



## Avaliação do Desempenho Luminoso de Sistemas de Iluminação de Ambientes de Aprendizagem

B. B. M. S. Petrucci<sup>1</sup>; P. R. R. Barreto<sup>2\*</sup>; W. S. Inácio<sup>3</sup>  
<sup>1,3</sup>IFF campus Campos-Guarus; <sup>2</sup>IFF campus Campos-Centro  
\*pbarreto@iff.edu.br

### Resumo

A aplicação de lâmpadas LED está crescendo, especialmente lâmpadas LED tubulares, para substituição de lâmpadas fluorescentes tubulares. Entretanto, o apelo à eficiência energética de um sistema de iluminação pode se contrapor à expectativa de qualidade e conforto visual. Objetivou-se neste trabalho avaliar os sistemas de iluminação LED voltados à substituição de lâmpadas fluorescentes tubulares quanto ao seu desempenho luminoso, considerando parâmetros de conforto visual, por meio de estudo de caso. Como resultado, obteve-se na sala de aula D02 uma iluminância média igual a 602 lux, superando os requisitos da norma. Já os níveis de iluminância média calculados para as salas de aula D03 e D04 não atingiram o valor recomendado para aulas noturnas e educação de adultos, 500 lux. Para essas salas, obtiveram-se os valores de 395 e 498 lux, respectivamente. Contudo, cabe destacar que o desempenho dos sistemas de iluminação que utilizam lâmpadas LED superou o que possui fluorescentes.

**Palavras-chave:** Lâmpada LED tubular, Lâmpada fluorescente tubular, Luxímetro, Iluminância média, ABNT NBR ISO/CIE 8995-1

### 1. Introdução

O consumo de energia elétrica com iluminação já foi responsável por uma parcela considerável de toda a energia consumida no mundo. Este consumo representou apenas 7% da eletricidade utilizada nos edifícios em 2018, graças às boas políticas e avanços tecnológicos das lâmpadas LED (IEA, 2018)<sup>[1]</sup>. Em decorrência disso, as vendas deste produto atingiram o número recorde de mais de 10 bilhões de unidades em 2019, superando as vendas de lâmpadas fluorescentes, menos eficientes. (IEA, 2020)<sup>[2]</sup>.

Entretanto, o apelo à eficiência energética de um sistema de iluminação pode se contrapor à expectativa de qualidade e conforto visual. A substituição de lâmpadas fluorescentes tubulares por LED tubulares, mantendo a mesma quantidade e posicionamento das luminárias, pode resultar em problemas na quantidade de iluminação, na qualidade da distribuição e na uniformidade da luz, mostrando-se uma prática inadequada em alguns casos (RYCKAERT *et al.*, 2012)<sup>[3]</sup>.

Em um ambiente educacional, por exemplo, pessoas de faixas etárias diversas realizam tarefas visuais muito diferentes, como atividades de ensino, leituras, resolução de exercícios e atividades laboratoriais. Essas tarefas demandam atenção e concentração, logo, boas condições de iluminação favorecem o desempenho e a saúde dos estudantes, professores e funcionários (BELLIA; MUSTO; SPADA, 2011)<sup>[4]</sup>. Desse modo, o desempenho escolar do aluno está diretamente relacionado com a qualidade da iluminação na sala de aula, bem como outros parâmetros ambientais, por exemplo, temperatura e qualidade do ar (BARRETT *et al.*, 2015)<sup>[5]</sup>.

Dessa forma, entre os muitos fatores que influenciam os processos de aprendizagem, aqueles relacionados com as condições ambientais têm um papel determinante, uma vez que o estímulo educacional é repassado através da percepção dos sentidos, sendo a visão um dos mais relevantes. Portanto, a qualidade da aprendizagem está diretamente atrelada com a

qualidade do ambiente de ensino, principalmente aqueles que carecem integralmente de iluminação artificial, que é o caso de aulas noturnas (BERTOLOTTI, 2007; ALMEIDA; RUIZ; GRAÇA, 2012; ERBS; OLIVEIRA; CATA, 2017) [6], [7], [8].

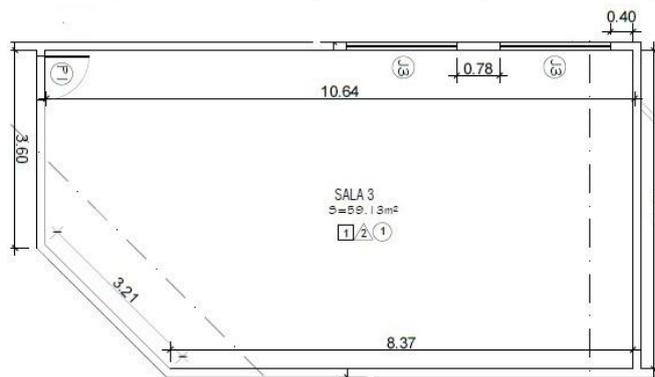
Assim, a norma brasileira sobre a Iluminação de ambientes de trabalho – ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e os parâmetros para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança, durante o período de trabalho.

Diante do exposto, objetivou-se neste trabalho avaliar os sistemas de iluminação LED, voltados à substituição de lâmpadas fluorescentes tubulares, quanto ao seu desempenho luminoso, considerando parâmetros de conforto visual, por meio de um estudo de caso.

## 2. Materiais e Métodos

A pesquisa desenvolvida neste trabalho teve uma abordagem predominantemente quantitativa, de natureza aplicada e de objetivo exploratório. Quanto aos procedimentos, foram planejadas três etapas principais de método experimental.

A primeira consistiu na observação das características do sistema de iluminação e das especificações técnicas das lâmpadas existentes nas salas de aula D02, D03 e D04 do Instituto Federal Fluminense Campus Campos Guarus. As Referidas salas foram escolhidas como objeto desse estudo por possuírem características arquitetônicas e funcionais semelhantes (Figura 1). Além disso, as mesmas não sofrem influência da iluminação externa, uma vez que todas as janelas são bloqueadas com persianas (Figura 2).



**Figura 1.** Planta baixa da sala D03.



**Figura 2.** Interior da sala D03.

Em seguida foram realizadas as medições com o luxímetro. O procedimento de medição dos níveis de iluminância nas três salas de aula seguiram o método das malhas, descrito na norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013. Conforme a norma, para aferir a iluminância média da superfície de referência (área da tarefa, local de trabalho ou arredores), é necessário calcular o elemento malha de cálculo ( $p$ ), dado pela Eq. (1). A partir deste valor, encontra-se o número de pontos ( $n$ ) a serem medidos na área em questão, de acordo com a Eq. (2) (ABNT, 2013)<sup>[9]</sup>.

$$p = 0,2 * 5^{\log_{10} d} \quad (1)$$

$$n = \frac{d}{p} \quad (2)$$

onde:

$p$  é o tamanho da malha, expresso em metros (m);

$d$  é a dimensão da superfície de referência, expressa em metros (m);

$n$  é o número de pontos de cálculo considerando a malha  $p$ .

Caso a relação comprimento versus largura da superfície seja entre 0,5 e 2, é levada em consideração a maior dimensão ( $d$ ) da área na aplicação das equações 1 e 2. Em todos os outros casos, a menor dimensão deve ser tomada para o cálculo.

Com o valor de  $n$  definido, a superfície é dividida em pequenos retângulos ou quadrados, com os pontos de cálculo em seu centro. A média aritmética de todos os pontos de cálculo é a iluminância média procurada.

O instrumento de medição utilizado para verificar os níveis de iluminância foi o luxímetro digital do fabricante / modelo: HIKARI / HLX-88 (Figura 3).



**Figura 3.** Luxímetro digital HIKARI / HLX-88.

O manuseio do luxímetro seguiu o manual disponibilizado pelo fabricante, procurando manter as mesmas condições nas três salas de aula aferidas, como a posição do mobiliário, portas, janelas e persianas. Optou-se por realizar as medições no período da noite, com objetivo de descartar qualquer interferência da luz natural.

Por fim, após o desenvolvimento dos cálculos da malha  $p$  e dos pontos de cálculo  $n$ , por meio das Eq. (1) e Eq. (2) e da verificação da iluminância dos  $n$  pontos, foi calculada a média destes a fim de obter a iluminância média do local.

### 3. Resultados e Discussão

A Tab. 1 apresenta a iluminância média ( $E_m$ ) das três salas de aula, a área de cada recinto, a quantidade de luminárias, lâmpadas e suas especificações. De acordo com a ABNT, 2013<sup>[4]</sup> a iluminância média ( $E_m$ ) para escolas primárias e secundárias deve ser de 300 lux, enquanto que para aulas noturnas e educação de adultos, 500 lux.

**Tabela 1.** Características das instalações e a iluminância média calculada (lux).

Sala aula	Área (m <sup>2</sup> )	Nº de luminárias	Nº de lâmpadas	Tipo da lâmpada	Modelo lâmpada	Potência (W)	Flux lum (lm)	$E_m$ (lux)
D02	55,34	12	24	LED	3903	18	2000	602
D03	59,13	12	24	Fluor	L36W840	36	3350	395
D04	59,21	12	24	LED	TL18P6AO	18	2070	498

Como resultado, obteve-se na sala de aula D02 uma iluminância média igual a 602 lux, superando os requisitos da norma. Esse resultado positivo impacta em como uma pessoa percebe e realiza a tarefa visual de forma rápida, segura e confortável.

Admitindo-se o ciclo de vida indicado pelo fabricante das lâmpadas, ou seja, ao final de 25.000 horas, o fluxo luminoso seria 90% do fluxo luminoso inicial. Mantendo-se a limpeza do ambiente e das luminárias, o nível de iluminância média para sala de aula D02 ainda seria satisfatório, admitindo-se que chegaria a 90% do valor calculado para o local, equivalente a 542 lux, aproximadamente.

Já os níveis de iluminância média calculados para as salas de aula D03 e D04 não atingiram o valor recomendado para aulas noturnas e educação de adultos, 500 lux, uma vez que, para essas salas, obtiveram-se os valores de 395 e 498 lux, respectivamente.

No entanto, a variação de 0,4% abaixo da recomendação normativa, para sala D04, está dentro do limite de tolerância admitido, de 10% para níveis de iluminância média, de acordo com a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

Todavia, cabe destacar que o desempenho dos sistemas de iluminação que utilizam lâmpadas LED tubulares superou o sistema que possui lâmpadas fluorescentes tubulares, no que diz respeito aos níveis de iluminância média calculados.

#### 4. Conclusões

O estudo realizado permitiu verificar as condições em que se encontram os sistemas de iluminação das salas de aula D02, D03 e D04 do Instituto Federal Fluminense Campus Campos Guarus. O objetivo deste trabalho foi avaliar os sistemas de iluminação LED voltados à substituição de lâmpadas fluorescentes tubulares quanto ao seu desempenho lumínico, considerando parâmetros de conforto visual, por meio de estudo de caso.

Considerando que os valores de iluminância média ( $E_m$ ), determinados nesse estudo, ficaram abaixo do ideal em duas das três salas de aula (D03 e D04), entende-se a necessidade de se buscar propostas de mudança para os sistemas em questão. Nesse sentido, é necessário incluir na avaliação os demais parâmetros que contribuem para iluminação do ambiente.

Contudo, os resultados apontaram que o emprego de lâmpadas LED tubulares, em substituição as lâmpadas fluorescentes tubulares trouxe benefício, apesar de não atender plenamente os requisitos da norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 em um caso (sala D04).

Conclui-se, portanto, que a substituição das lâmpadas fluorescentes tubulares por lâmpadas LED tubulares é positiva e não descarta propostas de mudança do sistema no que diz respeito à revisão da quantidade e posicionamento das luminárias, bem como uma manutenção e limpeza periódica, inclusive das lâmpadas.

#### Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ. Programa Jovens Talentos – 2018. Pedido / Processo: E-26/201.315/2018 (237655).

Ao Instituto Federal Fluminense Campus Campos Guarus. Diretoria de Pesquisa, Extensão e Inovação.

#### Referências

- [1] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Electricity Information 2018**. Paris: OECD Publishing, 2018. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/content/publication/electricity-2018-en>. Acesso em: 13 jun. 2020.
- [2] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy Technology Perspectives 2020**. Paris: OECD Publishing, 2020. Disponível em: [https://www.oecd-ilibrary.org/energy/energy-technology-perspectives-2020\\_ab43a9a5-en](https://www.oecd-ilibrary.org/energy/energy-technology-perspectives-2020_ab43a9a5-en). Acesso em: 13 jun. 2020.
- [3] RYCKAERT, W. *et al.* Linear LED tubes versus fluorescent lamps: An evaluation. **Energy and Buildings**, Antuérpia, v. 49, n. 1, p. 429–436, 2012.
- [4] BELLIA, L.; MUSTO, M.; SPADA, G. Illuminance measurements through HDR imaging photometry in scholastic environment. **Energy and Buildings**, Nápoles, v. 43, n. 10, p. 2843–2849, 2011.
- [5] BARRETT, P. *et al.* The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. **Building and Environment**, Swindon, v. 89, p. 118–133, 2015.
- [6] BERTOLOTTI, D. **Iluminação natural em projetos de escolas: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar energia**. 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- [7] ALMEIDA, M.; RUIZ, E. de O.; GRAÇA, V. A. C. da. Iluminação natural e saúde em salas de aula: a melhoria do desempenho ambiental através do controle da radiação solar direta no IFSP-SP. **Sinergia**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 42–53, 2012.
- [8] ERBS, A.; OLIVEIRA, C. J.; CATAI, R. E. Comparativo entre Iluminância de ambientes em instituições de ensino pública e privada. **Revista ESPACIOS**, Caracas, v. 38, n. 61, p. 7-15, 2017.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.