

Padrões de Classificação de Equipamentos Laser Utilizados em Levantamentos Terrestres e Aéreos

Prof^a. Ms. Maria Cecília Bonato Brandalize ¹
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Philips ²

¹ PUCPR - Depto. de Engenharia Civil
81611-970 Curitiba PR
✉ mcbonato@rla01.pucpr.br

² UFSC - Depto. de Engenharia Civil
88000 Florianópolis SC
✉ philips@ecv.ufsc.br

Conteúdo	
	1 Introdução
	2 A Tecnologia LASER
	3 A Radiação LASER
	4 Os Riscos da Radiação LASER
	5 Classificação dos Produtos LASER
	5.1 Padrão Internacional IEC 60825-1
	5.2 Padrões Americanos ANSI Z136.1 e CDRH 21 CFR
	5.3 Padrão Adotado no Brasil
	6 Precauções
	7 Considerações Finais
	8 Referências Bibliográficas

Resumo: O presente trabalho é resultado de uma pesquisa bibliográfica elaborada como parte do desenvolvimento da tese de doutorado da autora sobre equipamento laser aerotransportado. A pesquisa estendeu-se também aos equipamentos laser terrestres dada a importância de conhecer os padrões utilizados para sua classificação, em função do tipo de laser utilizado e dos riscos potenciais que representam à saúde humana.

Palavras chave: Equipamento Laser, Segurança, Padronização.

Abstract: The actual work is a result of a bibliographical research upon airborne laser equipment, subject of the author's doctorate thesis. The research was extended to embody terrestrial laser equipments once it is very important to know the standards used for their classification, regarding to the laser type as well as the potential hazards to the human health they represent.

Keywords: Laser Equipment, Safety, Standards.

1 Introdução

Muitos dos equipamentos utilizados atualmente pela Topografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto empregam a tecnologia laser. Porém, como estes são equipamentos provenientes de outros países, seguem normas e padrões de fabricação e utilização muitas vezes desconhecidas dos usuários nacionais.

Assim, o presente trabalho tem por objetivo apresentar a padronização utilizada internacionalmente na classificação de equipamentos laser empregados em levantamentos terrestres e aéreos, os riscos a que estão sujeitos aqueles que os operam e as conseqüentes precauções que devem ser tomadas para evitar a exposição à radiação emitida pelos mesmos.

2 A Tecnologia LASER

O LASER - *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, inventado em 1960 por Theodore H. Maiman, teve como precedentes de sua pesquisa dois importantes acontecimentos do meio científico: a publicação, em 1917, de um artigo em que Albert Einstein sugeria a emissão estimulada de radiação luminosa e que incentivou o desenvolvimento dos amplificadores e osciladores; e a invenção, em 1954, do MASER - *Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, seguindo os passos das pesquisas realizadas durante a Segunda Guerra Mundial com o RADAR - *Radio Detection and Ranging*. (Brandalize & Philips, 2002)

Assim, o princípio de funcionamento do LASER constitui a emissão estimulada de ondas eletromagnéticas na região do visível, do infravermelho e do ultravioleta.

Nos equipamentos laser destinados aos levantamentos terrestres e aéreos tal tecnologia é utilizada na determinação de distâncias (entre o dispositivo laser e um alvo) por meio de duas técnicas distintas (TOF - *Time of Flight* e *Beam Modulation*), dependendo do modo de operação do laser (pulsado ou contínuo).

3 A Radiação LASER

A propriedade mais importante da luz emitida por um laser é a sua coerência. O que significa dizer que os raios de luz individuais têm todos o mesmo comprimento de onda (λ) ou cor e estão todos em fase (alinhados). Isto se deve ao fato de que a energia emitida não se dissipa à medida que estes raios se propagam, o que permite concentrá-la em um ponto finamente definido e aumentar significativamente o seu alcance. (Carroll, 1978)

Hecht (1986) afirma que os lasers compreendem três elementos chaves: o material ou meio (gasoso, líquido ou sólido) que gera a luz do laser; o estimulador da radiação (ótico, elétrico, químico, etc.) que provê a energia necessária para que o meio gere luz; e a cavidade ótica ou ressonador, responsável pela concentração da luz gerada e por sua emissão na forma contínua ou pulsada.

Enquanto o material ou meio utilizado é o que determina o comprimento de onda da luz emitida pelo laser, a qualidade da cavidade ótica ou ressonador é o que determina a sua potência.

A potência de uma onda contínua (CW) pode variar da fração do mW a 20 kW nos lasers comerciais e acima do MW nos lasers militares. Os lasers pulsados (P) podem emitir picos de potência muito mais altos, embora os níveis de potência média sejam comparáveis àqueles dos lasers contínuos. (Hecht, 1986)

A escala de tempo utilizada para a medida da duração da radiação emitida por um laser gira em torno do micro (10⁻⁶) e nano (10⁻⁹) segundo. Na verdade, um laser que atua na escala do segundo é considerado contínuo. Os pulsados ultra curtos, por sua vez, duram apenas a razão do pico (10⁻¹²) ou do femto (10⁻¹⁵) segundo.

De acordo com Tarasov (1986), tal radiação pode variar de um único pulso gigante a pulsos com taxa de repetição de 10 MHz (107 pulsos por segundo) a 1 GHz (10⁹ pulsos por segundo).

São justamente estas características (comprimento de onda, potência, duração e taxa de repetição) que permitem avaliar a quais riscos ou perigos estão sujeitos todos aqueles que vierem a se expor a este tipo de radiação.

Outras características físicas do laser e igualmente importantes na avaliação dos riscos são o diâmetro do feixe (diâmetro da abertura por onde a radiação laser é emitida) e sua divergência (variação do diâmetro com a distância).

4 Os Riscos da Radiação LASER

De acordo com o *Laser Safety Program* da *Charles Sturt University* (2001), o que distingue a radiação laser dos outros tipos conhecidos de radiação é a colimação do seu feixe. Um sistema biológico qualquer só sofrerá danos se for capaz de absorver tal radiação. A absorção ocorre ao nível atômico ou molecular e é o comprimento de onda do feixe irradiado que determina qual tecido o laser é capaz de danificar.

Na figura a seguir, a parte sombreada em amarelo ilustra o intervalo de comprimento de onda próprio da radiação laser, que vai de 180nm a 1mm, ou seja, do ultravioleta ao infravermelho distante.

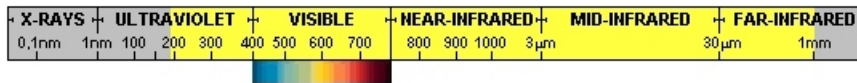


Figura 1: Intervalo do Espectro Eletromagnético onde o Laser Atua
(Fonte: Laser Institute of America, *Laser Safety Information Bulletin*, May 24, 2002)

Dentre os sistemas biológicos passíveis de danos encontram-se os olhos e a pele humana. Pesquisas confirmam que os olhos são muito mais vulneráveis à radiação laser que a pele e o pior caso de exposição ocorre quando aqueles focalizam diretamente o feixe de radiação a uma certa distância, ou, quando o feixe focalizado é refletido por uma superfície espelhada.

Carroll (1978) afirma que em certas partes do corpo, tais como o globo ocular e os testículos, a conexão térmica com os tecidos circundantes é mínima e o fornecimento de sangue é inadequado para conduzir a energia desenvolvida pela exposição local ao laser. Quando estes órgãos estão expostos a tal tipo de radiação, podem produzir-se graves danos nos tecidos profundos dentro dos mesmos, pelo qual há um grave risco de que causem cegueira ou esterilidade.

A figura a seguir apresenta os principais efeitos adversos ocasionados pela radiação laser nos olhos e pele humanas em função do intervalo de comprimento de onda em que o laser atua.

Espectro Eletromagnético	Efeito nos Olhos	Efeito na Pele
Ultravioleta C 0,200 - 0,280 µm	Fotoqueratite	Eritema e Câncer de Pele
Ultravioleta B 0,280 - 0,315 µm		Envelhecimento Precoce e Aumento da Pigmentação
Ultravioleta A 0,315 - 0,400 µm	Catarata Fotoquímica	Escurecimento do Pigmento
Visível 0,400 - 0,780 µm	Dano Termal e Fotoquímico da Retina	
Infravermelho A 0,780 - 1,400 µm	Catarata e Queima da Retina	Queimaduras
Infravermelho B 1,400 - 3,000 µm	Catarata e Queima da Córnea	
Infravermelho C 3,000 - 1.000 µm	Queima da Córnea	

Figura 2: Efeitos Biológicos da Radiação Laser
(Fonte: Adaptado de EPFL, GOEQ, *Laser Hazards*)

Quanto à exposição dos olhos, os danos podem ocorrer em quatro situações distintas, dependendo do tipo de laser utilizado (comprimento de onda e potência) e do tempo de exposição. São elas:

1) Observação direta do feixe de radiação	2) Observação do feixe de radiação refletido por uma superfície plana espelhada
3) Observação do feixe de radiação refletido por uma superfície curva espelhada	4) Observação do feixe de radiação difuso refletido por uma superfície não espelhada

Fonte: Adaptado de EPFL, GOEQ, Laser Hazards

A maioria dos danos provocados pela radiação laser se deve ao aquecimento dos tecidos que a absorvem. Os lasers visíveis são particularmente perigosos, pois o olho humano focaliza o feixe na retina e esta pode sofrer queimaduras. A densidade de potência do ponto laser focalizado na retina é cerca de 100.000 vezes a densidade de potência incidente na córnea. Assim, embora seja relativamente seguro expor a pele a lasers visíveis de baixa potência é sempre perigoso observar o feixe diretamente. (ARP/NSA, 1999)

Além destes, um equipamento laser engloba riscos associados ao seu funcionamento, denominados colaterais ou secundários, que estão fora do escopo deste trabalho.

O controle necessário dos riscos à radiação laser varia com: a *classificação atribuída ao laser* (explicitada mais adiante); o *ambiente onde o laser é utilizado*; e as *pessoas envolvidas na operação do laser ou que se encontram em sua vizinhança*. (Columbia University, 1998)

É importante ressaltar que o usuário mais seguro é também o mais bem informado a respeito dos riscos e procedimentos de segurança envolvidos por este tipo de radiação.

5 Classificação dos Produtos LASER

"Um padrão nada mais é que um meio utilizado na definição de especificações técnicas para um grupo de produtos, com a finalidade de assegurar, tanto a compatibilidade entre produtos de um mesmo grupo, como um nível mínimo de segurança comum a todos os produtos comprometidos com o padrão". (Schulmeister et.al., 1999)

Este pode ser desenvolvido para uso ao nível mundial, regional (um continente ou parte dele) ou nacional (um único país). Os padrões internacionais têm um papel importante no comércio entre as nações e são a base de aceitação de um produto nos países que adotam padrões idênticos. Tais padrões não são leis ou regulamentações, apesar de poderem ser citados por elas tornando-se, assim, legalmente obrigatórios.

Os padrões internacionalmente empregados na classificação de produtos laser são:

5.1 Padrão Internacional IEC 60825-1

Originalmente designado como IEC 825-1, foi editado pela primeira vez em 1984 pela *International Electrotechnical Commission* (IEC).

Trata basicamente da segurança dos produtos laser no que se refere aos danos causados aos olhos e à pele e contém, além da classificação dos equipamentos laser e dos requisitos para sua utilização, um guia do usuário. Em 1993 tal publicação passou a denominar-se IEC 60825-1. Em 1997, recebeu uma emenda (A1) sobre a padronização dos LEDs (*Light Emitting Diodes*), tendo sido reeditada em 1998.

Na Europa, o *Comité Européen de Normalisation Electrotechnique* (CENELEC) adota o padrão EN 60825-1:1994, que contém todo o IEC 60825-1:1993 com material regulatório complementar. Segundo o CENELEC, o padrão EN deve ser publicado e adotado por todos os países membros da União Européia.

O padrão IEC 60825-1 é também adotado, com algumas pequenas modificações, pela Austrália (AS/NZS 2211.1) e Japão (JIS 6082-1).

A classificação dos produtos laser, segundo o padrão IEC 60825-1:1993, tem como base o Limite de Emissão Acessível (*Accessible Emission Limit* - AEL), ou seja, o valor máximo de radiação laser ao qual um indivíduo pode ser exposto durante a operação de um destes produtos. Os valores de AEL, por sua vez, têm como base os níveis de Exposição Máxima Permissível (*Maximum Permissible Exposure* - MPE), ao qual, acredita-se, um indivíduo pode ser exposto sem que isto lhe seja prejudicial. Os níveis de MPE são especificados tanto para o olho quanto para a pele e são função do comprimento de onda da radiação laser, do tempo de exposição e da potência máxima emitida.

A tabela a seguir apresenta os riscos, os tipos de lasers e a potência máxima emitida relativamente a cada uma das classes que compõem o referido padrão.

Tabela 1 : Classificação no Padrão IEC 60825-1:1993

Fonte: CERN - European Laboratory for Particle Physics, Safety Instructions, IS 22, 1994

Classe	Riscos	Laser	Pmáx Emitida
1	Não perigosos sob quaisquer circunstâncias	Visíveis e Invisíveis	μW

2	Não perigosos uma vez que a observação direta aciona uma resposta de aversão natural à luz brilhante como piscar ou fechar os olhos	Visíveis	1mW
3A	Perigoso se observado por meio de instrumentos óticos de aumento (lupas, binóculos, lunetas e telescópios)	Visíveis e Invisíveis	5mW
3B	Reflexões especulares e feixe direto perigosos mesmo quando observados a olho nu	Visíveis e Invisíveis	0,5W
4	Reflexões especulares ou difusas e feixe direto perigosos aos olhos e à pele	Visíveis e Invisíveis	>0,5W

Uma nova edição deste padrão, publicada em 2001, apresenta diferenças na classificação em relação à edição anterior. Tal classificação é apresentada na tabela a seguir.

Tabela 2 : classificação no Padrão IEC 60825-1:2001

Fonte: *Handbook on Industrial Laser Safety, August 2001*

Classe	Riscos	Laser	AEL
1	Não perigosos mesmo para longas exposições e com o uso de instrumentos óticos de aumento	Potência muito baixa ou encapsulados	40 μ W
1M	Potencialmente perigosos aos olhos se observados por meio de instrumentos óticos	Potência muito baixa, colimado e de diâmetro grande ou altamente divergente	40 μ W
2	Seguros para exposições não intencionais e observações não prolongadas (<0,25s)	Potência baixa e visível	1mW
2M	Potencialmente perigosos aos olhos se observados por meio de instrumentos óticos	Potência baixa, visível, colimado e de diâmetro grande ou altamente divergente	1mW
3R	Seguros quando manipulados com cuidado e potencialmente perigosos aos olhos se observados por meio de instrumentos óticos	Potência baixa	200 μ W a 5mW
3B	Perigosos aos olhos nus quando observados diretamente (feixe e reflexões especulares)	Potência média	5mW a 500mW
4	Perigosos para a pele e olhos, inclusive na observação de reflexões difusas	Potência alta	>500mW

Basicamente, a letra M das novas classes (1M e 2M) indica o uso de instrumentos óticos magnificadores e a letra R a redução de requisitos em relação à classe 3A original.

5.2 Padrões Americanos ANSI Z136.1 e CDRH 21 CFR

O padrão utilizado pelos Estados Unidos da América divide-se em: usuários (ANSI Z136.1 - desde 1986) e fabricantes (CDRH 21CFR - Ch. I Part 1040 Sec. 1040.10 e Sec. 1040.11 - desde 1976). Apesar de independentes, tais documentos apresentam esquemas de classificação similares ao do padrão IEC.

Assim, o padrão ao qual estão subordinados os usuários de produtos laser é regulamentado *pelo American National Standards Institute (ANSI)*, enquanto o padrão ao qual estão subordinados os fabricantes destes produtos é regulamentado *pelo Center for Devices and Radiological Health (CDRH)*, subordinado à *Food and Drug Administration (FDA)*, por sua vez subordinada ao *U.S. Department of Health and Human Services*.

A seção 1040.10 do *Code of Federal Regulations (CFR)* refere-se ao padrão de desempenho de produtos laser em geral, enquanto a seção 1040.11 ao padrão de desempenho de produtos laser de propósitos específicos, como os utilizados em levantamentos, nivelamentos e alinhamentos (construção civil), na medicina e em demonstrações.

O desenvolvimento destes padrões teve início durante a década de sessenta, logo após a invenção do primeiro laser, e revisões sucessivas das documentações ocorreram no período entre 1973 e 1986, quando os mesmos alcançaram o estado em que se encontram atualmente.

Durante os últimos anos houveram várias iniciativas, por parte dos americanos, de harmonizar os padrões adotados nos EUA com o padrão internacional. A FDA/CDRH comprometeu-se em unificar seus padrões, num futuro próximo, com os estabelecidos recentemente pela IEC (60825-1:2001).

A tabela a seguir apresenta a classificação dos produtos laser segundo o CDRH. Nesta tabela, além dos riscos encontram-se os comprimentos de onda (λ) e os tipos de laser relativos a cada classe.

Tabela 3 : Classificação no Padrão CDRH

Fonte: *Code of Federal Regulations, Title 21, 2001*

Classe	Riscos	λ (nm)	Laser
I	Não são considerados perigosos	180 a 1,0.10 ⁶	CW ou P
IIa	Considerados perigosos se observados num intervalo de tempo superior ou igual a 1x10 ³ s	400 a 710	CW
II	Apresentam riscos crônicos à visão	400 a 710	CW
IIIa	Apresentam tanto riscos severos como crônicos à visão e riscos severos se observados diretamente por meio de instrumentos óticos	400 a 710	CW
IIIb	Apresentam riscos severos à visão e à pele nas exposições diretas	180 a 1,0.10 ⁶	CW ou P
IV	Apresentam riscos severos à visão e à pele nas exposições diretas ou indiretas	180 a 1,0.10 ⁶	CW ou P

A tabela a seguir apresenta a classificação dos lasers e sistemas laser segundo o ANSI.

Tabela 4 : Classificação no Padrão ANSI
Fonte: Columbia University, Laser Safety Guidelines, 1998

Classe	Riscos	Laser
1	Incapazes de causar danos aos olhos e por isso isentos de qualquer medida de controle	Baixa Potência
2	Incapazes de causar danos aos olhos a menos que sejam observados diretamente por um período prolongado (>1000s)	Visíveis de Baixa Potência
3A	Não provocam danos se observados momentaneamente à olho nu	Média Potência
3B	Capazes de causar danos aos olhos nas exposições de curta duração (<0,25s) à feixes diretos ou refletidos especularmente	Média Potência
4	Capazes de causar danos severos nas exposições de curta duração à feixes diretos, refletidos especular ou difusamente e capazes ainda de causar danos severos à pele e de provocar incêndio em materiais combustíveis ou inflamáveis	Alta Potência

É possível verificar, pelas tabelas acima, que além de uma diferença no número de classes (CDRH com seis; ANSI com cinco) os padrões apresentam escritas diferentes para o número e letra correspondente a cada classe (CDRH com números romanos e letras minúsculas; ANSI com números arábicos e letras maiúsculas). Além disso, a classe IIIa (CDRH) engloba apenas os lasers visíveis, enquanto a classe 3A (ANSI) engloba tanto lasers visíveis como invisíveis.

5.3 Padrão Adotado no Brasil

De acordo com a ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, a normalização: *atividade que estabelece, em relação a problemas existentes ou potenciais, prescrições destinadas à utilização comum e repetitiva com vistas à obtenção do grau ótimo de ordem em um dado contexto; deve estar presente na fabricação dos produtos, na transferência de tecnologia e na melhoria da qualidade de vida, por meio de normas relativas à saúde, à segurança e à preservação do meio ambiente.*

A ABNT possui atualmente quarenta e nove Comitês Brasileiros (órgãos da estrutura da ABNT) e dois Organismos de Normalização Setorial (públicos, privados ou mistos), orientados para atender ao desenvolvimento da tecnologia e participar efetivamente na normalização internacional e regional. Além destes, a Comissão de Estudo Especial Temporária (CEET), vinculada à Gerência do Processo de Normalização da ABNT, tem objetivo e prazo determinados para tratar de assuntos não cobertos pelo âmbito de atuação dos Comitês Técnicos.

Mesmo com tantos Comitês e Organismos, até a presente data, as duas únicas normas relacionadas à tecnologia laser e constantes do acervo da ABNT são: 1) NBR 14588 de 09/2000, que prescreve a determinação do raio de encurvamento em fibras óticas pelos métodos por vista lateral e por reflexão de feixe laser; e 2) NBR IEC 60601-2-22 de 10/1997, norma internacional adotada no Brasil e que prescreve os requisitos particulares para a segurança de equipamentos laser utilizados em diagnósticos e terapias.

Nenhuma das normas citadas, portanto, prescreve a utilização segura de equipamentos laser em quaisquer outras atividades senão na medicina.

Por outro lado, a legislação ordinária sobre a proteção dos trabalhadores diante dos riscos no trabalho faz parte da legislação trabalhista e está contida na CLT, estabelecida pela Lei Nº 6514 de 22/12/1977. O detalhamento e a aplicação desta lei estão contidos em vinte e oito Normas Regulamentadoras (NRs) estabelecidas por portarias do Ministério do Trabalho. Dentre estas normas encontra-se a NR-15, regulamentadora das Atividades e Operações Insalubres, com quatorze anexos. Dentre os anexos, o de número sete é relativo às Radiações Não Ionizantes. Tal anexo, composto por apenas três parágrafos, estabelece que:

- São radiações não ionizantes as microondas, as ultravioletas e o laser.
- As operações ou atividades que exponham os trabalhadores às radiações não ionizantes, sem a proteção adequada, serão consideradas insalubres, em decorrência de laudo de inspeção realizada no local de trabalho.

- As atividades ou operações que exponham os trabalhadores às radiações da luz ultravioleta na faixa entre 320 a 400 nanômetros não serão consideradas insalubres.

A legislação trabalhista, portanto, regulamenta como atividade insalubre a operação de equipamentos laser e, no entanto, não estabelece critérios que permitam identificar quais condições contribuem para a insalubridade da operação nem qual seria o tipo de proteção adequada aos que operam ou se expõem à radiação provocada por tais equipamentos.

Assim, é extremamente importante que seja do conhecimento de todos os envolvidos com a operação de equipamentos laser utilizados em levantamentos terrestres e aéreos no Brasil, as classes às quais pertencem tais equipamentos e, uma vez que existem diversos padrões, o padrão ao qual as referidas classes correspondem. Só assim é possível determinar a quais riscos os operadores destes equipamentos estão sujeitos e estabelecer critérios que permitam reduzi-los ao máximo.

O quadro a seguir foi construído com a finalidade de facilitar o reconhecimento das classes e padrões ao qual pertencem.

Quadro 1 : Padrões e Respectivas Classes

Classe	IEC:1993	IEC:2001	CDRH ¹	ANSI
1	*	*	*	*
1M		*		
2	*	*	*	*
2A			*	
2M		*		
3A	*		*	*
3R		*		
3B	*	*	*	*
4	*	*	*	*

¹ Lembrar que a classificação é feita com números romanos e letras minúsculas

Uma vez que classes idênticas, de padrões distintos, possuem diferentes definições dos riscos a ela associados, recomenda-se, após a identificação da classe de um equipamento e seu respectivo padrão, consultar a relação de riscos e medidas de segurança para a sua utilização nas publicações oficiais.

6 Precauções

Ao utilizar um equipamento laser em levantamentos terrestres e aéreos, a ARP/NSA (1999) e a Columbia University (1998) indicam como precauções gerais a serem tomadas:

- Conhecer a legislação ou normas que regem o uso de equipamentos laser no país. Caso não existam, conhecer a classe do produto laser utilizado e os reais riscos que este representa dentro dos padrões utilizados para sua classificação.
- Evitar que as pessoas envolvidas direta ou indiretamente com a operação de equipamentos laser observem o feixe laser diretamente.
- Não permitir a observação direta do feixe laser por meio de teodolitos ou níveis, binóculos, telescópios, lupas, etc., pois estes geralmente aumentam o risco de danos aos olhos.
- Posicionar o feixe laser bem abaixo ou bem acima do nível dos olhos sempre que possível.
- Assegurar que o feixe laser não seja direcionado para superfícies espelhadas pois as reflexões especulares são perigosas, dependendo do tipo de laser utilizado.
- Desligar e guardar (invólucro apropriado) o equipamento laser sempre que este não estiver em operação.
- Guardar o equipamento laser em local cujo acesso de pessoas não autorizadas seja proibido.
- Fixar rigidamente o equipamento laser de forma que a direção do feixe laser não possa ser alterada acidentalmente.
- Quando o equipamento laser for utilizado em levantamentos no interior de construções, certificar-se que o ambiente esteja bem iluminado de forma a restringir o diâmetro das pupilas e consequentemente diminuir o risco de danos aos olhos.
- Uma pessoa deve ser nomeada responsável pela avaliação e implementação dos controles de segurança apropriados à classe do laser, tipo de instalação e riscos associados.
- Somente operadores treinados devem ter permissão para instalação, ajuste e operação do equipamento laser.
- Sinais de alerta e de perigo, dependendo do tipo de laser utilizado, devem ser colocados em locais estratégicos da área de trabalho (interna ou externa).

Tanto os rótulos ou etiquetas dos equipamentos como a sinalização das áreas de trabalho seguem especificações contantes dos padrões já citados.

7 Considerações Finais

Os equipamentos laser utilizados em levantamentos terrestres e aéreos classificados pelo padrão IEC80625-1:1993 ou pelo padrão FDA 21 CFR:1996, normalmente estão compreendidos entre as classes 1 e 3A. Se o equipamento laser em uso não possuir etiqueta ou rótulo com informações sobre a classe e riscos que apresenta, recomenda-se consultar o manual ou o representante/fabricante do mesmo a fim de obtê-las.

Caso tal equipamento seja utilizado como material didático no aprendizado de certas disciplinas, recomenda-se alertar os alunos quanto aos riscos a que estão sujeitos e também quanto aos procedimentos de segurança requeridos para sua operação.

8 Referências Bibliográficas

ARP/NSA, Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency.: *Visible Light Lasers Used for Surveying, Levelling, and Alignment.* Commonwealth Department of Health and Aged Care, 1999.

Bader,O.; Lui,H.: *Laser Safety and the Eye: Hidden Hazards and Practical Pearls.* Lions Laser Skin Centre, University of British Columbia, Vancouver, 1996.

Brandalize,M.C.B.; Philips,J.W.: *Laseres nos Levantamentos Terrestres.* Revista InfoGeo, Ano 4, No. 22, Jan/Fev 2002, p. 52-55.

Carroll,J.M.: *Fundamentos y Aplicaciones del Laser.* Barcelona, Marcombo Boixareu Editores, 1978.

Charles Sturt University: *Laser Safety Program Part III: The Effects of Laser Radiation on Biological Tissue.* 2001.

Columbia University.: *Laser Safety Guidelines.* 1998.

Ganiere,J.D.: *Laser Hazards.* École Polytechnique Fédérale de Lausanne, GOEQ, IMO.

Green,M.: *An Introduction to Laser Safety.* Business Briefing: Global Photonics Applications & Technology, 2001.

Hecht,J.: *The Laser Guidebook.* Singapore, McGraw-Hill Editions, 1986.

Schulmeister,K.; Püster,T.; Green,M.; Henderson,R.: *Handbook on Industrial Laser Safety.* Institut für spanlose Fertigung und Hochleistungslasertechnik - ISLT, Coordinating Organization: ARGELAS, Wien, Austria, August 2001.

Tarasov,L.: *Laser Physics and Applications.* English Translation, MIR Publishers, 1986.