



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

B. B. M. S. Petrucci¹; P. R. R. Barreto^{2*}; W. S. Inácio³
^{1,3}IFF campus Campos-Guarus; ²IFF 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)^[1]. 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)^[2].

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)^[3].

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)^[4]. 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)^[5].

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).

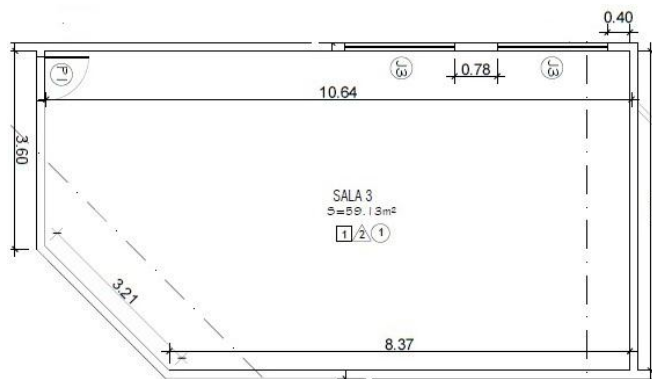


Figura 1. Planta baixa da sala D03.



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)^[9].

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

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

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^[4] 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 ²)	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. 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.