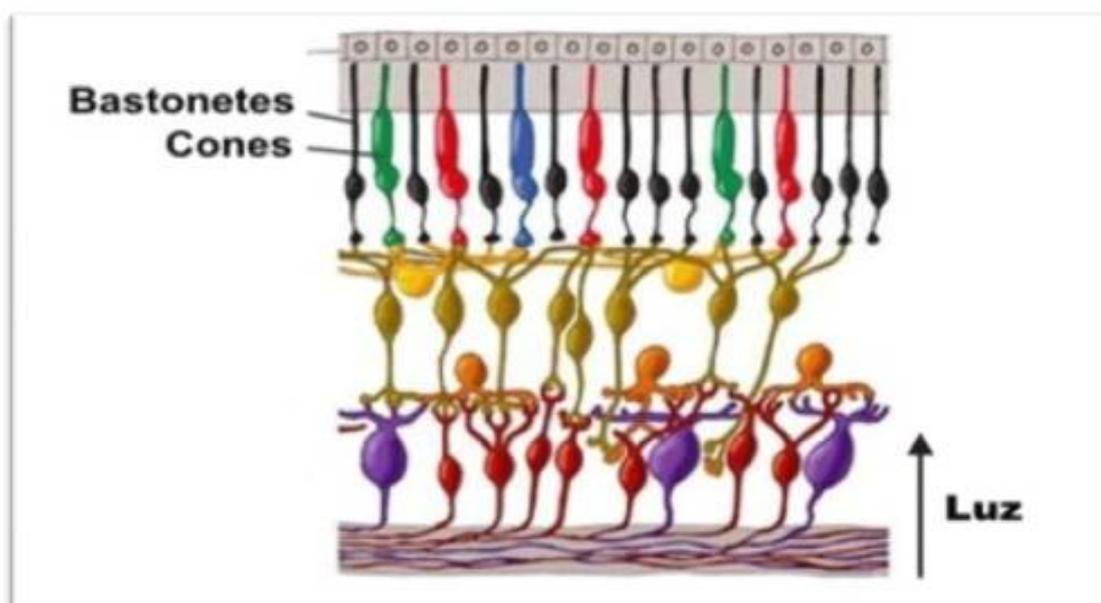
**Figura 11:** Globo ocular (TORTORA; GRABOWSKI, 2006)

### 1.6.2 Cones

Estima-se que no olho existam de seis a sete milhões de cones. Os mesmos estão concentrados ao fundo da retina, fóvea central e funcionam com alto nível de iluminação. Além disso, são responsáveis pelas cores, percepção de espaço e acuidade visual (pequenos detalhes), conforme figura 12.

### 1.6.3 Bastonetes

Estudos descrevem que no olho há cerca de 130 milhões de bastonetes, que se concentram na parte periférica da retina, são sensíveis a baixos níveis de iluminação, não distinguem as cores, apenas tons cinza do branco e preto, conforme figura abaixo.



**Figura 12:** Bastonetes (ROSA, 2013)

Os fotorreceptores podem ser os cones e os bastonetes. Na retina periférica, muitos dos fotorreceptores são conectados a uma célula ganglionar, perfazendo um complexo sistema de revezamento. O resultado desse revezamento é que a mácula e seus fotorreceptores-cones atuam na visão central e das cores, enquanto que, no restante da retina, onde há mais receptores-bastonetes, atuam na visão noturna e periférica. Os fotorreceptores, cones e bastonetes, localizam-se na camada avascular mais externa da retina sensorial, sendo o local da reação química que inicia o processo visual. Cada bastonete contém rodopsina, um pigmento visual fotossensitivo, formado no momento em que as moléculas protéicas combinam-se com o retiniano e um fóton<sup>14</sup> de luz é absorvido pela rodopsina (HARDY, 1998).

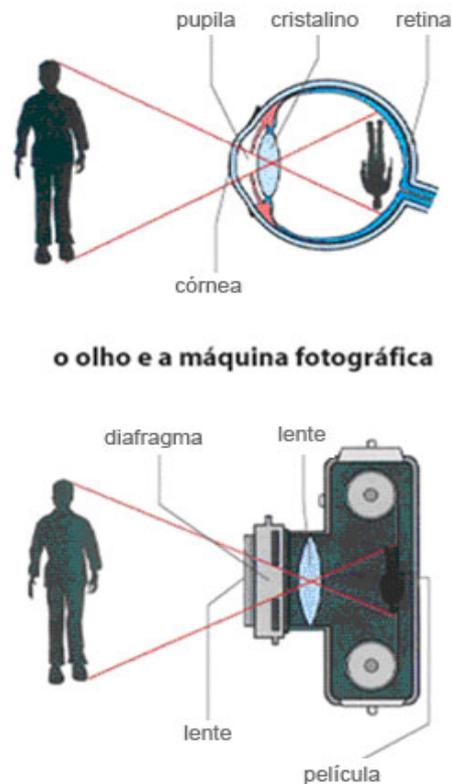
A visão escotópica é inteiramente medida pelos bastonetes. Com essa visão adaptada para o escuro, várias sombras cinzentas são vistas, porém as cores não podem ser distinguidas e só serão evidenciadas quando a retina alterar-se para a sensação de cor. Um objeto assume uma cor quando contém fotopigmentos que absorvem o comprimento de onda específico e refletem ou transmitem seletivamente certos comprimentos de ondas luminosas dentro do espectro visível<sup>15</sup>. A visão da luz do dia é medida primariamente por cones, o crepúsculo pela

<sup>14</sup> Fóton ou fóton: Física; Partícula associada ao campo eletromagnético (FERREIRA, 2006, p. 306).

<sup>15</sup> Espectro Visível: Função que caracteriza a distribuição de energia numa onda ou feixe de partículas e que se exprime essa distribuição em termos variáveis apropriadas (comprimentos de onda, frequência.) (FERREIRA, 2010, p.268).

combinação de cones e bastonetes e a visão noturna, pelos bastonetes (HARDY, 1998).

O olho humano tem funcionamento analógico ao da máquina fotográfica. A câmara fotográfica capta a imagem através do obturador e a reproduz de maneira invertida na lente gravando-a no filme. O sistema ocular captura a imagem através do cristalino e a inverte na retina para, posteriormente, sofrer inversão no cérebro.



**Figura 13:** Olho e a máquina fotográfica (TREFRATIVA, 2013)

#### 1.6.4 Cegueira

O olho é o órgão de mais fácil acesso para exames diretos a olho nu. A anatomia externa é visível à inspeção ou com instrumentos simples. Mesmo no interior, é possível enxergar através da córnea transparente. O olho é a única parte do corpo onde os vasos sanguíneos e o tecido do sistema nervoso central (retina e nervo óptico) podem ser vistos diretamente, o que simplifica os diagnósticos de traumas, abrasões, lacerações e dos objetos que danificam as córneas (VAUGHAN, 1997).

Os traumas oculares são as lesões que podem vitimar e cegar qualquer pessoa. “[...] O trauma ocular é a causa mais comum de cegueira unilateral em crianças e em jovens, as pessoas dessa faixa etária sofrem a maioria dos ferimentos oculares graves [...]” (ASBURY, SANITO, 1998, p. 356). Especialmente em jovens, o número de ocorrências são as mais prováveis de ferimentos oculares penetrantes por ácidos domésticos, assaltos violentos, explosões de baterias, ferimentos em esportes e acidentes com veículos motorizados. Geralmente, ocorre perda visual, limitação dos movimentos dos olhos e pálpebras ou contusões nas córneas, podendo afetar o cristalino, vítreo, retina, nervo óptico, etc.

De acordo com Dr. Visão (2009), cegueira é uma limitação da visão, ou seja, a baixa acuidade visual; a mesma se relaciona por duas escalas oftalmológicas: distância e amplitude. No ano de 1966, a Organização Mundial de Saúde (OMS) registrou 66 definições de cegueira. Contudo, no ano de 1972, com fins estatísticos, propôs uma norma para uniformizar a cegueira, como cegueira total ou parcial.

A baixa acuidade visual pode se dar por meio de algumas doenças relacionadas ao órgão responsável pela visão (olho) e, também, por emissão de raios ou feixes de luz que produzem uma cegueira temporária. Cegueira Parcial: visão limitada, pois o olho não consegue captar as imagens totalmente; pode ser momentânea ou temporária. A cegueira total quando afeta o olho, faz com que o indivíduo tenha sérios comprometimentos, chegando até a perder a orientação espacial, onde pode ser momentânea ou temporária.

Após todas as definições acerca do processo histórico da utilização do laser, o que traz clareza ao assunto proposto nessa monografia, pode-se verificar que é benéfico na utilização de vários segmentos, aliados à prevenção. Dentre as várias aplicações do laser em várias áreas, na medicina pode-se destacar o seu emprego em cirurgias. Com a preocupação na aviação, foi possível descrever os inúmeros riscos à visão do piloto. No próximo capítulo, serão mostradas as particularidades de tais riscos.

## **1.7 O funcionamento da visão noturna**

O olho é o órgão da visão. Esta complexa estrutura funciona capturando luz e a transforma em impulsos que o cérebro interpreta como imagens. A imagem formada na retina é invertida, ou seja, o olho captura a imagem “de cabeça para

baixo” e o cérebro a inverte. Basicamente, o olho funciona como uma câmera fotográfica. Quando a imagem chega ao olho, primeiramente ela passa pela córnea, seguido da pupila. A função da pupila é controlar a quantidade de luz que vai entrar no olho através da dilatação da mesma. Todas as vezes que saímos de um ambiente iluminado para um de pouca luz a pupila dilata naturalmente. Esse processo nos permite enxergar mesmo em ambientes com pouca luz. Outro importante componente da visão é o cristalino, que é responsável por focalizar as imagens (NOBRE, 2013)

Durante a realização de um voo noturno, principalmente se realizado sob regras de voo visuais, deve-se atentar a alguns fatores. Durante a noite, a visão é basicamente interpretada por células do olho conhecidas como bastonetes. Essas células são responsáveis pela visão com baixa luminosidade e detectam apenas tons de cinza. Diferentemente dos bastonetes, os cones são células usadas para a visão diurna, pois detectam cores. Dessa forma, à noite, o olho se adapta à baixa luminosidade e, conseqüentemente, reconhece tons escuros em detrimento das cores e, é por isso que nossa visão torna-se menos clara (NOBRE, 2013)

Existe um período de adaptação da visão para poder enxergar à noite. Por exemplo, caso esteja num quarto escuro, à medida que o tempo passa, nossa visão melhorará. Nesse período, a pupila dilata-se, absorvendo a maior quantidade de luz possível. De 5 a 10 minutos, os olhos se adaptam a pouca luz e se tornam 100 vezes mais sensíveis. Depois de 30 minutos, os olhos estão completamente ajustados. Há um período de adaptação da visão para cada situação, ela não muda imediatamente. As aeronaves devem possuir luzes internas que não ofusquem a visão do piloto. Muitas aeronaves possuem luzes internas vermelhas de baixa intensidade que lançam fochos nos instrumentos, permitindo a leitura.

Outro importante fator que influencia a experiência do voo noturno está relacionado às ilusões de óptica. Durante a noite, é muito difícil (se não impossível) localizar o horizonte quando estamos na proa do mar e, assim, distinguir céu de água. Sem referência clara, o piloto pode perder a orientação espacial e deve, imediatamente, voltar seus olhos para os instrumentos. A perda da orientação ocorre também em situações de baixa visibilidade ou quando a aeronave entra em uma nuvem, situações na qual se o horizonte artificial estiver inoperante a aeronave pode entrar em atitude de voo perigosa. Além da visão, outro sistema também

participa do processo de orientação, que é o sistema vestibular, responsável pelo equilíbrio (NOBRE, 2013).

Pode-se entender que voar no período noturno requer alguns cuidados com a visão, principalmente se o voo for VFR. Então é preciso entender que há um período de adaptação da visão para cada mudança de intensidade de luz. Assim, a qualquer sinal de desorientação, o piloto deve passar os comandos ao outro piloto e olhar para o painel de modo a restabelecer a orientação e evitar qualquer risco (NOBRE, 2013).

## 2 RISCOS DO LASER À SEGURANÇA DE VOO

O laser produz um feixe de luz de alta intensidade e tem alcance de 10 quilômetros. Esse raio causa danos irreversíveis quando atinge a retina do olho humano; algumas ocorrências relatadas (OACI<sup>16</sup> 2003) são: distração, queimaduras da retina, hemorragias na retina, ruptura do globo ocular, glare (visão ofuscada enquanto dura o clarão da luz) e flash blindness (cegueira temporária), que é idêntico a de uma câmera fotográfica quando disparada em direção aos olhos (BASÍLIO ,*et al*; 2011).

De acordo com a OACI, no ano de 1957 ocorreram os primeiros relatos de problemas relacionados ao mau uso do laser na segurança de voo, trazendo transtornos a operações aeronáuticas. Existem mais de 600 relatos de incidentes reportados mundialmente por pilotos com relação ao uso indevido da ponteira laser em direção às aeronaves, sendo tais equipamentos de fácil aquisição pelo público leigo que não conhece o risco existente na manipulação deste objeto emissor de raio, que interfere na segurança de voo, segundo a (OACI, 2010).

Segundo Basílio *et al*; (2011), a gravidade dos incidentes com laser depende de fatores externos que podem reduzir ou amplificar os efeitos da iluminação causada por este dispositivo, tais como: clima, horário do dia, cor do feixe de luz, distância e velocidade de deslocamento. A potência de emissão do laser está disponível no mercado na classe III b; no seu rótulo de segurança possuem observações de utilização que cita “Em nenhuma hipótese o laser deve ser direcionado a pessoas, aviões, carros e outros veículos”, uma vez direcionado a pessoas e veículos, esses raios podem causar graves acidentes.

A fase de aproximação e pouso de uma aeronave é a fase de maior risco durante o voo. De acordo com um relatório técnico da Boeing, 34% de todos os acidentes fatais ocorridos no período de 2000 a 2009 com a frota mundial de aeronaves comerciais aconteceram nesta fase. Trata-se de uma fase crítica, pois a aeronave encontra-se com o trem de pouso e flaps distendidos e em uma velocidade abaixo da qual a aeronave não pode se sustentar com muita segurança. É também nessa fase que toda a atenção dos tripulantes deve estar voltada para o único objetivo de pousar o avião de forma segura. O desvio da atenção dos pilotos em momentos como esse pode causar erros de percepção de rampa de pouso, entre outros, que podem gerar pousos bruscos ou muito longos, quando os tripulantes não conseguem frear a aeronave no comprimento de pista disponível, incorrendo em acidentes do tipo excursão de pista, por exemplo. (BOEING, 2010, p. 15)

---

<sup>16</sup>Organização da Aviação Civil Internacional (OACI, 2010).

A Federal Aviation Administration (FAA), órgão regulador da aviação civil americana, no ano de 2004 realizou estudos simulados e os seus resultados foram publicados em relatórios do Department of Transportation da Federal Aviation Administration (DOT/FAA/AM-04/9)<sup>17</sup>, destacando o perigo das canetas laser quando direcionadas a uma aeronave durante as fases do voo<sup>18</sup>. Tais canetas podem causar cegueira temporária nos pilotos, emitir luz clara e brilhante, o que força a tripulação a efetuar manobras evasivas<sup>19</sup>. Segundo relatos dos pilotos que recebem o flash de laser, fica significativamente mais difícil realizar novos procedimentos para o pouso com segurança. Os estudos contaram com a participação de 34 pilotos e, cada um deles realizou quatro aproximações para o pouso em simuladores de voo do Boeing 727, durante três das quatro aproximações para o pouso sobre a emissão de raio laser na cor verde (NAKAGAWARA, 2007).

## 2.1 Consequências do laser na cabine do avião

A fase de aproximação e pouso de uma aeronave é uma das mais críticas do voo. Ela requer o máximo de atenção e precisão dos pilotos e deve ser conduzida de maneira eficiente e segura, por isso, algo que desvie a atenção ou que diminua a capacidade perceptiva dos pilotos precisa ser evitada. O laser, ao ser lançado nas cabines quando a aeronave executa essa fase, traz riscos potenciais à segurança de todos a bordo.

Há relatos de pilotos sobre emissões luminosas não autorizadas em direção às aeronaves em fase de aproximação e pouso, bem como de controladores de tráfego aéreo que descrevem que fontes luminosas foram direcionadas à torre de controle durante o período noturno. Nesses eventos, geralmente são utilizados canetas de laser como forma de brincadeira ou de maneira mal intencionada, pois os autores desses disparos não têm consciência do risco que estão provocando à segurança de voo (BASÍLIO, *et al.*, 2011).

O principal sentido utilizado pelos pilotos durante o voo é a visão, portanto, é imprescindível proteger esse recurso. O para-brisa da aeronave é a primeira linha de defesa para proteger a visibilidade dos pilotos. O mesmo deve ser resistente o

---

<sup>17</sup> Relatório de Medicina Aeroespacial Americana, sobre os efeitos e riscos da iluminação laser durante aproximação final.

<sup>18</sup> (Decolagem) Processo de retirar uma aeronave do solo, através de forças aerodinâmicas; (pouso) Colocar aeronave no solo, através de forças aerodinâmicas com segurança.

<sup>19</sup> Procedimentos para evitar situações de riscos como: subidas, descidas e curvas.

suficiente para proteger o piloto das intempéries atmosféricas, tais como: chuva, vento, granizo e neve; e de sustentar o impacto de detritos no ar, incluindo possíveis choques com aves e ainda mantendo um elevado nível de transparência. Todavia, não protege o piloto quando ele é submetido à incidência luminosa direta ou indireta, seja ela fraca, forte, constante ou pontual do laser (FAA, 2007).

O desafio é maior quando os pilotos operam estas aeronaves no período noturno. Para garantir um ótimo desempenho visual à noite, os olhos do piloto devem ser adaptados à visão mesópica<sup>20</sup>. Manter-se de forma prolongada em visão mesópica é difícil e pode resultar em "miopia noturna"<sup>21</sup>, ou seja, ficar incapaz de ver objetos distantes ou pequenos detalhes, devido à perda de foco causado pela acomodação do olho aos focos de luz. Além disso, após a exposição à luz brilhante, o resultado é a incapacidade temporária para ver bem com pouca luminosidade, devido à desativação dos receptores olhos<sup>22</sup> (FAA, 2007).

De acordo com dados da FAA (2007), tais afirmações quanto aos efeitos visuais causados pela exposição luminosa inesperada, relatam que eles podem durar de alguns segundos a vários minutos. A adaptação ao escuro pode demorar 30 minutos ou mais para ser totalmente restaurada. De forma que os três efeitos fisiológicos mais comuns associado à exposição a luzes brilhantes são conhecidos como: *Distraction and Startle*: quando um laser ou luz brilhante distrai o piloto durante um pouso ou uma decolagem noturna. Ele pode não perceber imediatamente o que estava acontecendo a sua volta, obstruindo sua forma de perceber outra ameaça; *Glare and Disruption*: à medida que aumenta o brilho luz, ele começa a interferir na visão. O excessivo brilho torna difícil ver o para-brisa e a visão noturna começa a se deteriorar; *Temporary Flashblindness*: funciona exatamente como um flash da câmera, não há lesão, mas uma porção do campo visual é temporariamente eliminada. Pode haver uma imagem transiente<sup>23</sup>, deixando manchas temporárias na visão, como se houvessem fantasmas.

Durante a operação das aeronaves, o risco é maior quando a exposição ocorre durante uma alta carga de trabalho como: decolagens, manobras evasivas ou de emergência e pousos. É nesse período que os pilotos deverão estar cientes da

---

<sup>20</sup> -Visão em local de baixa luminosidade.

<sup>21</sup> - Baixa acuidade visual.

<sup>22</sup> - São células que captam a luz que chega a retina e transmite ao cérebro como impulso nervoso, permitindo assim que o cérebro reconheça as imagens.

<sup>23</sup> Imagem por curto período de tempo.

possibilidade de sua exposição à luz do laser verde. Essa somatória de fatores pode desencadear um grave acidente. Quando o raio laser atinge uma aeronave, o piloto vê um flash, um raio de luz e, na melhor das hipóteses, este fato pode distrair o piloto e, na pior, a luz pode ser tão clara e brilhante que poderá impedir que o piloto tenha uma visão nítida dos instrumentos de voo em razão da cegueira temporária (BASÍLIO ,*et al.*, 2011). Reforçando o relato de (Basílio *et al.*, 2011), a FAA diz que a visão é muito exigida, pois deve se adaptar rapidamente às condições climáticas durante o voo.

Aviadores que realizam voos em baixo nível à noite são, particularmente, vulneráveis à emissão acidental ou mal-intencionada de laser. Durante essas atividades, o piloto, operando uma aeronave de forma visual, deve estar muito concentrado, elevando, assim, a tensão ergonômica. A operação visual de aeronaves é um momento crítico para os pilotos e que se devem evitar distrações ou prejuízo visual de modo a não perturbar os procedimentos na cabine. O que é aceitável é a coordenação de tripulação de voo ou de comunicação entre o piloto e o controle de tráfego aéreo. Para um melhor desempenho, tais procedimentos são conhecidos como fases críticas do voo, ou seja, a distração por parte do piloto pode levar a consequências catastróficas (BASÍLIO *et al.*, 2011).

Vale ressaltar, também, que hoje em dia o ser humano está exposto a vários tipos de fontes de radiação, como o sol e a radiação cósmica. Além das citadas, existem as artificiais, que estão cada vez mais acessíveis ao público em geral. A exposição excessiva a estas fontes podem levar a danos fisiológicos. Exemplos de tais fontes são lasers, camas de bronzamento, de vapor de mercúrio e lâmpadas alógenas e de xênon, dispositivos de solda, lâmpadas infravermelhas, e lâmpadas germicidas (FAA, 2004).

## **2.2 Riscos no ar**

Relatos do quase acidente por iluminação laser foram registrados no dia 30 de outubro de 1995, às 06:30 horas da manhã, durante a decolagem do voo 1367, da South West Airlines, do Aeroporto Internacional Mc. Carran, na cidade de Las Vegas - U.S.A. A tripulação foi exposta à radiação do feixe de luz laser a uma altitude de 7.000 pés, que equivale a mais ou menos 2.100 metros, deixando os pilotos cegos temporariamente (FAA, 2007).

No ano de 1996, uma aeronave tipo Embraer 120, da Sky West Airlines, estava em fase de aproximação visual para o aeroporto de Los Angeles de Bakersfield (LAX), a 6.000 pés, mais ou menos 1.800 metros, quando o piloto, em comando da aeronave, sofreu uma exposição ao feixe de luz laser nos olhos. O mesmo teve cegueira momentânea e lesão na córnea por queimaduras, ficando impossibilitado de realizar o pouso, o que foi feito pelo seu copiloto (FAA, 2007).

No Brasil, após ganhar fama nos estádios de futebol, os raios laser agora são direcionados a aviões e helicópteros. Tal prática representa uma grande ameaça à segurança de voo. Vários fóruns de debates e palestras com discussões acaloradas já é uma constante, com relatos de diversos aeroportos brasileiros, conforme documentos em anexos (INFRAERO, 2010).

Os levantamentos das ocorrências foram iniciados no ano de 2010 pela Infraero, a fim de mapear os locais de incidências para notificar e planejar ações táticas em conjunto com as autoridades como: Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) e as Polícias Federal, Militar e Civil, a fim de conscientizá-los da gravidade do problema. Segundo o presidente da Associação Paranaense de Oftalmologia, Ezequiel Portella, especialista em retina, o contato do laser, tanto verde quanto vermelho com os olhos, principalmente com o foco da visão central, usada para a leitura, podem sofrer várias lesões e cegar uma pessoa (INFRAERO, 2010).

A aeronáutica, órgão responsável pelo espaço aéreo brasileiro, por meio de uma nota à imprensa, relatou que as probabilidades de ocorrer um acidente com raio laser na cor verde são baixas, no entanto, sendo este risco desprezível, ele existe e pode colocar em risco a vida de pessoas de bem. Tal fato pode causar ofuscamento, desvio de atenção e cegueira momentânea no piloto no momento do pouso; fase que exige desse profissional maior concentração.

Os constantes relatos de pilotos aos órgãos de controle do espaço aéreo fizeram com que o CENIPA emitisse uma nota no mês de agosto do ano de 2012, pedindo que os pilotos redobrassem suas atenções quando fossem atingidos por um feixe de luz verde. Tal órgão tem um formulário na internet para denúncias em que os pilotos e passageiros podem relatar a ocorrência desses fatos, garantindo-os anonimato (DEFESANET, 2010).

### 2.3 Ponteira laser: o raio perigoso

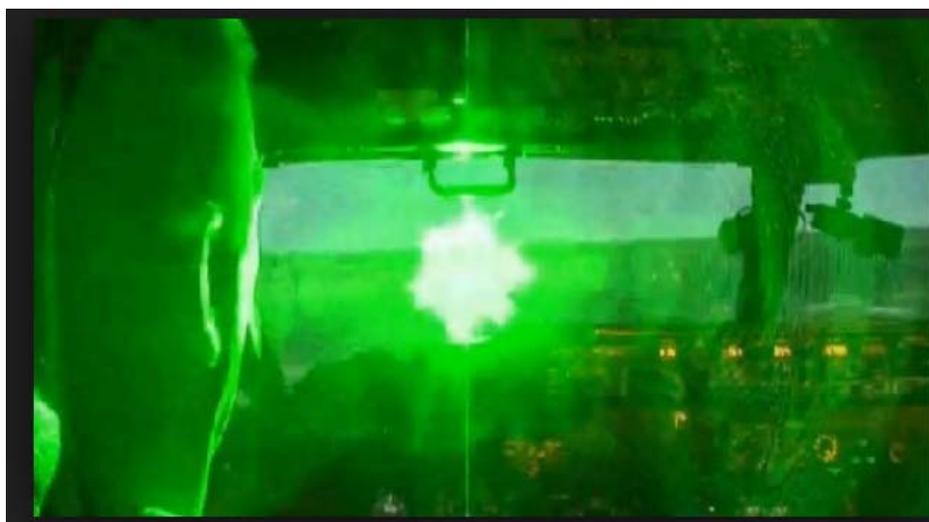
Este bastão, que teve sua apresentação nos campos de futebol, conhecido como ponteira laser, conforme a figura abaixo, tem se tornado um assunto de pauta a ser debatido nas reuniões e conferências sobre segurança operacional das atividades aéreas dos aeroportos nacionais e internacionais, onde se busca uma forma de conter tal ameaça.

A grande preocupação se dá por ser fácil a sua aquisição no mercado. Basta que a pessoa interessada em obter tal caneta acesse um site de compra para tê-la em suas mãos. Em 2011, foram registradas 380 ocorrências de fatos dessa natureza (CENIPA, 2011).



Figura 14: Bastão de laser (CENIPA, 2013).

Na figura abaixo, temos um exemplo visível onde o feixe de luz verde é projetado em direção à cabine de uma aeronave. Essa exposição súbita à radiação laser nas fases crítica do voo, aproximação ou decolagem, pode causar cegueira ou incapacidade temporária nos pilotos (FAA, 2011).



**Figura 15:** Laser em cabine pode causar acidente (GOMES, 2013)

Na figura abaixo, a tripulação está exposta ao raio laser durante uma aproximação para o pouso. Torna-se difícil manter a trajetória do pouso com o alinhamento da pista, pois nessa situação, os pilotos têm a cegueira momentânea. Se a aeronave continuar sua direção, pode se envolver em sérias complicações, desde um toque brusco até a uma saída de pista (FLIGHT SAFETY FOUNDATION, 2000).



**Figura 16:** Luz laser na aproximação para o pouso (GEROLD, 2013)

Estudos realizados pela Boeing nos anos de 2011 e 2012 mostram que 37% dos acidentes fatais com aeronaves comerciais foram nas fases de aproximação final e o pouso, conforme quadro representado pela figura 17.

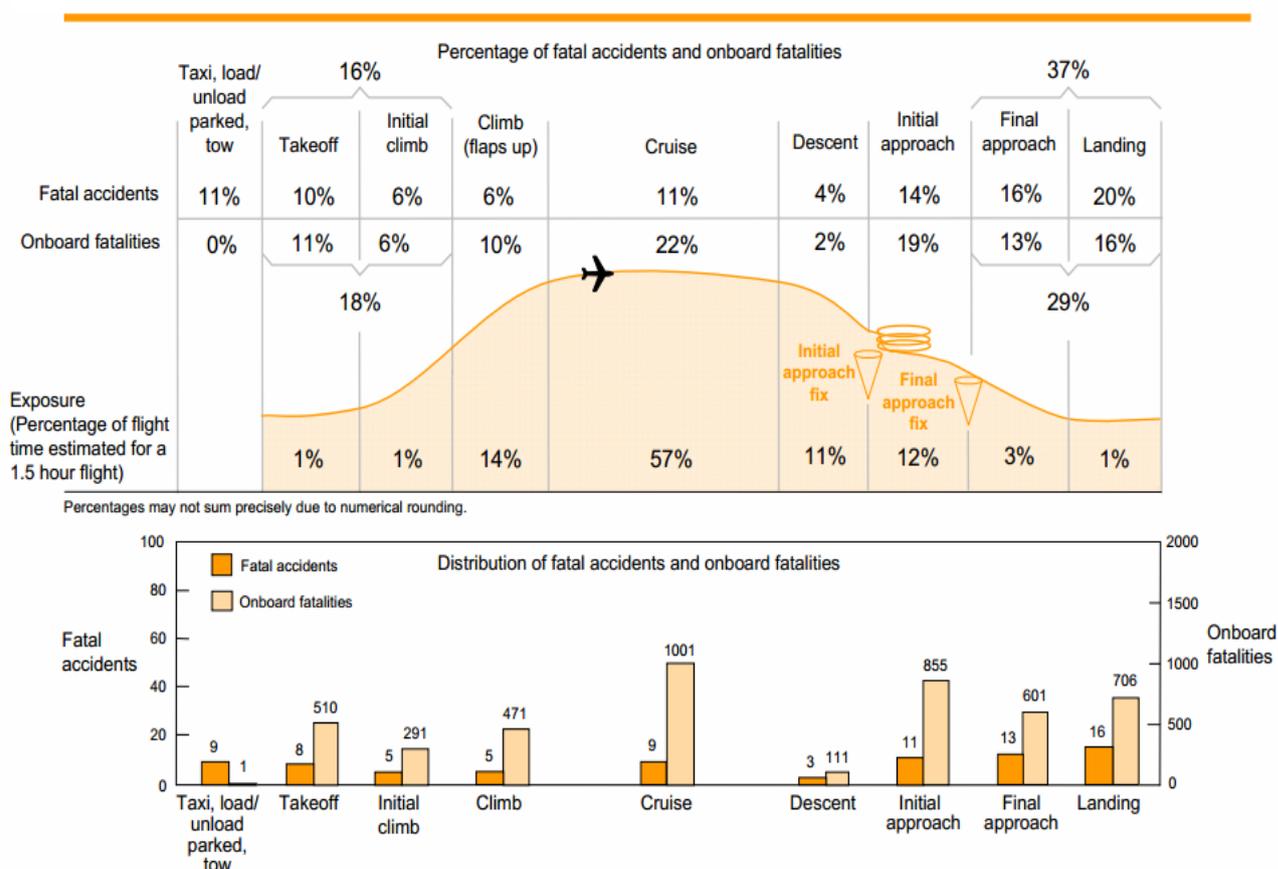
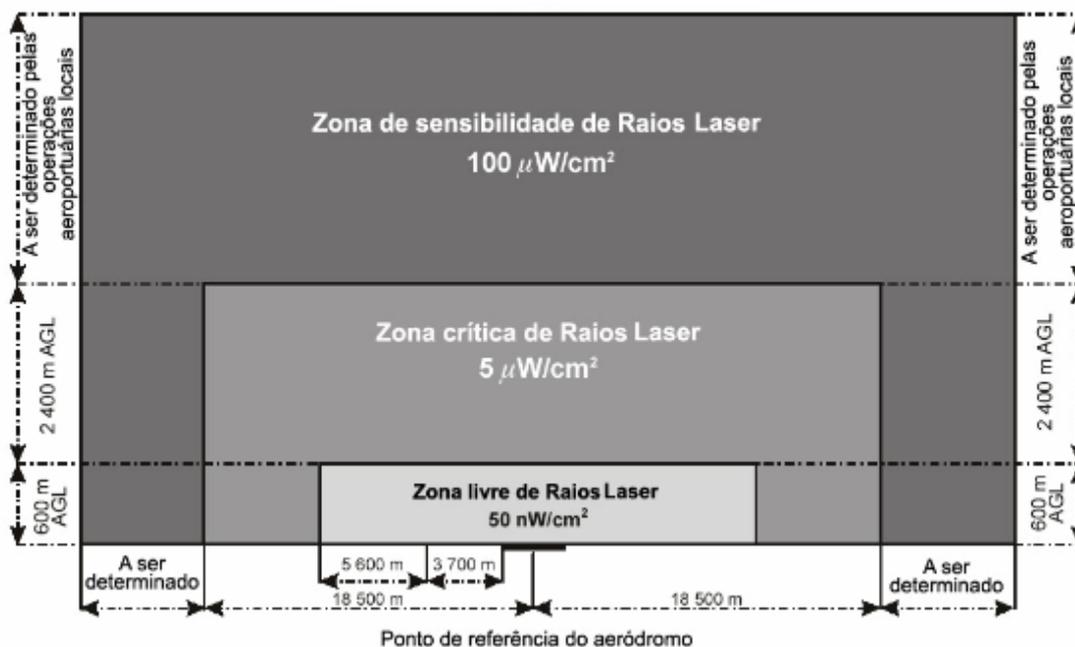


Figura 17: Quadro de porcentagem de acidentes (BOEING, 2010).

## 2.4 O que diz a legislação sobre o mau uso do laser

No ano de 1995, devido aos grandes números de reporte de pilotos sobre ataque de iluminação laser, a FAA foi obrigada a reformular o documento 7400.2 (Part 6. Miscellaneous Procedures: Outdoor Laser Operations), que são procedimentos diversos para operação de laser em céu aberto, em razão da potência do laser, conhecida por zonas de proteção de voo, descrita pela figura abaixo de número 15, com a finalidade de mitigar o risco potencial da radiação laser sobre a área do aeródromo.



**Figura 18:** Zona de Proteção de Voo – A (ANAC, 2012).

Segundo o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) nº 154, os aeródromos devem estar protegidos dos lasers, seguindo uma lógica escalar de distância de tais locais para a emissão dos mesmos:

O item 154.305 – Luzes a RBAC 154 regulamenta que:

(a) Disposições Gerais:

(1) Luzes que podem por em risco a segurança de aeronaves: uma luz de superfície não aeronáutica e próxima a um aeródromo, que possa por em risco a segurança operacional de aeronaves, deve ser apagada, obstruída ou, de outra forma, modificada de modo a eliminar a fonte de perigo.

(2) Emissões de raios laser que podem por em risco a segurança de aeronaves: para proteger a segurança de aeronaves contra os perigosos efeitos de projetores de raios laser, as seguintes zonas de proteção devem ser estabelecidas no entorno de aeródromos:

Zona Livre de Raios Laser (LFFZ)

Zona Crítica de Raios Laser (LCFZ)

Zonas de Sensibilidade de Raios Laser (LSFZ) (ANAC, 2009, p. 154).

Conforme a figura 15, a LCFZ deve estar, no mínimo, a 18.500m do ponto de referência do aeródromo. A LFFZ é o entorno do aeródromo propriamente dito e a zona mais crítica, pois neste ponto, não pode haver, em hipótese alguma, a emissão de raio laser. Podemos notar, também, que LSFZ deve ser determinada pelas autoridades aeroportuárias locais e vai depender da localização geográfica do aeródromo e da urbanização de seu entorno. A RBAC – 154 relata ainda, que essas



Estas luzes indesejadas na cabine de pilotagem dos aviões podem colocar em risco as fases de decolagens e pousos das aeronaves. Estudos realizados por órgãos americanos, como a FAA, relatam que o feixe de luz laser representa um perigo à segurança operacional: tanto biológico, ou seja, nos olhos, quanto na distração e no desempenho de atividades relacionadas ao voo.

Sob esta ótica, o Congresso Nacional, representado pelo Senador Lobão Filho, apresentou projeto de lei destinado a introduzir no Código Penal, punição específica para quem expor aeronaves a laser ou outro tipo de luz amplificada. Este projeto tem o título de SF PLS 327/2012.

SF PLS 327/2012 de 29/08/2012

Ementa: Alterar o Decreto Lei nº 2.848 de 7 de dezembro de 1940 (Código Penal) e a lei nº 10.671 de 15 de maio de 2003 (Estatuto de Defesa do Torcedor), para tipificar penalmente o uso de raio laser. (BRASIL, 2013)

#### 2.4.1.1 Aplicação da lei no Brasil

No Brasil, de acordo com o site da Globo (2013), uma pessoa foi flagrada tentando atrapalhar o voo do helicóptero da Polícia Militar, em Araçatuba (SP). Um homem de 25 anos foi preso durante a madrugada, apontando um laser contra a aeronave. O piloto avisou aos policiais, que encontraram o suspeito dentro de um carro. O homem foi levado à cadeia de Penápolis (SP) e vai responder por atentado contra a segurança do transporte aéreo (G1-GLOBO, 2013), conforme (vide Anexo A).

#### 2.4.1.2 Projeto de lei aprovado

A boa notícia é que a Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo aprovou, em 17 de setembro de 2003, o projeto de lei que proíbe a venda de canetas com ponteira de laser acima de 5 mW (miliwatts).

A medida proposta pelo deputado Luiz Carlos Gondim prevê multa reajustável de 500 Unidades Fiscais do Estado de São Paulo (UFESP). Equivale a R\$ 9.685,00 para estabelecimentos flagrados durante este ano vendendo ponteiros mais potentes. O valor da multa dobra em casos de reincidência e o estabelecimento pode até ser lacrado se a comercialização persistir. Só as

ponteiras para fins médicos e industriais podem ter amperagem maior após a sanção da proposta (CENIPA, 2013).

Segundo Queiroz Neto, a potência de 5 mW liberada pela medida é inofensiva à saúde ocular. "É a mesma amperagem utilizada em brinquedos e mouses de computador" (CENIPA, 2013, p. 18). O especialista ressalta que a falta de regulamentação coloca em risco a visão até de quem participa de palestras. Tudo em função de no mercado paralelo, as ponteiras comercializadas geralmente ter potência suficiente para danificar a visão se forem fixadas prolongadamente.

2.4.1.3 Venda de canetas com ponteiras de laser está proibida. O dispositivo pode causar lesões permanentes na visão

Apontar laser para um avião é crime, com pena que pode chegar a 12 anos de prisão, caso aconteça um acidente, pois o risco não é pequeno. Segundo o oftalmologista do Instituto Penido Burnier, Leôncio Queiroz Neto, o ofuscamento ou cegueira temporária podem fazer o piloto perder o controle do avião, o que realmente fica evidente na preocupação da aeronáutica com a utilização indevida desse objeto. Dados mostram que há, também, a utilização em jogos de futebol, onde os torcedores direcionam a luz no rosto de jogadores de futebol e juízes para atrapalhar o jogo do time adversário (CENIPA, 2013).

Queiroz Neto conta que encaminhou aos representantes do governo federal, proposta para a regulamentação dos dispositivos de laser. Ele afirma que só os equipamentos de uso médico e industrial são normatizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O problema é que as pessoas não relacionam a luz aos problemas na visão.

Dependendo do tempo de exposição e da potência, estas ponteiras de laser podem causar desde ofuscamento e edema na córnea até lesões permanentes nos olhos. O médico conta que já atendeu um jovem que teve queimadura superficial na retina provocada durante uma rave. As células da retina são irrecuperáveis", adverte. Os sinais de que os olhos foram prejudicados pelo laser são: ofuscamento, perda temporária da visão, enxergar manchas ou reflexos e dificuldade de adaptação a ambientes escuros. Difícilmente um piloto fica cego por uma única exposição dos olhos à luz emitida pelo laser. Mas o relatório do CENIPA mostra que ocorreram queimadura na retina de pilotos, ressalta (CENIPA, 2013, p. 19).

## 2.5 Distribuição dos voos atingidos por laser

Dados do CENIPA (2013) mostram que o Estado de São Paulo apresenta o maior número de notificações de voos atingidos por laser. No ano de 2013, já foram registrados 290 comunicados até o mês de setembro. Foi na cidade de Guarulhos que ocorreu a última denúncia no mês de setembro. O piloto relatou que, ao ser atingido por um raio laser verde quando o avião estava subindo, sentiu ofuscamento e cegueira temporária.

**Tabela 1:** Notificações de voos atingidos por laser por Estado (CENIPA, 2013).

<b>Acre - 7</b>	<b>Maranhão - 14</b>	<b>Rio de Janeiro - 49</b>
<b>Alagoas - 10</b>	<b>Minas Gerais - 188</b>	<b>Rio Grande do Norte - 9</b>
<b>Amazonas - 3</b>	<b>Mato Grosso do Sul - 26</b>	<b>Rondônia - 4</b>
<b>Amapá - 45</b>	<b>Mato grosso - 47</b>	<b>Roraima - 11</b>
<b>Bahia - 16</b>	<b>Pará- 26</b>	<b>Rio Grande do Sul - 44</b>
<b>Ceará -114</b>	<b>Paraíba - 12</b>	<b>Santa Catarina - 49</b>
<b>Distrito Federal - 41</b>	<b>Pernambuco - 29</b>	<b>Sergipe -3</b>
<b>Espírito Santo -130</b>	<b>Piauí - 36</b>	<b>São Paulo - 290</b>
<b>Goiás - 74</b>	<b>Paraná- 79</b>	<b>Tocantins - 0</b>

Por enquanto, só o Distrito Federal este ano, contabilizou 41 voos atingidos por raio laser.

Há uma lei estadual que combate o uso em locais de grandes aglomerações. De acordo com CENIPA, devido à proximidade da Copa do Mundo em 2014, o maior risco para a visão e a quantidade de aviões atingidos não deixam dúvida de que a normatização deveria atingir todo o território nacional. A quantidade de voos que já tiveram notificação por Estado, de janeiro a novembro de 2013 no

aeroporto de Goiânia, é estimada em 124 ocorrências, tendo havido ofuscação de visão, segundo a Ficha de Notificação de Raio Laser (CENIPA, 2013).

## 2.6 Orientações da ANAC

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) alerta os pilotos quanto ao risco de aproximação noturna nos aeroportos brasileiros, sob os riscos de interferência de raios laser emitidos à cabine de aeronaves, onde os operadores devem orientar seus tripulantes para que redobrem suas atenções conforme documento em anexo emitido pela ANAC, “Alerta de Voo” (ANAC, 2012).

Tal documento relata um fato ocorrido no aeroporto de Londrina – Paraná, no dia 14 de janeiro de 2010, aproximadamente às 01h20min UTC (Coordinated Universal Time) ou Tempo Universal Coordenado<sup>24</sup>, numa aeronave Airbus 320, com capacidade para 180 passageiros. Esse documento de alerta não apresenta nenhuma sugestão ao piloto quanto ao seu procedimento sob o efeito da luz do laser. Porém, se o piloto passar por esta situação, ele tem à sua disposição no site do CENIPA, um formulário para preencher, conforme documento em anexo (ANAC, 2012).

### 2.6.1 Recomendações e medidas para mitigar os riscos da exposição ao laser

Com o crescente número de ocorrências dessa natureza, há de se pensar numa ação a ser empregada para a mitigação dos riscos causados pelo feixe de luz laser, onde tais medidas não extinguem o mau uso desse artefato, mas servem como barreira de contenção, visando a uma condição segura para o voo.

- a) Ao operar em aeroportos ou locais com suspeita ou conhecimento de incidência de raios laser, o piloto segundo em comando, deve estar preparado para assumir o controle da aeronave a qualquer tempo;
- b) Verificar a configuração da aeronave e, caso seja possível, considerar acoplar o piloto automático para manter estabelecida a trajetória de voo;
- c) Usar a fuselagem da aeronave para bloquear o feixe de raios laser;
- d) Ao vivenciar tal situação, informar ao controle aéreo a localização/direção do feixe/altitude etc. Uma vez em solo, preencher um RELPREV ou notificar o GSO (Safety) de sua organização;
- e) Aumentar as luzes da cabine para minimizar os efeitos nocivos da iluminação laser;

---

<sup>24</sup>Conhecido como fuso horário no qual a UTC de Brasília e +3.

- f) Se o outro tripulante não tiver sido afetado pelo feixe, repassar o comando da aeronave a esse tripulante;
- g) Proteja seus olhos sempre que possível. Jamais olhe diretamente para o raio laser e evite chamar a atenção do outro tripulante para o raio;
- h) Não esfregue os olhos, pois aumenta os riscos de lesões; e
- i) Se algum sintoma visual ocorrer após o desembarque, procure, imediatamente, um oftalmologista(EDSON; TSUCHIDA, 2013).

## CONCLUSÃO

A evolução tecnológica presente na vida do homem, disparada a passos largos em direção ao futuro, está, a cada dia, renovada. Sempre algo novo inventado pelo homem, cria uma relação entre o criador e a criatura, conferindo a ele capacidade de simplificar o seu modo de vida, tornando-a mais fácil. Desde uma simples ferramenta até aparelhos mais complexos capazes de explorar o universo, este avanço só se realizou no século XX, através de pesquisas científicas.

Muitas são as novas invenções criadas para melhorar a qualidade de vida. O laser, por exemplo, é usado em diversas áreas. O modelo de laser Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, ou Amplificação de Luz por Emissão de Radiação, está entre umas das primícias de tal evolução tecnológica. Desde sua criação, no ano de 1960, pelo físico americano Theodore Haroud Maiman. Suas características já prediziam que o laser apresentava grandes variedades em suas aplicações, devido ao seu alto poder de concentração luminosa, sendo empregado em áreas como: Medicina, Indústria, Comércio, Comunicação, Segurança, Pesquisas científicas e Equipamentos eletrônicos.

Apesar das finalidades que auxiliam no dia a dia do homem serem ressaltadas, há, também, aquelas que prejudicam, de algum modo, o cotidiano. Constatou-se que existem condições de perigos latentes, no uso indevido deste objeto chamado bastão laser e que são nocivas tanto à saúde quanto à segurança do voo. Por ser um objeto de fácil aquisição, as ocorrências de fato dessa natureza têm se tornado frequentes nos aeroportos brasileiros.

Esta pesquisa, cujo foco principal é a segurança de voo e a saúde dos tripulantes operacionais – pilotos – da aviação civil, nacional ou internacional, procurou enfatizar os perigos oriundos da utilização do bastão laser de forma inadvertida.

Outros aspectos levantados neste trabalho são as características graviométricas relacionadas à segurança operacional de voo, mostrando ao leitor a real necessidade de uma rápida intervenção pelas autoridades competentes, pois tal prática está se tornando uma constante na vida dos aeronautas.

Foram muitos questionamentos levantados, como os riscos iminentes que o raio laser pode causar na tripulação de voo colocando em perigo a segurança de centenas de vidas e patrimônios. Esses raios podem ocasionar lesões permanentes no olho ou cegueira momentânea às pessoas quando expostas ao feixe de luz. O estudo citou alguns relatos de casos sobre o assunto. Tais fatos mostravam o alto grau de periculosidade a que estão submetidos os pilotos, principalmente nas fases de pouso e de decolagem. Nessas etapas o profissional necessita usar o máximo de sua acuidade visual e o laser diminui essa capacidade, tornando os procedimentos inseguros.

Fica evidenciada pela pesquisa, a necessidade de olhar mais cuidadosamente a questão do mau uso do laser. Embora a ANAC reconheça o assunto como fator de risco, falta à agência uma participação mais efetiva e campanhas de prevenção, já que o órgão tem a competência na prevenção de acidentes aéreos. Tal competência também se estende ao CENIPA, órgão militar, que cuida da prevenção aeronáutica no Brasil, é que no ano de 2014 haverá a copa do mundo e o tráfego aéreo crescerá de uma forma vertical bem acentuada e isso se torna bem preocupante para a segurança aeronáutica.

Diante do exposto, conclui-se que para termos uma condição favorável de segurança operacional nas fases de pouso e decolagens das aeronaves, algumas medidas mitigadoras devem ser implantadas pelas autoridades Políticas e Militares, em caráter de urgência, por se tratar de uma natureza perigosa onde a carta magna de nosso País, a Constituição Federal Brasileira de 1988, diz que o bem maior é a vida.

Ao final do estudo, fica clara a importância de algumas medidas que podem coibir o uso indevido do bastão laser no Brasil, como: registro de porte e utilização destes equipamentos, do comerciante e consumidor; leis específicas; e divulgação na mídia sobre os efeitos e riscos causados à segurança de voo.

## REFERÊNCIAS

ASBUY, T; SANITO, J. J. Trauma. In: \_\_\_\_\_. **Oftalmologia Geral**. VANGHAN, D, G; ASBUY, T; RARDON-EVA, P. Oftalmologia Geral. São Paulo: Atheneu, 1998.

AULA: **O Artigo De Isaac Newton. 2012.** Disponível em: <http://profbiriba.blogspot.com.br/2012/02/aula-o-artigo-de-isaac-newton-1672.html>. Acesso em 29 ago. 2013.

BASÍLIO, Gustavo Borges; SILVEIRA, Denis da Rosa; PAVAN, Maria Terezinha; SILVA, Emanuel Gomes da; BENTO, Carlos Alberto de Matos. O laser e os riscos de sua utilização indevida para a segurança de voo. **Revista Conexão SIPAER**, v.2, n.2. , mar./abr. 2011.

BEN-DOV, Y. **Convite à Física**. Tradução. Maria Luiza X. A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1996.

BOEING. **Statistical summary of commercial jet airplanes accident: worldwide operations 1959-2009**. Washington, jul 2010. Disponível em: <<http://www.boeing.com/news/techissues/pdf/statsum.pdf>> Acesso em 20 fev. 2013.

BOYLE, Patrick M.; WILLIAMS, John C.; AMBROSI, Christina M.; ENTCHEVA Emilia, TRAYANOVA, Natalia A. A comprehensive multiscale framework for simulating optogenetics in the heart. **Nature Communications**. Vol.: 4, Article number: 2370. DOI: 10.1038/ncomms3370

BRASIL. Senado Federal. Lei 2.848/40. Dispõe sobre o código penal, de 7 de setembro de 1940. **Diário Oficial da União**. Brasília, 15 de maio de 2003.

\_\_\_\_\_. **Agência Nacional Aviação Civil**. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/>. Acesso 14 nov. 2013.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional Aviação Civil. **Alerta sobre laser**. Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/alertavoo/> Acesso em 14 nov. 2013.

CENIPA. **Ponteira laser**. (2013) Disponível em: <[http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/ponteira laser](http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/ponteira%20laser)>. Acesso em 10 nov. 2013.

\_\_\_\_\_. **Formulário on-line raio laser**. Disponível em: <[http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/ind ex.php](http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/index.php)>. Acesso em 11 nov. 2013.

CIRURGIA A LASER PARA MIOPIA. Disponível em: <http://www.essaseoutras.xpg.com.br/cirurgia-a-laser-de-correcao-de-grau-como-parar-de-usar-oculos-dicas/> Acesso em 3 set. 2013.

CONSELHO BRASILEIRO DE OFTALMOLOGIA - CBO. **Doenças Externas Oculares e Córneas**. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 2008.

DR.CHARLES CAMPBELL – **Arquivos**. Disponível em: <http://www.famevaco.br/mo>

dules/news/article.php?storyid=2914&keywords=laser. Acesso em 12 nov. 2013.

DEFESANET. 2010. Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/>. Acesso em 14 nov. 2013.

DIAS, Adriana Lopes. Laser na medicina. **Revista VEJA** - Edição 2146. 6 de jan. de 2010.

DR. VISÃO. Causas de cegueira. 2009. Disponível em: <<http://www.drvisao.com.br/>>. Acesso em 20 de out de 2013.

FAA - FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Advisory Circular: AC nº 70-1.** U.S: FAA, 2004.

FARIA, Eloir de Oliveira. **História dos transportes terrestres no mundo.** Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<http://www.transitocomvida.ufrj.br/download/Hist%20F3ria%20dos%20transportes%20terrestres.pdf>>. Acesso em 27 set. 2013.

FERREIRA, Aurélio B. de Hollanda. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa.** 2. ed. Curitiba: Positivo, 2010.

**Flight Safety Digest 2000.** *Flight Safety Foundation.* Disponível em:<<http://flightsafety.org/archives-and-resources/publications/flight-safety-digest/flight-safety-digest-2000>> Acesso em 03 ago. 2013.

GAZETA. **Torcedor atrapalha jogo.** (2011). Disponível em:<<http://www.gazetadopovo.com.br/esportes/conteudo.phtml?id=1135389>>. Acesso em 03 nov. 2013.

GOWDAK, Demétrio; GOWDAK, Luis Henrique. **Atlas da anatomia humana.** São Paulo: FTD, 2005.

G1 GLOBO. **Homem é preso após apontar laser contra aeronave em Araçatuba, SP.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/sao-jose-do-riopretoaracatuba/noticia/2013/07/homem-e-preso-apos-apontar-lasercontraaeronave-emaracatubasp.html>>. Acesso em 10 nov. 2013.

GLOBO. CONAF. **Luz nos olhos dos atletas.** (2011) Disponível em:<<http://globoesporte.globo.com/futebol/noticia/2011/06/deixado-deladopelaconaf-laser-pode-causar-ate-cegueira-em-jogador.html>> Acesso em 11 set. 2013.

INFRAERO. (2010) Disponível em: <http://www.infraero.gov.br>> Acesso em nov. de 2013.

IFALPA -2012 - **Classificação Laser.** Disponível em: <<http://www.ifalpa.org/downloads/Level1/Briefing%20Leaflets/Medical/12MEDBL01%20%20The%20effects%20of%20laser%20illumination%20of%20aircraft.pdf>> Acesso em 15 nov. 2013.

\_\_\_\_\_. **Laser da Raytheon derruba avião não tripulado na Inglaterra.** 2010. Disponível em: Fonte: <<http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2010/07/arma-usa-raio-laser-para-derrubar-aviao-na-inglaterra.html>> consultado em 8 set 2013.

HARDY, A, Robert. Retina e Tumores. Intraculares. In:\_\_\_\_\_. **Oftalmologia Geral.** Vanghan, D, G; ASBUY, T; RARDON-EVA, P. Oftalmologia Geral. São Paulo: Atheneu, 1998.

HECHT, Eugene. **Óptica.** 2. ed. Ed. Addison Wesley Longman, 2002. Alonso-Finn. Fundamental University Physics. v. 2. Cap. 18.

LASER EM CABINE – **Lasers podem causar acidentes em aviões.** Disponíveis em: <...+em+cabines+podem+causar+acidentes+a%C3%A9reos2013-1021+22%3A00%3A41Dener+Gomeshttp%3A%...> Acesso em 13 de set de 2013.

LOPES, Jaeger Almeida; BRUGNERA, A. J.; RIGAU, J. **Acción del láser a baja potência:** en la proliferación de fibroblastos gingivales humanos en cultivo. Anais Do VI Congresso Da Sociedad Española De Láser Médico Cirúrgico. Andorra La Vella 19 A 22 Fevereiro de 1997.

LUZ NA MEDICINA. Disponível em <http://veja.abril.com.br/060110/laser-medicina-luz-p-068.shtml> Acesso em 20 de ago de 2013.

LUZ NO CORAÇÃO. Disponível em:<<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=luz-substituir-choques-eletricos-desfibriladoresmarcapassos&id=010115131004&ebol=sim>> Acesso em 2 set 2013.

LUMINÁRIA LASER. Disponível em: <https://pt-br.facebook.com/AtthosLaserShowEEfeitosEspeciais>. Acesso em 6 set. 2013.

**Luz Laser na Aproximação Para Pouso.** Disponível em: <http://guilhermegerold.blogspot.com.br/2013/10/laser-e-seu-impacto-na-aviacao.html> Acesso em 3 nov.2013.

MENDONÇA, A. P. O Laser na Biologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** vol. 20, n.1, p. 86-94- mar, 1998.

MODERNELL, Renato. **Em Trânsito.** Editora Mackenzie, São Paulo, 2011.

**Medidas Para Reduzir Os Riscos Da Exposição Ao Laser.** Disponível em :<<http://www.pilotopolicial.com.br/os-riscos-do-raio-laser/>> Acesso em 07 nov. 2013.

NAKAGAWARA, Van B.; MONTGOMERY, Ron W. **The Effects of Laser Illumination on Operational and Visual Performance of Pilots During Final Approach.** U.S, Oklahoma City: FAA - Ok Civil Aerospace Medical Inst, 2004.

NAKAGAWARA, Van B.; MONTGOMERY, Ron W.; MARSHALL, Wesley J. **DOT/FAA/AM-04/9:** optical radiation transmittance of aircraft windscreens and pilot vision. U.S, Oklahoma City: FAA - Ok Civil Aerospace Medical Inst, 2007.

NEWTON, Isaac. **Óptica**. Tradução: ASSIS, André Koch Torres. São Paulo: EDUSP, 2002.

NEWTON, Isaac. Nova Teoria sobre Luz e Cores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, vol. 18, nº 4, p. 313- 327, dez. 1996.

NOBRE, Lucas. **Funcionamento da visão no voo noturno** (2013) Disponível em: <http://livrepouso.com.br/funcionamento-da-visao-no-voo-noturno/>. Acesso em 29 nov. 2013.

O OLHO HUMANO. Disponível em: <http://www.drvisao.com.br/conheca/O-Olho>. Acesso em 20 ago. 2013.

USO INDEVIDO DE APONTADOR LASER. Disponível em: <http://www.aviacaonoticias.com/2012/03/uso-indevido-de-apontador-laserpodera.html>. Acesso em 10 set. 2013.

ÓPTICA MODERNA FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES. Disponível em: <http://www.fotonica.ifsc.usp.br/ebook/book1/Optica-Moderna.pdf>. Acesso em 28 set. 2013.

ORGANIZAÇÃO DA AVIAÇÃO CIVIL INTERNACIONAL–OACI. **Relatos de ocorrência com laser**. Canadá, Montreal: OACI, 2010.

PIAZZA, Gleyson Luiz. **Implementação de uma fonte para acionamento do raio laser**. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, 2008.

REGULAMENTO BRASILEIRO DA AVIAÇÃO CIVIL – **RBAC 2012 - nº 154**. Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/transparencia/pdf/RBAC%20121.pdf>. Acesso em 10 nov. 2013.

RISCO NO AR. Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/aviação/noticia/1493/Brincadeiracomlaser-coloca-a-seguranca-de-voos-em-risco>. Acesso em 20 fev. 2013.

ROSA, Douglas. **CORES**. Disponível em: <http://www.douglasrosa.com/cores/>. Acesso em 10 set. 2013.

SALVETTI, Alfredo. Roque. **A história da luz**. 2 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008.

SICA, Carlos. **Raio laser instalado em veículos**. 2012. Disponível em <http://blogs.odiaradio.com/carlossica/2012/07/09/feixe-de-laser-de-seguranca-regulado-pelo-movimento-da-bicicleta/>

SILVA, Cibelle Celestino. **A teoria das cores de newton**: um estudo crítico do Livro I do Opticks. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas – Instituto de Física Gleb Wataghin. Campinas, Brasil, 1996.

SIQUEIRA, Arnaldo Augusto Franco. **Laser na medicina**. Periódicos Científicos - Faculdade de Saúde Pública (FSP). Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, SP, Brasil, 1994.

**Statistical Summary Of Commercial Jet Airplane Accidents Worldwide Operations 1959–2011.** Disponível em <<http://www.boeing.com/news/techissues/pdf/statsum.pdf>>. Acesso em 20 fev. de 2013.

TORTORA, G, J; GRABOWSKI, S, R. **Corpo Humano: Fundamentos de anatomia e fisiologia**. 6. ed. São Paulo: Artmed, 2006.  
TREFRATIVA. Disponível em: <<http://www.shcom.com.br/trefrativa/#>>. Acesso em: 20 jul. 2013.

TURAZZI, Eutrópia. **Laser pode danificar a visão**. (2013) Disponível em: [http://port.pravda.ru/science/09-10-2013/35394-laser\\_danifica-0/](http://port.pravda.ru/science/09-10-2013/35394-laser_danifica-0/). Acesso em 20 set. 2013.

VAUGHAN, M. K. Cultural Politics. In: **Revolution: Teachers, Peasants, and Schools in Mexico, 1930-1940**. Tucson: University of Arizona Press, 1997.

WALEED Muhammad, HWANG Sun-Uk, KIM Jung-Dae, SHABBIR Irfan, Sang-Mo SHIN, LEE Yong-Gu. Transfecção Óptica. Single-cell optoporation and transfection using femtosecond laser and optical tweezers. **Biomedical Optics Express**. v. 4 , p. 1533-1547 Issue 4 April, 2013.

#### Sites:

Figura 4: Figura 5: Transfecção Óptica -Single-celloptoporationandtransfectionusingfemtosecond laser andopticaltweezers - Muhammad Waleed, Sun-UkHwang, Jung-Dae Kim, IrfanShabbir, Sang-MoShin, Yong-Gu Lee BiomedicalOptics Express Vol.: 4, Issue 9, pp. 1533-1547 Disponível em consultado em 8 setembro 2013. Fonte: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=laser-insere-gene-celulas-individuais&id=010165130917>>

Figura 6: Luz no coração Disponível em <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=luz-substituir-choques-eletricos-desfibriladores-marca-passos&id=010115131004&ebol=sim> consultado em 2 setembro 2013.

Figura 7: Luminaria Laser Disponível. <https://pt-br.facebook.com/AtthosLaserShowEEfeitosEspeciais> consultado em 3em 6 setembro 2013.

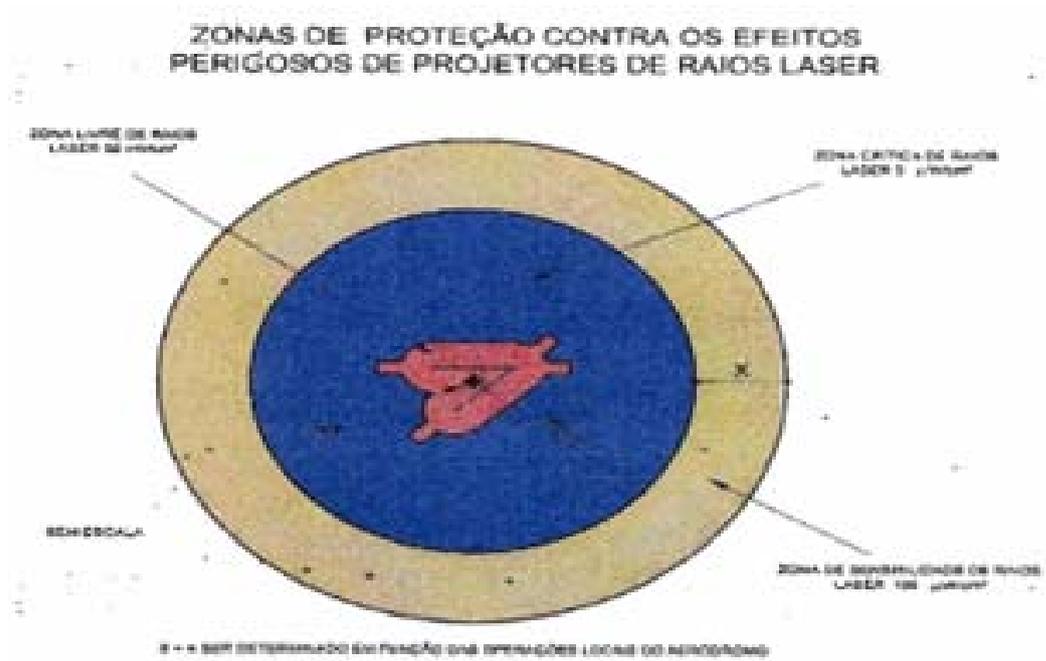
Figura 8: Raio laser instalado em uma bicicleta (carlossica, 2013) Disponível em <<http://blogs.odiario.com/carlossica/2012/07/09/feixe-de-laser-de-seguranca-regulado-pelo-movimento-da-bicicleta/>>3em 6 setembro 2013.

Figura 9: Laser da Raytheon derruba avião não tripulado na Inglaterra. (Do G1, em São Paulo- 2013) Disponível em  
Fonte: <<http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2010/07/arma-usa-raio-laser-para-derrubar-aviao-na-inglaterra.html>>consultado em 6 setembro 2013.

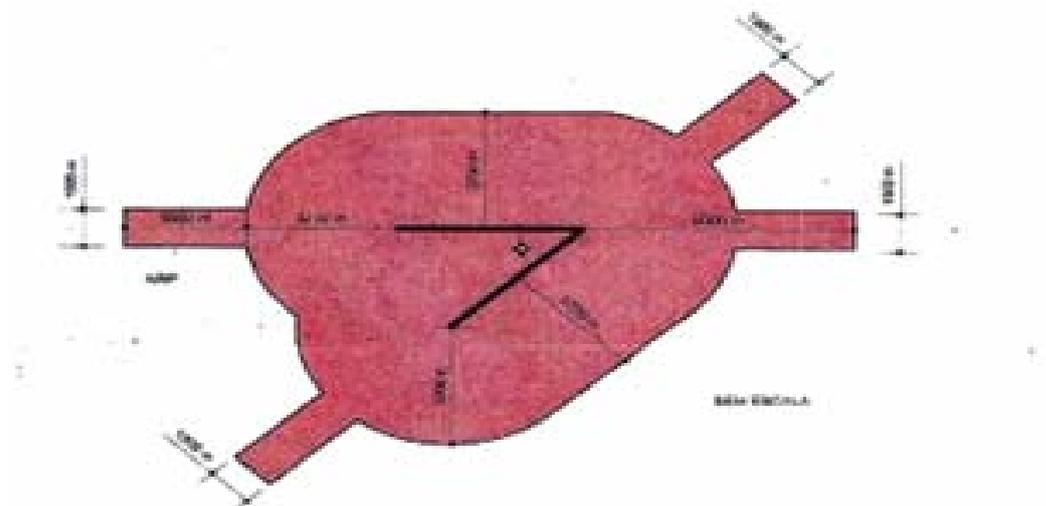
## **ANEXOS**



## ANEXO B – Zona de proteção contra o raio laser



### ZONA LIVRE DE RAIOS LASER PARA MAIS DE UMA PISTA DE POUSO



## ANEXO C – Alerta de Voo



### Alerta de Voo

Informações e Recomendações de Segurança

### *Foco: Interferência de raios laser na visão dos pilotos durante a aproximação final noturna*

**Finalidade**  
Alertar os pilotos quando da realização da aproximação final para pouso durante o período noturno quanto aos riscos da interferência de raios laser emitidos em direção à cabine da aeronave.

**Histórico**  
Aproximadamente às 01:20 hs UTC do dia 14/01/2010, o piloto de uma empresa aérea regular brasileira operando uma aeronave Airbus A-320 realizava uma aproximação para pouso no Aeroporto de Londrina (SBLO) e informou à TRW-LO que, ao passar a radial 360°, no arco do procedimento VOR/DME/NDB para a pista 13, teve sua aproximação comprometida devido a um raio laser focado na cabine de comando.  
De acordo com o piloto, o raio laser tinha origem no solo, numa área descampada, sem iluminação, na radial 360°, a 4 NM da posição da aeronave.  
O fato adquire maior gravidade por ter voltado a ocorrer mais quatro vezes, sendo uma em SBLO e outras três no Aeroporto da Pampulha, em Belo Horizonte – MG (SBBH).

**Ação Recomendada**  
Todos os operadores deverão orientar seus tripulantes para que fiquem atentos a novas ocorrências desse tipo e redobrem a atenção nas aproximações noturnas quando detectarem a interferência de raios laser.

**Aplicação**  
A todos os operadores de aeronaves.

Qualquer dúvida do conteúdo deste AV deve ser endereçada à Gerência-Geral de Análise e Pesquisa da Segurança Operacional (GGAP) no telefone (21) 3501-5241 ou no e-mail [ggap@anac.gov.br](mailto:ggap@anac.gov.br)

## ANEXO D – Ficha de Notificação de Raio Laser



## Ficha de Notificação de Raio Laser

CENIPA - Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos



<< Voltar

Translation to English | 
 Traduzir para Português

Preencha os campos obrigatórios!

Campos com Asterisco (\*) são Obrigatórios

Nome do Relator:

Função do Relator:

Telefone:  Ex: 55-(61) 0000-0000

E-mail:  \*

Operador:

Modelo de Aeronave:

Data da ocorrência:  Hora Local:  \*

Estado:  \*

Cidade:  \*

Aeródromo:  ?

Caso não conste o aeródromo, clique aqui

Caso necessário preencha com mais informações sobre a localização:

Fase da Operação(conforme MCA 3-6):

<input type="checkbox"/> Aproximação final	<input type="checkbox"/> Espera	<input type="checkbox"/> Procedimento IFR
<input type="checkbox"/> Arremetida no Ar	<input type="checkbox"/> Manobra	<input type="checkbox"/> STAR
<input type="checkbox"/> Arremetida no Solo	<input type="checkbox"/> Pairado	<input type="checkbox"/> Subida
<input type="checkbox"/> Decolagem	<input type="checkbox"/> Pouso	<input type="checkbox"/> Descida
<input type="checkbox"/> Outro		

Posição da Aeronave: Altitude:  ft ?

Posição da fonte emissora em relação à aeronave:  ?



Distância estimada da fonte emissora, se possível:  Metros

Cor do Laser:  Verde  Vermelho  Outro

A fonte emissora estava em movimento?  Sim  Não  Não foi possível avaliar

O raio laser era proveniente direto da fonte ?

Sim  Não, refletia em outra superfície  Não foi possível avaliar

Quantidade de fontes emissoras:  Uma  Mais de uma

Tempo aproximado de exposição:

A incidência do laser parecia intencional?  Sim  Não  Não foi possível avaliar

Houve a necessidade de alterar a trajetória do voo ou executar manobra evasiva?  Sim  Não

Consequências na acuidade visual do piloto:

<input type="checkbox"/> Distração	<input type="checkbox"/> Cegueira temporária:
<input type="checkbox"/> Formação de imagens falsas	<input type="checkbox"/> Queimadura da retina
<input type="checkbox"/> Ofuscamento	<input type="checkbox"/> Hemorragia retina

A ocorrência foi reportada, via rádio, ao órgão ATC ou estação AFIS?

Sim  Não  Não havia órgão ATC ou estação

Informações importantes, não mencionadas anteriormente:

ATENÇÃO: Não insira informações pessoais!

