

Avaliação dos riscos das emissões de radiação óptica em LEDs de potência

Risk assessment of emissions of power LEDs optical radiation

C R Silva¹, C L M Costa, P C Felisberto, A H Barbosa, R R Vieira, J F S Gomes, I A A Oliveira, A S Sardinha, D D Viana, A D Alvarenga

Divisão de Metrologia Óptica (Diopt), Instituto Nacional de Metrologia Qualidade e Tecnologia - Inmetro

E-mail: ¹ clrsilva-prometro@inmetro.gov.br

Resumo: Sistemas de iluminação de estado sólido (SSL) tornaram-se amplamente utilizados e revolucionaram a indústria de iluminação. A introdução dos SSL fez surgir um novo conjunto de perguntas sobre esta nova tecnologia: LEDs emitem radiações nocivas? Fontes de iluminação LED podem causar problemas de saúde? Neste artigo comentamos o tema perigos relacionados à luz e apresentamos resultados preliminares de cálculos para lâmpadas LED.

Palavras-chave: LED, radiação UV, perigos de radiação, perigos de luz, saúde.

Abstract: Solid-State Lighting (SSL) systems have become widely used and revolutionized the lighting industry. The introduction of SSL has raised an entirely new set of questions about this new technology: do LEDs emit hazardous radiation? Do LED lights sources cause any health problem? In this paper we address the light hazards and present preliminary results of calculations for LED lamps.

Keywords: LED, UV radiation, radiation hazards, light hazard, health.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos temos visto o crescimento de uma nova fonte de iluminação, a chamada iluminação de estado sólido, mais precisamente falando, a tecnologia LED (light emitting diode), que chama a atenção por uma série de fatores tais como: baixíssima emissão de radiação térmica, melhor reprodução de cores, menor dimensão e, sobretudo, baixo consumo de energia, o que justifica sua crescente adoção no mercado de iluminação devido à crescente demanda por economia de energia elétrica.

Da mesma forma como ocorreu com tecnologias de iluminação anteriores, surge agora com os LED o questionamento sobre a existência de riscos à saúde e quais os riscos podem estar envolvidos na utilização deliberada destas fontes de iluminação sem os devidos cuidados.

No projeto de caracterização colorimétrica e fotométrica de fontes de iluminação do estado sólido desenvolvido no Laboratório de Colorimetria e Espectrofotometria (Lacoe), do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), têm sido analisadas várias características deste tipo de fonte, tais como temperatura de cor correlata (TCC), comprimento de onda dominante e radiância espectral, entre outros. Estes fatores também são necessários para a determinação dos riscos em potencial à saúde, envolvidos na utilização destes dispositivos.

Neste artigo fizemos um levantamento preliminar das normas existentes que tratam dos limites de exposição à radiação ultravioleta, à luz azul intensa e à radiação térmica oriundas de fontes de iluminação LED. Foram analisadas as funções de risco e equações aplicáveis e apresentamos uma discussão inicial do assunto

exemplificando com resultados de medições radiométricas e fotométricas de algumas lâmpadas LED comerciais.

1.1 Radiação óptica

A CIE (*Comission Internationale de l'Ecleraige* - Comissão Internacional de Iluminação) considera a denominação radiação óptica para a região do espectro eletromagnético entre as regiões de transição entre os raios-X ($\lambda \approx 1$ nm) e as ondas de rádio (comprimentos de onda de aproximadamente 10^6 nm) e que, como as camadas mais externas dos olhos transmitem radiação óptica para a retina com comprimentos de onda entre 380 e 1400 nm (*retinal hazard region* – região de risco para a retina) esta região requer atenção especial na determinação de níveis de segurança fotobiológicos para a visão (CIE, 2002). Dentro da faixa de radiação óptica uma parte desta radiação é considerada radiação ultravioleta (UV) que é uma região do espectro eletromagnético compreendida entre com $\lambda \approx 10$ nm e $\lambda \approx 400$ nm. A CIE classifica a radiação UV em três faixas do espectro assim denominadas UVA ($315 \text{ nm} \leq \lambda < 400 \text{ nm}$), UVB ($280 \text{ nm} \leq \lambda < 315 \text{ nm}$) e UVC ($100 \text{ nm} \leq \lambda < 280 \text{ nm}$) (CIE, 2002).

De acordo com a ICNIRP (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* – Comissão Internacional de Proteção das Radiações não Ionizantes) a radiação ultravioleta não é considerada radiação ionizante (ICNIRP, 2013), entretanto sabe-se que uma parte do espectro do UV é responsável pela formação de trióxigênio, comumente chamado de ozônio (O_3), por ionização.

1.2 LEDs UV e LEDs comerciais

Os primeiros diodos emissores de luz (LEDs) produzidos na década de 1960 emitiam na região da radiação infravermelha e vermelha e eram utilizados apenas para sinalização. Atualmente, já existem LEDs de células de InGaN emitindo na região do UV, com $\lambda \approx 265$ nm, utilizados na esterilização de materiais e ambientes e não é raro encontrar no mercado estes mesmos LEDs sendo utilizados para decoração de ambientes, visto que também emitem luz azul intensa além de UV. Mesmo LEDs que teoricamente não emitem na região do UV possuem a característica

particular de emitir muita radiação na região do azul.

1.3 Interações das radiações de baixo comprimento de onda com a pele e a visão

Uma série de riscos tais como eritemas, fotoenvelhecimento, melanomas, queratoses, fotocarcinogênese, fotoconjuntivite, degeneração macular, etc. estão associados tanto à radiação UV quanto à luz azul intensa (CIE, 2002). A penetrabilidade dessas radiações depende de vários fatores, tais como cor e sensibilidade da pele (ou olhos), intensidade e comprimento de onda da radiação, etc. A parcela que atravessa camadas da pele ou da retina interage de diversas formas tanto com moléculas quanto com os cromóforos teciduais e atinge várias camadas de tecido dependendo de seu comprimento de onda (KARP, 2005).

No caso dos LEDs, é pertinente considerar todo o espectro, sobretudo os riscos das emissões na região do azul (aproximadamente de 400 a 500 nm) e as emissões com comprimentos de onda na região do UV-A entre 315 nm e 400 nm, pois esta faixa de radiação já tem sido utilizada em várias aplicações cotidianas se valendo do efeito de fluorescência, tais como na luz negra de casas noturnas e na iluminação de reforço na reprodução de algumas cores, como o branco, por exemplo. E é justamente nesta região do espectro que existe risco de câncer de pele causado pela mutação no gene supressor de tumor p-53 (KARP, 2005).

2. RADIOMETRIA E FOTOMETRIA

A CIE S009/E:2002 preconiza que as quantidades radiância espectral e irradiância espectral são determinantes para o estabelecimento e quantificação dos riscos inerentes à exposição prolongada à fontes de radiação LED. O termo espectral define a dependência da radiância ou irradiância em termos do comprimento de onda, ou seja, é possível determinar uma radiância ou irradiância para cada determinado comprimento de onda. Irradiância espectral, denotada por E_λ é definida como o fluxo de radiação (ou potência emitida que será recebida por um sistema óptico, seja ele um sistema metrológico ou a visão) de comprimento de onda λ incidente sobre uma superfície, por unidade de intervalo de

comprimento de onda e por unidade de área da superfície, sendo sua unidade o $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$. Já a radiância espectral, denotada por L_λ é definida como o fluxo de radiação (ou potência) em um determinado ponto, direção, e comprimento de onda por unidade de área projetada, ângulo sólido, e intervalo de comprimento de onda.

2.1. Quantificação dos riscos

No escopo deste trabalho iremos considerar o risco de luz azul (300 nm a 700 nm). Os cálculos levam em consideração o tempo de exposição máximo permitido (MPE – *maximum permitted exposure*) e funções tabeladas que constam na norma de referência. A CIE adota estas funções ponderadas de eficácia espectral para efeitos da radiação óptica, que foram desenvolvidas pela ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) (CIE, 2002). Elas são ponderadas em relação ao efeito químico ou biológico que a radiação tem sobre uma substância.

Considerando L_B a função de risco da luz azul para a retina associado a uma fonte, temos que, para tempos de exposição inferiores ou iguais a 10000 s (aproximadamente 2,77 horas) e $L_B \cdot t$ igual ou inferior a $10^6 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ considera-se o seguinte cálculo:

$$L_B \cdot t = \sum_{300}^{700} \sum_t L_\lambda(\lambda, t) \cdot \Delta t \cdot \Delta \lambda \quad (1)$$

para períodos de exposição superiores a 10000 s e L_B igual ou inferior a $100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ considera-se para a radiação o seguinte cálculo:

$$L_B = \sum_{300}^{700} \sum_t L_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta \lambda \quad (2)$$

onde: $L_\lambda(\lambda, t)$ é a radiância espectral dada em $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$, $B(\lambda)$ é a função do risco da luz azul ponderado (tabelado na CIE S009/E:2002), $\Delta \lambda$ é a largura de banda em nm e t é a duração da exposição em segundos. Para valores que excedam $100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ deve ser calculado o MPE_t com:

$$MPE_E = \frac{10^6}{L_B} \quad (3)$$

Quando necessária a conversão para unidades típicas dos equipamentos utilizados, deve ser feita a seguinte conversão na equação 4:

$$MPE_t = 0,003 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot L_B \quad (4)$$

onde E_s está em $\text{mW}\cdot\text{cm}^{-2}$.

2.2. Análise das funções de risco no espectro

Para melhor análise e compreensão da região de risco considerada, a figura 1 mostra a função de eficácia espectral do risco da luz azul. Esta função é utilizada no cálculo da quantificação de risco e do tempo máximo de exposição a determinadas faixas de radiação óptica.

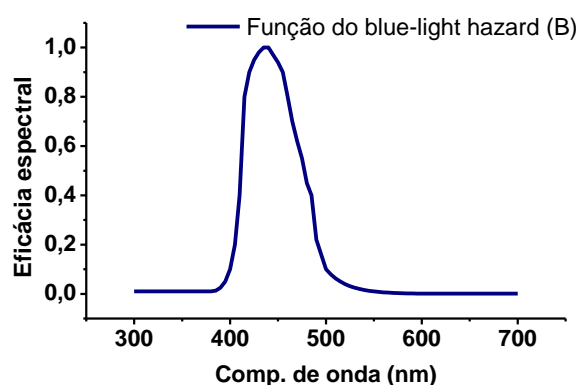


Figura 1 - Função de risco da luz azul

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Apresentamos resultados preliminares de cálculos que foram feitos utilizando as distribuições espectrais obtidas em medições previamente feitas para a caracterização colorimétrica e fotométrica de um conjunto de lâmpadas LED na região do visível (380 a 780 nm), razão pela qual inicialmente demos atenção aos riscos da luz azul. Para esclarecimento, as denominadas lâmpadas LED são na realidade um conjunto de LEDs de potência, ou um único LED, montados em dispositivos com formatos semelhantes aos de lâmpadas incandescentes e, normalmente com os soquetes E27 (padrão de rosca) e a tendência é que em breve este tipo de dispositivo substitua estas lâmpadas incandescentes e fluorescentes compactas.

Na caracterização das lâmpadas foram medidas a distribuição espectral de potência (SPD) em um goniofotômetro com espelho montado em um braço rotatório em conjunto com um espectrorradiômetro, conforme detalhado em (COSTA, 2013). Com estes resultados foram

calculadas as temperaturas de cor correlata (TCC) das lâmpadas. Foram utilizadas lâmpadas LED com potências nominais variando entre 5 W e 8 W e temperaturas de cor entre 3105 K e 4494 K, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 Características das lâmpadas

Lâmpada	Características	TCC (K)	Pot. (W)
1	Refletor parabólico	3732	8
2	Luminária de embutir	3335	5
3	Bulbo branco	3105	7
4	Bulbo branco	3022	8
5	Bulbo cinza	4494	8
6	Iluminante lâmpada incandescente		-

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As medidas das radiâncias espectrais do conjunto de lâmpadas numeradas de 1 a 5 na Tabela 1 são apresentadas nos gráficos da figura 2. A quantificação dos riscos foi feita de acordo com a seção 2.1.

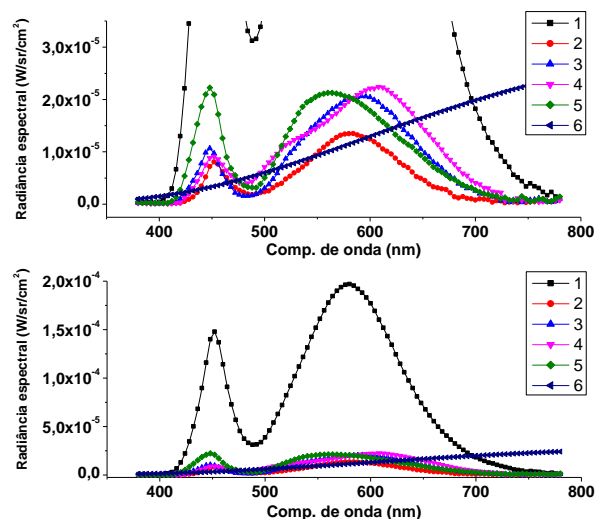


Figura 2 – Radiâncias espectrais do conjunto de lâmpadas LED.

Para efeito ilustrativo, comparamos as radiâncias espectrais com um iluminante gerado que simula a radiância espectral de uma lâmpada

incandescente, identificado como 6. Na figura 2 é feito o comparativo dos espectros das lâmpadas. Na parte superior a escala foi aumentada para mostrar as diferenças entre os espectros. A lâmpada 1 apresenta o maior valor medido de radiância devido a sua geometria de construção, que concentra toda a radiação na direção frontal. Observa-se também que possui o pico pronunciado na região do azul (entre 400 nm e 480 nm). Esta lâmpada se enquadrou na condição de risco da luz azul, para o qual foi calculado um tempo de exposição máximo permitido de aproximadamente 3370 segundos. Também se observa que mesmo lâmpadas LED com baixas temperaturas de cor (pouco azuladas) como a número 3, possuem em seu espectro característico um pico de intensidade relativamente alta na região do azul. Os cálculos apontam que as demais, lâmpadas de 2 a 5, foram isentas de risco para períodos de exposição inferiores a 8 horas. Comparando as lâmpadas 1 e 3 que possuem espectros semelhantes, vemos que, embora os valores de potência dessas lâmpadas estejam na mesma faixa, os valores de radiância medidos são muito diferentes, pois a 3 é um modelo que espalha a luz por uma grande região angular, enquanto a 1 é um modelo que concentra a luz, fazendo com que exista risco de luz azul para esta última.

5. CONCLUSÃO

Foram realizados os cálculos de risco para azul em um conjunto de lâmpadas comerciais e foi observado que uma das lâmpadas (nº1) apresenta este risco, sendo que as demais não apresentam risco desde que o período de exposição não ultrapasse 8 horas. Estes cálculos levam em consideração apenas a dose efetiva diária e não existe ainda consenso na literatura sobre a existência de efeitos estocásticos para esta faixa de radiação. Da mesma forma, os cálculos recomendados consideram apenas a exposição a uma única fonte isolada e não a várias fontes simultâneas, como é o mais trivial que um organismo esteja exposto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq. I A A Oliveira e D D Viana agradecem à Faperj.

REFERÊNCIAS

COSTA, C. L. M. et al. Caracterização Espectrocolorimétrica de LED de Potência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METROLOGIA, 7., 2013, Ouro Preto.

CIE S009/E:2002 – Comission Internationale de l'Eclairage. Photobiological Safety of Lamps and Lamp Systems.

DE CUSATIS, C. (ed.). **Handbook of Applied Photometry**. Woodbury: American Institute of Physics Press – AIP, 1997.

KARP, G. **Biologia Celular e Molecular – Conceitos e Experimentos**. Barueri, 2005.

ICNIRP – International Comission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines on Limits of Exposure to Incoherent Visible and Infrared Radiation. **Health Physics**, v. 105, n. 1, p. 74 – 96, jul. 2013.