



ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



02 a 04
de dezembro 2020

Desempenho Lumínico de Sistemas de Iluminação de Salas de Aula

Plínio Rodrigues Rosa Barreto

IFFluminense *campus* Campos-Centro

Bruna Barreto de Melo dos Santos Petrucci

IFFluminense *campus* Campos-Guarus

William dos Santo Inácio

IFFluminense *campus* Campos-Guarus

Rossini Rodrigues Rosa Barreto

Centro Universitário Fluminense

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. O objetivo deste trabalho é 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. Quanto aos procedimentos metodológicos, foram planejadas três etapas principais de método experimental. A primeira consistiu na observação das características do sistema de iluminação, das especificações técnicas das lâmpadas e das características arquitetônicas das salas de aula D02, D03 e D04 do Instituto Federal Fluminense Campus Campos Guarus. Em seguida, foram realizadas as medições com o luxímetro, seguindo o método das malhas, descrito na norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. Por fim, os níveis de iluminância encontrados foram comparados com aqueles estabelecidos pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. 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.

Luminous Performance of Classroom Lighting Systems

Abstract: The application of LED lamps is growing, especially tubular LED lamps, to replace tubular fluorescent lamps. However, the appeal to the energy efficiency of a lighting system can counter the expectation of quality and visual comfort. The objective of this work is to evaluate LED lighting systems aimed at replacing tubular fluorescent lamps in terms of their luminous performance, considering parameters of visual comfort, through a case study. As for the methodological procedures, three main stages of the experimental method were planned. The first

consisted of observing the characteristics of the lighting system, the technical specifications of the lamps and the architectural characteristics of the classrooms D02, D03 and D04 of the Instituto Federal Fluminense Campus Campos Guarus. Then, measurements were made with the luximeter, following the mesh method, described in the ABNT NBR ISO / CIE 8995-1 standard. Finally, the levels of illuminance found were compared with those established by the ABNT NBR ISO / CIE 8995-1 standard. As a result, an average illuminance of 602 lux was obtained in classroom D02, exceeding the requirements of the standard. The average illuminance levels calculated for classrooms D03 and D04 did not reach the recommended value for evening classes and adult education, 500 lux. For these rooms, the values of 395 and 498 lux were obtained, respectively. However, it should be noted that the performance of lighting systems that use LED lamps surpassed that which has fluorescents.

Keywords: Tubular LED lamp, Tubular fluorescent lamp, Luxmeter, Medium illuminance, 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). 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).

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).

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). 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).

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).

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. Ademais, a referida norma apresenta a especificação mínima da Iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor, além de considerações para áreas de tarefa e áreas de entorno, bem como os procedimentos para a malha de cálculo.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é 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 um estudo de caso.

1.1 Principais grandezas luminotécnicas

Para compreensão dos cálculos luminotécnicos, é necessário conhecer as grandezas luminosas fundamentais e as definições apresentadas pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. Assim, os conceitos elencados no Quadro 1 auxiliarão no entendimento dos elementos da luminotécnica.

Quadro 1 – Grandezas e conceitos da luminotécnica

| Grandeza | Símbolo | Unidade | Conceito |
|--|------------------|--------------|---|
| Intensidade luminosa | I | Candela (cd) | Potência da radiação luminosa em uma dada direção. |
| Fluxo luminoso | ϕ | Lúmen (lm) | Potência de radiação total emitida por uma fonte de luz em todas as direções do espaço e capaz de produzir uma sensação de luminosidade através do estímulo da retina ocular. |
| Iluminância | E | Lux (lx) | Razão entre o fluxo luminoso incidente numa superfície e a superfície sobre a qual este incide. |
| Iluminância mantida | $\overline{E_m}$ | Lux (lx) | Valor abaixo do qual não convém que a iluminância média da superfície especificada seja reduzida. |
| Índice de ofuscamento unificado | UGR | - | Definição do Comitê Brasileiro de Iluminação (CIE) para o nível de desconforto por ofuscamento. |
| Índice limite de ofuscamento unificado | UGR _L | - | Valor máximo permitido do nível de ofuscamento unificado de projeto para instalação de iluminação. |
| Índice geral de reprodução de cor | R _a | - | Indicação objetiva das propriedades de reprodução de cor de uma fonte de luz. O valor máximo de R _a é 100. Este valor diminui com a redução da qualidade de reprodução de cor. |

Os valores de projeto para os índices supracitados estão estabelecidos nas tabelas da seção 5 da norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, para vários tipos de ambientes, tarefas e atividades.

Fonte: Adaptado de Creder (2016) e ABNT (2013)

A iluminância é um dos principais parâmetros que contribuem para o ambiente luminoso, pois geralmente, a iluminação assegura: conforto visual (sensação de bem-estar); desempenho visual (capacidade para realizar as tarefas visuais, mesmo sob circunstâncias difíceis e durante longos períodos); e, segurança visual (olhar ao redor e detectar perigos). Outros parâmetros que contribuem para o ambiente luminoso são: distribuição da luminância, ofuscamento, direcionalidade da luz, aspectos da cor da luz e superfícies, cintilação, luz natural e manutenção. (ABNT, 2013).

Os requisitos de iluminação recomendados para diversos ambientes, tarefas e atividades estão estabelecidos nas tabelas da seção 5 da norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. O Quadro 2 relaciona os ambientes, tarefas e atividades escolares com a especificação da iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor, para construções educacionais.

Quadro 2 - Planejamento dos ambientes segundo a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013

| Tipo de ambiente, tarefa ou atividade | $\overline{E_m}$ (lux) | UGR _L | R _a |
|---|------------------------|------------------|----------------|
| Salas de convivência de estudantes e salas de reunião | 200 | 22 | 80 |
| Brinquedoteca | 300 | 19 | 80 |
| Berçário | | | |
| Salas de aula e salas de aulas particulares | | | |
| Salas de ensino de música | | | |

| | | | |
|--|-----|----|----|
| Laboratório linguístico | | | |
| Salas dos professores | 300 | 22 | 80 |
| Salas de esportes, ginásios e piscinas | | | |
| Salas de aulas noturnas, classes e educação de adultos | 500 | 19 | 80 |
| Sala de leitura | | | |
| Quadro negro | | | |
| Salas de arte e artesanato | | | |
| Salas de aplicação e laboratórios | | | |
| Oficina de ensino | | | |
| Salas de ensino de computador | 500 | 22 | 80 |
| Salas de preparação e oficinas | | | |
| Salas de arte em escolas de arte | 750 | 19 | 90 |
| Salas de desenho técnico | 750 | 16 | 80 |

Fonte: Adaptado de ABNT (2013)

2. Revisão de literatura

A iluminação de salas de aula necessita de um dimensionamento adequado, de modo que os planos de trabalho recebam a quantidade de luz necessária para a realização das atividades cotidianas. Nesse sentido, é possível encontrar na literatura estudos que abordam o tema sob diferentes perspectivas, baseados na norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

Erbs, Oliveira e Catai (2017) apresentaram um estudo comparativo de iluminância em duas instituições de ensino superior, sendo uma privada e outra pública. Foram medidos os níveis de iluminância em oito ambientes de cada instituição, no período noturno. Os resultados evidenciaram diferenças entre as duas instituições, alcançando a instituição privada maiores valores de iluminância. Entretanto, ambas instituições apresentaram um percentual considerável de ambientes com medições abaixo do recomendado pela norma.

Gómez e Sacht (2017) realizaram medições do nível de iluminância de duas salas de desenho, localizadas no Parque Tecnológico Itaipu. As autoras concluíram que os níveis de iluminância, nos horários das 10h, 12h e 14h, não atingiram o indicado pela norma, além de apresentar ofuscamento para os usuários próximos às janelas à oeste, possivelmente devido à orientação solar.

Cuba *et al.* (2015) analisaram a iluminância dos interiores de oito salas de aula de uma instituição de ensino, tendo os dados obtidos nos períodos diurnos e noturnos. A análise dos dados permitiu concluir que no período noturno a iluminância não estava de acordo com o preconizado pela norma.

Hybner (2015) diagnosticou e avaliou a situação da iluminação de vinte e sete escolas de cidades compreendidas nas superintendências regionais de ensino de Juiz de Fora, Ponte Nova e Ubá, MG. Durante a etapa de medições lumínicas, foram evidenciados níveis de iluminância abaixo do mínimo recomendado pela norma brasileira. Portanto, o resultado da pesquisa apontou deficit na iluminação das salas de aulas das escolas públicas estudadas.

Ritter, Peglow e Corrêa (2012) avaliaram os níveis de iluminância em duas salas de aula do Campus Pelotas Visconde da Graça do IFSUL, com o objetivo de verificar o desempenho em termos de iluminação natural proporcionada pelas janelas ou elementos de passagem de cada sala considerada. As autoras reportaram que, em ambas as salas

estudadas, o nível de iluminância de 300 lux foi atingido através da iluminação natural, salvo em 38,33% dos pontos avaliados, onde se fez necessária a complementação, através da iluminação artificial.

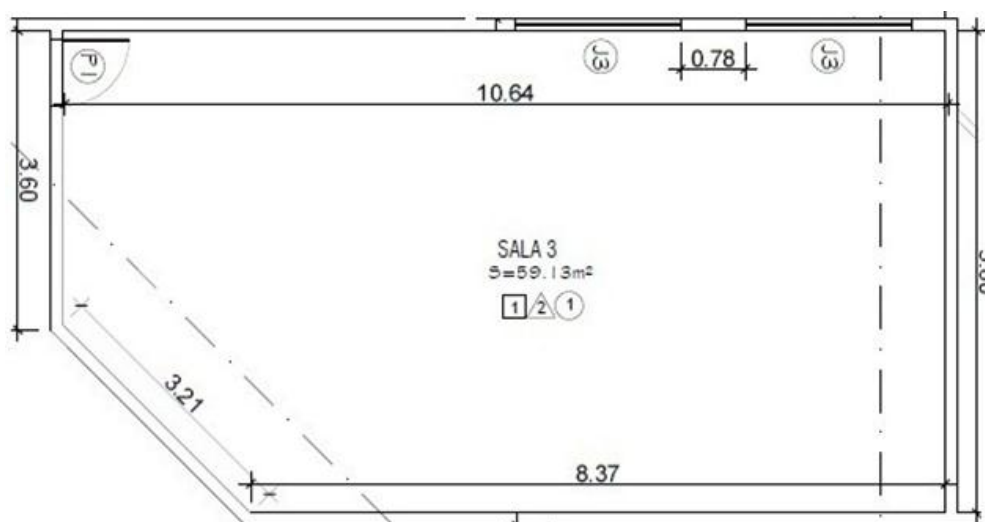
3. Metodologia

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, das especificações técnicas das lâmpadas e das características arquitetônicas das salas de aula D02, D03 e D04 do Instituto Federal Fluminense Campus Campos Guarus. Em seguida, foram realizadas as medições com o luxímetro, seguindo o método das malhas, descrito na norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. Por fim, os níveis de iluminância encontrados foram comparados com aqueles estabelecidos pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

3.1 Levantamento das características dos ambientes

Inicialmente as salas de aula foram vistoriadas para identificar as características arquitetônicas e dos sistemas de iluminação empregados, especificamente: as dimensões das salas para dar suporte ao cálculo da malha; a existência de proteção solar; as possíveis interferências externas; o modelo e quantidade das lâmpadas utilizadas; e as condições de manutenção dos sistemas. As salas D02, D03 e D04 foram escolhidas como objeto desse estudo por possuírem características arquitetônicas e funcionais semelhantes. A Figura 1 apresenta a planta baixa da sala D03.

Figura 1 - Planta baixa da sala D03



Fonte: Os autores (2019)

3.2 Medições dos níveis de iluminância

O procedimento de medição dos níveis de iluminância nas três salas seguiu o método das malhas, descrito na norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. Conforme é indicado pela referida norma, para determinar a iluminância média (E_m) 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).

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

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

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 (E_m) procurada.

As medições dos níveis de iluminância foram realizadas no dia 30 de agosto de 2019, nos horários de 18h30min, 19h e 19h30min, respectivamente nas salas D02, D03 e D04. Para tanto utilizou-se um luxímetro digital do fabricante / modelo: Hikari / HLX-88 (Figura 3). Esse instrumento consiste basicamente de uma célula fotoelétrica e de um miliamperímetro. Quando a luz incide sobre a fotocélula, ocorre a formação de corrente no semicondutor, que depois de amplificada é medida no amperímetro, que é proporcional à radiação luminosa incidente no local de medição (COSTA, 2006).

Figura 3 - Luxímetro digital HIKARI / HLX-88



Fonte: Os autores (2019)

O manuseio do luxímetro seguiu o manual disponibilizado pelo fabricante, procurando manter as mesmas condições nas três salas aferidas, tais 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.

3.3 Comparações dos níveis de iluminância

Após o desenvolvimento dos cálculos da malha p e dos pontos de cálculo n , por meio das Eq. 1 e Eq. 2 e da medição da iluminância nos n pontos, foi calculada a média aritmética destes a fim de obter a iluminância média (E_m) do local. Estes valores foram comparados com aqueles estabelecidos pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, destacados anteriormente no Quadro 2.

4. Resultados e discussão

Mediante a vistoria realizada, verificou-se que as salas de aula D02, D03 e D04 medem, aproximadamente, 10,64 metros de comprimento e 5,80 metros de largura e não sofrem influência da iluminação externa, uma vez que todas as janelas são bloqueadas com persianas, conforme pode ser constatado na Figura 2.

Figura 2 - Interior da sala D03



Fonte: Os autores (2019)

A Tabela 1 apresenta a iluminância média (E_m) das três salas, a área de cada recinto, a quantidade de luminárias, lâmpadas e suas especificações. A iluminância média consiste na média aritmética dos valores aferidos nos 10 pontos de cálculo determinados, dados pela Eq. 1. Para fins de comparação, a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 especifica o nível de Iluminância mantida (\overline{E}_m) de 300 lux para as salas de aula das escolas diurnas. Entretanto, para as aulas noturnas e educação de adultos o requisito são 500 lux, que corresponde ao estudo de caso em tela.

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 |

Fonte: Os autores (2019)

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.

5. Conclusão

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 (Em), 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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

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. Disponível em: <https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/sinergia/issue/view/21>. Acesso em: 13 jun. 2020.

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, jul. 2015. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360132315000700>. Acesso em: 20 set. 2020.

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. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378778811002982>. Acesso em: 13 jun. 2020.

BERTOLOTI, 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. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-19092007-141031/>. Acesso em: 14 jun. 2020.

COSTA, G. J. C. **Iluminação econômica: cálculo e avaliação**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2006.

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 16. ed. São Paulo: LTC, 2016.

CUBA, J. P. B. *et al.* Análise da iluminância dos interiores das salas de aula de uma instituição pública de ensino superior. *In: 8º CONGRESSO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA DA UNESP*, 2015., Accepted: 2016-08-04T13:33:58Zpublisher: Universidade Estadual Paulista (UNESP). **Diálogos das extensões: do saber acadêmico à prática social** [...]. Itapeva: UNESP, 2015. p. 1–4. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/142010>. Acesso em: 20 set. 2020.

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, 25 dez. 2017. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n61/17386107.html>. Acesso em: 14 jun. 2020.

GÓMEZ, J. C.; SACHT, H. M. Avaliação de desempenho lumínico através de medições com luxímetro. *In: 6º ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA*, 2017., Accepted: 2018-02-16T13:53:25Zpublisher: Unila. **Anais do 6º Encontro de Iniciação Científica** [...]. Foz do Iguaçu: UNILA, 2017. Disponível em: <https://dspace.unila.edu.br/handle/123456789/3346>. Acesso em: 20 set. 2020.

HYBINER, J. M. B. M. **Análise da iluminação em salas de aulas de escolas da rede de ensino pública das superintendências regionais de ensino de Juiz de Fora, Ponte Nova e Ubá, MG**. 2015. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015. Disponível em: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/7662>. Acesso em: 20 set. 2020.

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.

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.

RITTER, V. M.; PEGLOW, J. da S.; CORRÊA, C. M. B. Avaliação do nível de iluminação em salas de aula do Campus Pelotas Visconde da Graça. *In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL NUTAU 2012*, 2012. **BRICS e a habitação coletiva sustentável** [...]. São Paulo: NUTAU, 2012.

RYCKAERT, W. *et al.* Linear LED tubes versus fluorescent lamps: An evaluation. **Energy and Buildings**, Antuérpia, v. 49, n. 1, p. 429–436, 2012. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S037877881200134X>. Acesso em: 13 jun. 2020.