ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Avaliação do conforto e eficiência da iluminação do Edifício Evandro Freire da UESC aplicando as regras da INI-C

Evaluation of the comfort and lighting efficiency in the Evandro Freire Building at UESC applying the INI-C rules

Raquel Rocha Cruz
Universidade Estadual de Santa Cruz | Ilhéus | Brasil | rrcruz.egc@uesc.br
Cleverson Alves de Lima
Universidade Estadual de Santa Cruz | Ilhéus | Brasil | clalima@uesc.br
Igor Luiz dos Santos Rocha
Universidade Estadual de Santa Cruz | Ilhéus | Brasil | ilsrocha.egc@uesc.br
Andrezzo Júlio Dantas Nascimento
Universidade Federal do Sul da Bahia | Itabuna | Brasil | andrezzomoreno@hotmail.com
Carolaine da Cruz Silva
Universidade Estadual de Santa Cruz | Ilhéus | Brasil | carolainecsilva@gmail.com

Resumo

O edifício Evandro Freire, situado no campus da UESC possui capacidade de receber um fluxo de centenas de estudantes diariamente e em tese, deveria garantir condições adequadas de conforto ambiental para os usuários e possuir sistemas eficientes de funcionamento. No entanto, dadas as exigências normativas para este tipo de edificação, foi proposto uma avaliação das condições de eficiência lumínica bem como outros subsistemas elétricos à luz das normas INI-C, NBR 15220-2:2022 e NBR ISO/CIE 8995-1:2013. Para isto foram levantados os aparelhos, lâmpadas e luminárias instaladas nas salas da edificação, sendo modeladas e simuladas por meio de ferramentas como o Autodesk Revit e DIALux Evo, tendo os seus resultados confrontados com os parâmetros normativos e medidas *in loco* em diversos cenários da edificação. Os resultados obtidos mostraram que há um erro associado aos modelos quando comparados aos valores medidos, embora atendam parcialmente as recomendações normativas.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Inmetro. Análise lumínica.

Abstract

The Evandro Freire building, located on the UESC campus, has the capacity to receive a hundreds daily students flow, and, should guarantee adequate environmental comfort conditions for users and have efficient operating systems. However, given the regulatory requirements for this building type, an lighting efficiency conditions assessment as well as other electrical subsystems was proposed appling INI-C, NBR 15220-2:2022 and NBR ISO/CIE 8995-1:2013 standards. For this, the devices, lamps and luminaires installed in the building's rooms were surveyed, being

Como citar:
CRUZ, R. R. et.al. Avaliação do conforto e eficiência energética do Edifício Evandro Freire da UESC aplicando a INI-C. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

modeled and simulated using tools such as Autodesk Revit and DIALux Evo, with their results compared with regulatory parameters and on-site measurements in different building scenarios. The results obtained showed that there is an error associated with the models when compared to the measured values, although they partially meet the normative recommendations.

Keywords: Energy Efficiency. Inmetro. Light analysis.

INTRODUÇÃO

Com a evolução tecnológica, a tendência das empresas e órgãos públicos é buscar processos mais sustentáveis, uma vez que a sustentabilidade ambiental impacta toda a indústria, assim como a sociedade [1]. No que tange ao setor AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), uma forma de se buscar a sustentabilidade é o desenvolvimento de edificações mais racionais e eficientes, tanto nos processos construtivos quanto durante o seu uso. Neste contexto, surge a eficiência energética das instalações prediais como uma questão importante de se avaliar, considerando que essa análise demonstra a habilidade do elemento de cumprir o seu trabalho com a mesma qualidade e com menor uso possível de recursos naturais [2].

A esfera da construção civil se tornou um tema atual e usual no estudo da sustentabilidade, já que o setor possui um impacto ambiental significativo durante todo o ciclo de produção, desde a construção até o uso da edificação [3]. Diante disso, é indicado que ocorra uma busca de soluções para melhorar a eficiência da obra, seja desde o seu projeto esboçado, ou após a sua elevação e utilização [3]. A avaliação da eficiência energética pela "Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas" (INI-C) [4] surge como uma maneira de fornecer as diretrizes para a máxima eficiência dos sistemas associados a edificação, a fim de atender o solicitado às normas da ABNT.

A normativa INI-C é resultado de uma revisão dos procedimentos presentes no "Regulamentos Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Pública" (RTQ-C) ligada diretamente aos "Requisitos de Avaliação da Conformidade" (RAC) [5], onde classifica os sistemas com base do consumo da energia primária, ou seja, a forma de energia disponibilizada pela natureza sem qualquer processo de transformação, com objetivo de se obter uma etiqueta nacional de conservação de energia (ENCE) [4][5]. Dentro destes critérios, as edificações das instituições de ensino superior são exemplos para ensaios e avaliações de forma a se aperfeiçoar os métodos construtivos e servirem como exemplo de boas práticas para o mercado e os discentes universitários.

A Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), no município de Ilhéus-BA, teve como parte de seu ambiente construído longos prédios no início da década de 70, apresentando um padrão de construção que consistia em um revestimento exterior similar a tijolos cerâmicos, e sua disposição no campus em formato de U ao redor da torre administrativa e entrada da universidade, que acabou por se repercutir nas construções das seguintes edificações levantadas nos anos posteriores. Esse padrão construtivo de instituições de ensino superior é descrito como um desafio para

questões de conforto ambiental e eficiência dos sistemas presentes, ao não adequar o projeto às necessidades de localização, posição, ventilação, iluminação, e outros fatores, de modo que traz uma acumulação de erros construtivos em prol de um fator unicamente estético [1][6].

Com isto, o Pavilhão Evandro Sena, inaugurado entre os anos de 2011 e 2012, por seguir esse o padrão construtivo da UESC, resultou em ser mal localizado e posicionado no campus. Consequentemente as suas principais fachadas ficaram com uma alta recepção de radiação solar em todo o período diurno, causando desconforto ambiental e um baixo desempenho energético, que é humanamente perceptível [6] afetando diversos aspectos do seu bom funcionamento, incluindo os seus sistemas prediais que foram planejados sem considerar o tipo de uso e aspectos externos, destacando a iluminação artificial que trabalha ignorando a utilização possível da iluminação natural, gerando consumo energético inadequado [7].

METODOLOGIA E PROCEDIMENTO

O trabalho foi realizado de forma exploratória sobre o edifício Evandro Sena a partir de uma revisão bibliográfica acerca do tema eficiência lumínica em edificações de uso educacional. Com auxílio das ferramentas *Autodesk Revit, Autodesk AutoCAD,* o *Microsoft Excel;* e *DIALux evo 12.0*, além da utilização de um luxímetro UNI-T UT383 ($\pm 4 \sim 8\%$) para medições *in loco* - a fim de analisar a iluminação natural nas zonas estudadas e sua comparação com a artificial presente no ambiente – foi possível classificar a eficiência lumínica presente no pavilhão.

Para melhor compreensão do estudo lumínico foram analisadas as normas ABNT NBR 15220-2:2022 [8] e a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 [9], para modelagem e simulação da iluminação nos softwares. Outrossim, para facilitar o entendimento da normativa, foi seguido o proposto nos Manuais de aplicação disponibilizados pela PBE Edifica [10], sendo eles: o Manual INI-C Definições; Manual INI-C Método simplificado [11]; Manual RAC Catálogo de propriedades térmicas [12]; além de também utilizar as interfaces online divulgadas no site [10].

É válido informar, que o edifício de estudo já foi foco de outras pesquisas, sendo elas uma sobre o diagnóstico do conforto térmico da edificação, onde foi realizado uma simulação da qualidade lumínica pelo DIALux evo 9.0 [6] e uma avaliação da eficiência energética pelo antigo método da RTQ-C [7]. Durante esses prévios estudos a iluminação presente no edifício era prioritariamente de lâmpadas fluorescentes tubular T8 e T5, com a respectiva potência de 18W e 28W [6][7]. Tal cenário não reflete mais a realidade do prédio, já que em 2024 todas as lâmpadas fluorescentes foram substituídas por lâmpadas LED do tipo ALP-LT8-18W-V-145°-018LM-865 1850lm e cor 6500K, porém mantendo as luminárias já instaladas.

Dessa forma, implicou-se na alteração dos resultados de eficiência obtidos nos estudos passados [6][7], o que provocou a pesquisa a necessidade de comparar a qualidade da iluminação atual com a instalação anterior.

Considerando esses fatores, foi simulada com o DIALux evo 12.0 uma análise do novo sistema de iluminação artificial, além da reavaliação da iluminação natural das salas do último pavimento em um dia típico de verão. Essa escolha foi adotada tendo em vista a comparação com a simulação realizada com as lâmpadas fluorescentes [6], uma vez que não houve alteração na posição das luminárias em ambos os cenários e teoricamente a nova análise deveria mostrar uma melhora na eficiência.

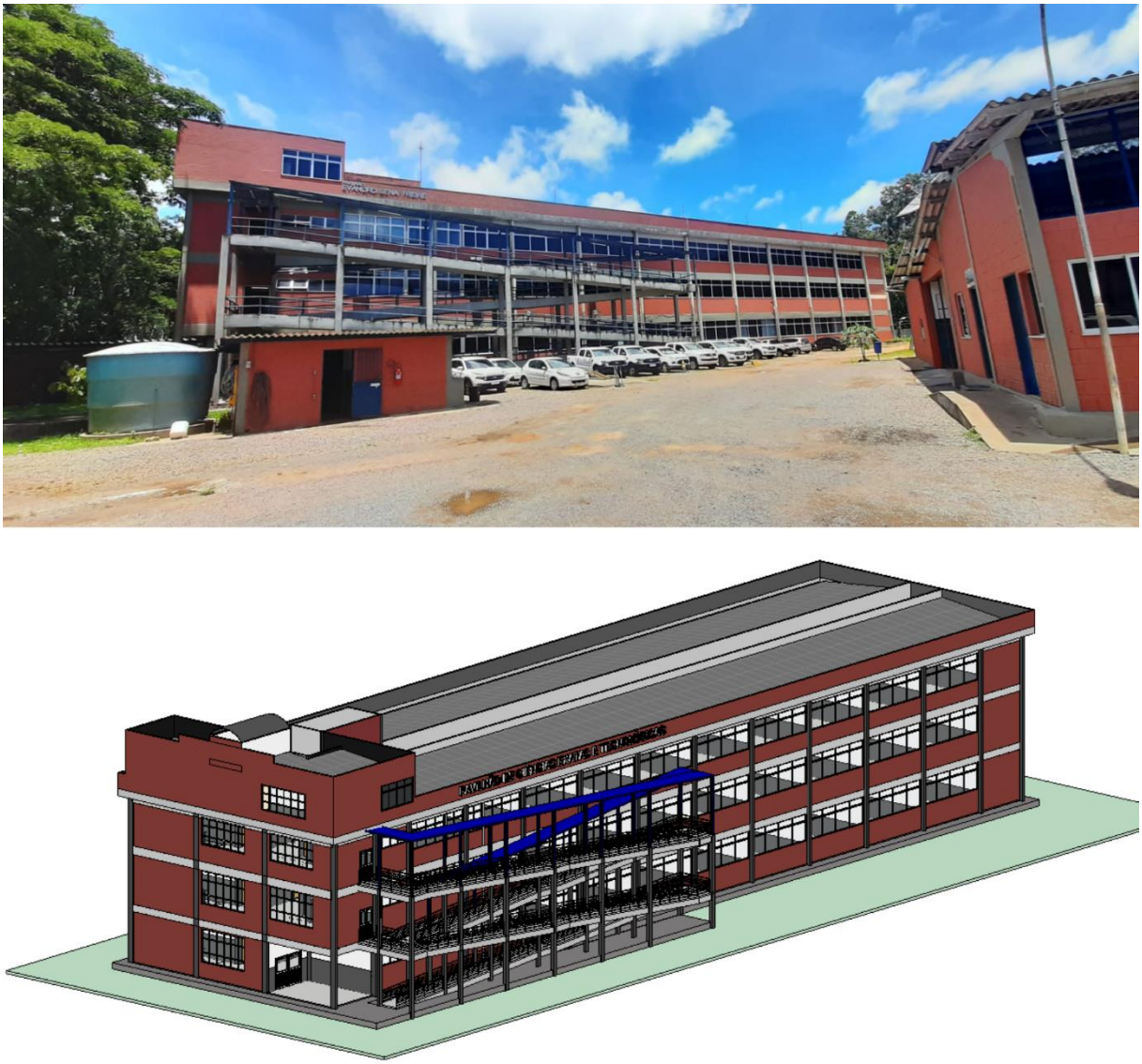
SIMULAÇÃO - PRÉ VERIFICAÇÃO DA ILUMINAÇÃO

A metodologia escolhida para a simulação no DIALux foi a mesma indicada no trabalho sobre o conforto ambiental [6], sendo realizadas as medições para validação de dados da iluminação natural pela manhã (08:00-10:00) nas salas pares encontradas na fachada sudoeste, e à tarde (13:00-15:00) nas salas ímpares da fachada noroeste. As medições referentes a iluminação artificial (novo sistema de iluminação) foram à noite (19:00-21:00). Todos os pontos foram tomados em uma altura de 0,75m do piso do pavimento analisado, e diferentemente do estudo prévio, foram coletadas medições de três pontos de cada cenário, sendo:

- da iluminação natural (lâmpadas desligadas): Perto da janela (no meio da sala) em uma distância de 45 cm da parede, no centro da sala, ponto extremo da Janela no meio da sala (também à 45 cm da parede);
- da iluminação artificial: Perto do quadro no meio da sala (posição do professor) à 60 cm da parede, centro da sala, e no fundo da sala no meio da sala (também à 60 cm da parede).

O modelo estrutural da edificação foi modelado no Autodesk Revit e exportado para o DIALux, permitindo a simulação precisa da iluminação no ambiente.

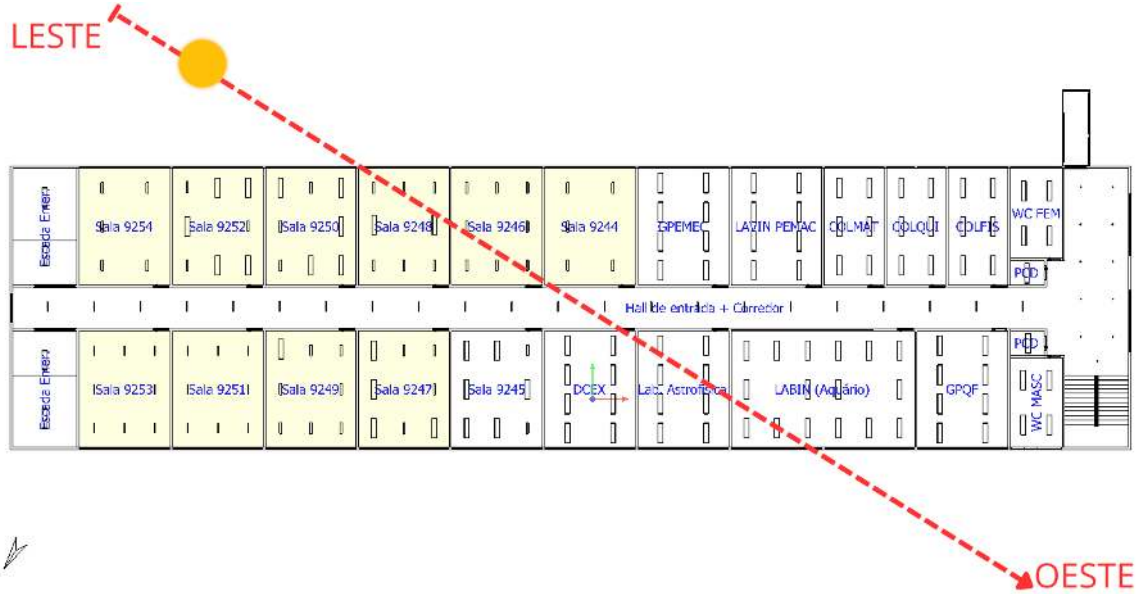
Figura 1: Pavilhão Evandro Sena e seu modelo em 3D no Autodesk Revit



Fonte: autores.

As medições das salas opostas ocorreram em turnos diferentes devido a trajetória solar, implicando em horários diferentes para a máxima iluminância natural, conforme indicado na 2.

Figura 2: Distribuição das luminárias na edificação e a Trajetória solar sobre o edifício.



Fonte: autores.

MÉTODO SIMPLIFICADO INI-C

Para seguir com a etiquetagem da iluminação artificial do prédio, de acordo o apresentado na normativa [4] e explicado no manual do método simplificado [11], a metodologia seguiu pelo método das atividades. As áreas totais referentes as atividades presentes no edifício foram calculadas de acordo com a planta do edifício no Autodesk AutoCAD. As atividades evidentes dos ambientes do CET e condições de referência (Densidade da Potência de Iluminação-DPI_L), estão apresentadas na Tabela 1:

Tabela 1: Parâmetros normativos para os ambientes.

Identificação (i)	Atividade	Área total (m²)	$DPI_{L,D}$(W/m²)	$DPI_{L,A}$(W/m²)
1	Hall de Entrada	192,71	24,47	21,85
2	Corredor	506,22	16,04	9,90
3	Banheiros	129,42	13,73	9,15
4	Laboratórios (sala de aula)	827,80	16,32	12,90
5	Laboratórios (Pesquisa)	206,95	31,20	15,60
6	Sala de Aula (Treinamento)	705,57	16,32	9,90
7	Escritório	341,70	19,04	10,00
8	Sala de reunião	206,95	19,04	11,50
9	Depósitos	208,90	8,00	4,95
10	Escadas	175,20	11,84	6,25

Fonte: [4]

Seguindo com as indicações da IN-C, para comparação de referência D, foi necessário calcular a Potência de Iluminação limite para a referência de classificação D e A, utilizando a equação abaixo:

$$PI_{L,D\ e\ A} = \sum_{i=1}^{n} \left(A_i \times DPI_{L,D\ e\ A}\right) \qquad (1)$$

onde A_i e DPI_L foram indicados na Tabela 1, totalizando assim:

$$PI_{L,D} = 60.285{,}62\ (W/m^2)$$

$$PI_{L,A} = 39.224{,}65\ (W/m^2)$$

Como o pavilhão não conta com um sistema de controle de iluminação por meio de sensores, a potência da iluminação real do edifício (PI_T) foi resultado da soma das potências de todas as lâmpadas do prédio.

$$PI_T = \sum PI \quad (2)$$

Sabendo que $PI_T = 19.724\,W$, os cálculos para a avaliação do prédio, usados na comparação, levando em conta 200 dias (N_{ano}) e 16h/dia (h) de funcionamento foram feitos com as seguintes expressões:

$$C_{IL,Real} = \frac{PI_T \times h \times N_{ano}}{1000} \quad (3)$$

onde $C_{IL,Real}$ é o consumo do sistema de iluminação da edificação real (kWh/ano).

$$C_{IL,ref\ D\ e\ A} = \frac{PI_{L,D\ e\ A} \times h \times N_{ano}}{1000} \quad (4)$$

onde $C_{IL,ref\ D}$ é o consumo do sistema de iluminação das condições de referência equivalentes à classificação D, e $C_{IL,ref\ A}$ é o consumo do sistema de iluminação das condições de referência equivalentes à classificação A.

$$RedC_{IL} = \left[\frac{(C_{IL,ref\ D} - C_{IL,Real})}{C_{IL,ref\ D}}\right] \times 100 \quad (5)$$

onde $RedC_{IL}$ é o percentual de redução do consumo de iluminação (%).

$$i = \left[\frac{(C_{IL,ref\ D} - C_{IL,ref\ A})}{C_{IL,ref\ D}}\right] \times \frac{100}{3} \quad (6)$$

onde i é intervalo entre as classes de avaliação (%).

A classificação é finalizada através do resultado equivalente ao apresentado na figura 3:

Figura 3: Classificação da eficiência energética (sistema de iluminação)

	$RedC_{IL}$ (%)				
	A	**B**	**C**	**D**	**E**
Classificação de Eficiência	$RedC_{IL} > 3i$	$3i \geq RedC_{IL} > 2i$	$2i \geq RedC_{IL} > i$	$i \geq RedC_{IL} \geq 0$	$RedC_{IL} < 0$

Fonte: [4].

RESULTADOS E DISCUSSÕES

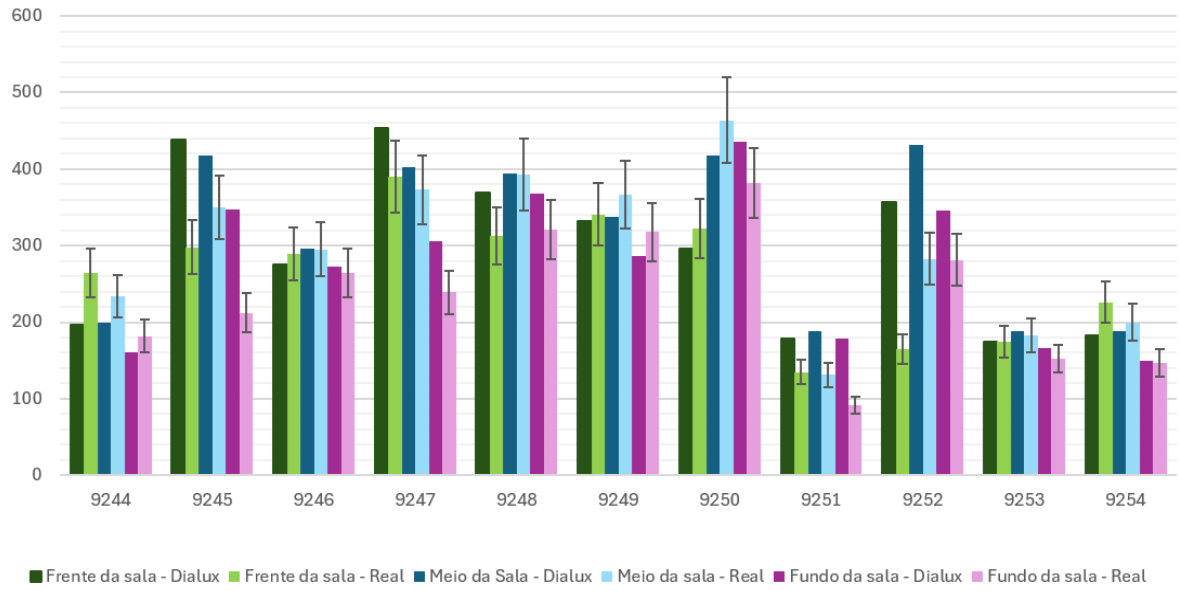
Os resultados da simulação e das medições foram tabulados e comparados nos pontos dos cenários de estudo, ademais um intervalo de confiança, devido ao erro existente no luxímetro de até 12% do aparelho, foi aplicado. A medição foi feita como forma de

validar o modelo numérico usado pelo software para aferir o grau de erro associado a simulação e seus dados.

Sabendo que a simulação vem com o proposito de prever a condição real, é esperado que o resultado se encontre próximo do verificado *in loco*. Um resultado que se afasta do apresentado na realidade pode indicar uma falha no modelo matemático – presente na ferramenta de simulação – ou um defeito no equipamento de auxílio.

ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

Figura 4: Comparação dos dados entre a simulação DIALux com a medição do luxímetro - iluminação artificial



Fonte: autores.

Nota-se que a maioria dos dados reais medidos se aproximam do simulado no software, com alguns pontos com divergência entre o simulado e o medido, indicando que a linearidade na distribuição da luminância pelo DIALux pode conter vícios ocultos não ajustados em seu modelo de dispersão de luz.

Em um estudo feito para avaliar eficiência e qualidade de energia [13], ao utilizar o DIALux 4.12, o autor obteve erros entre 9% a 18% em seus resultados, apontando assim que os valores simulados e reais podem ser próximos, desde que os parâmetros das lâmpadas e luminárias já estejam no catálogo do software. Similarmente, em outra bibliografia, que também utilizou luminárias de outro modelo sem ser o encontrado no cenário real, citou-se sobre a importância do DIALux no auxílio de projetos luminotécnicos, mas deixou o alerta que ao se usar um modelo diferente de luminária é esperado pequenas alterações nos resultados [14].

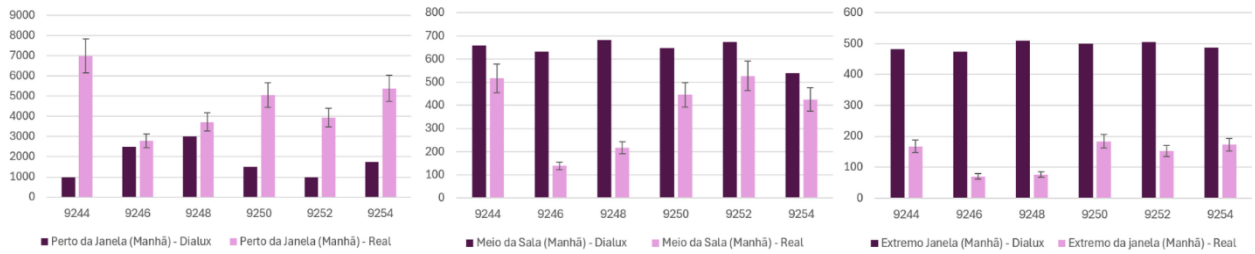
Ou seja, é possível que as propriedades reflexivas das luminárias sejam diferentes das indicadas no catálogo do software ou, também adotar a possibilidade de obter diferenças na simulação da luz em ambientes cheios e vazios [15].

Quando se trata de conforto lumínico, a NBR ISO/CIE 8995-1 [9] aponta que a iluminação ideal para as salas de aula (em um ambiente noturno) seja de 500 lux em

seu plano de trabalho. Nas simulações e medições de iluminação artificial não foi possível alcançar este valor em nenhum ponto da sala, conforme apresentado na Figura 4. Tal situação indica a necessidade de um novo projeto luminotécnico ou um redimensionamento das lâmpadas adquiridas para uso em salas de aula.

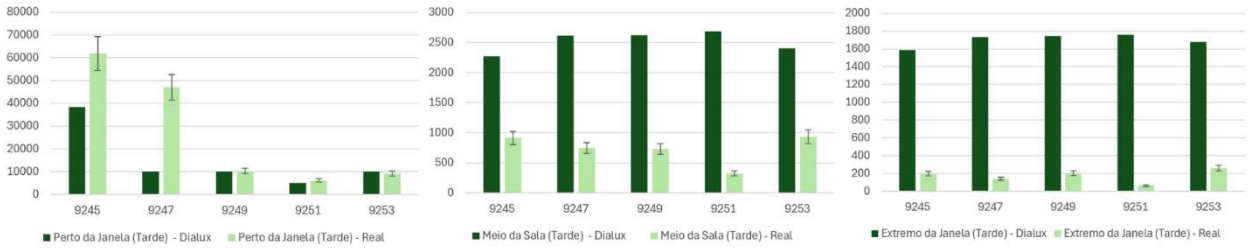
ILUMINAÇÃO NATURAL

Figura 5: Comparação dos pontos coletados pela manhã (simulação e real)



Fonte: autores.

Figura 6: Comparação dos pontos coletados pela tarde (simulação e real)



Fonte: autores.

Os resultados dos 3 pontos medidos nas salas mostram diferenças fora do intervalo de confiança entre o simulado e o medido. Além disto, nota-se que os valores simulados apresentam divergências quanto a incidência solar quando comparados aos valores medidos, de forma que - no centro e do lado oposto da sala - a luz não se dissipava com a mesma intensidade do apresentado na realidade.

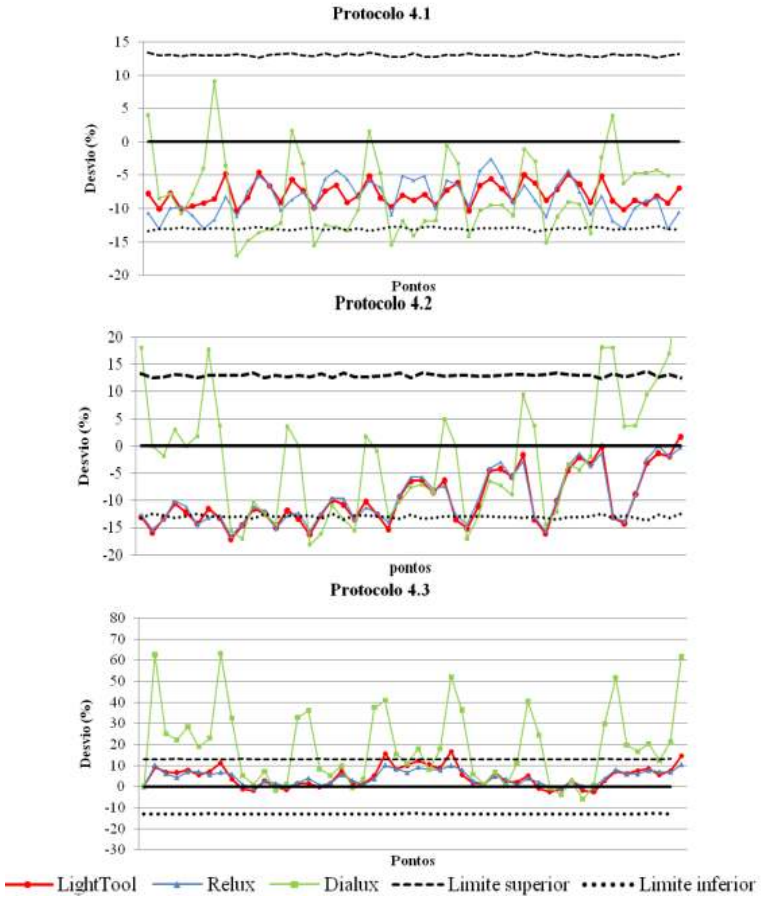
Em um relato sobre a inclusão digital no ensino [16] foi indicada a importância das aplicações de softwares em projetos de iluminação artificial, relatando que o DIALux "é bom para o início de estudos de simulações, mas que sua interface gráfica é restritiva, e por conta disso (com os projetos mais simplificados) acaba por não trazer uma aparência realista a sua simulação". Não só isso, como também a ISO/CIE [9], no tópico envolvendo modelagem, informa que:

> *Não é recomendado que a iluminação seja tão direcional a ponto de poder produzir fortes sombras, nem convém que seja tão difusa ou o efeito da modelagem se perde por completo, resultando em um ambiente luminoso monótono.* [9, p.8]

Tal citação pode indicar o problema detectado na dissipação da luz no centro e extremo das salas de aula, já que a simulação foi feita com a luz direta, e a norma [9] também afirma que em interiores com janelas laterais, a luz decai de forma rápida ao se afastar da fachada aberta, o que é comprovado ao analisar os resultados coletados pelo luxímetro. Em uma análise comparativa de 3 softwares de simulação de iluminação artificial em 3 cenários, foi demonstrado que dentre os programas que

apresentaram valores e comportamento nas curvas de dados similares, o DIALux não seguia essa conformidade e se distanciava. Na 7, é possível analisar o erro (%) que cada programa apresentou, incluindo o DIALux, o que mostra que nem sempre deve-se confiar em seus resultados [17].

Figura 7: Resultado dos desvios calculados nos pontos



Fonte: [17].

Pelas figuras 5 e 6, no quesito de conforto lumínico, pode-se perceber que, com exceção do lado oposto das salas, é possível alcançar a média de lux estabelecida pela norma [9] no período diurno, que é de 300 lux, sendo possível admitir uma complementação de luz com a integração entre a luz artificial em pontos estratégicos das salas de aula.

ETIQUETAGEM DE QUALIDADE PELA INI-C

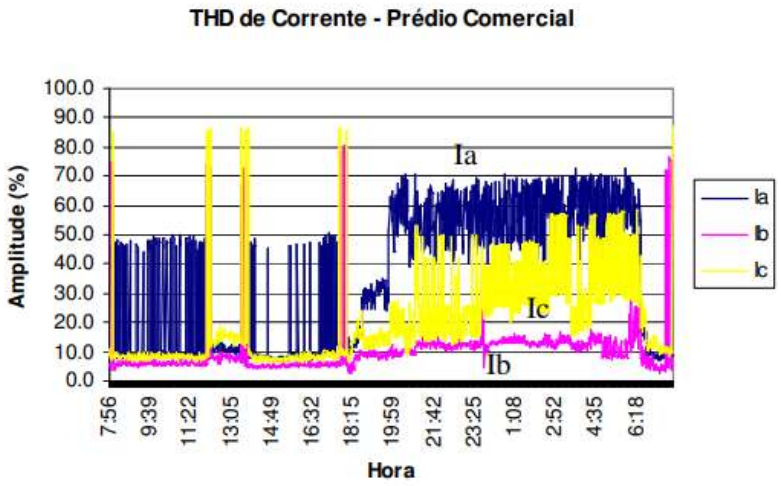
No estudo da INI-C, considerando que: $C_{IL,Real} = 63.116{,}80\ kWh/ano$; $C_{IL,ref\ D} = 192.913{,}99\ kWh/ano$ e $C_{IL,ref\ A} = 125.518{,}87\ kWh/ano$, foi obtido um valor de $RedC_{IL} = 67{,}28\ \%$ e $i = 11{,}65\%$. Logo, a avaliação do sistema de iluminação foi etiquetada, e permaneceu em relação a RTQ-C [7], como **A**. Verificou-se uma diferença de 48% em relação à potência de iluminação instalada, analisada nas pesquisas passadas [6][7], com a alteração tecnológica do sistema de iluminação.

Entretanto, é necessário ir além, e considerar que a substituição de lâmpadas fluorescentes para LED pode causar problemas de distorção harmônica (THD) na rede elétrica e com isso uma variação no consumo elétrico [18][19][20]. Levando em conta

a definição de distorção harmónica como a característica de deformação de uma onda senoidal, sabe-se que quanto mais alto o valor da distorção harmônica, mais interferências elétricas vão surgir. No caso, das lâmpadas LED, mesmo possuindo um fator potência menor e um total de distorção harmônica mais baixo que as lâmpadas fluorescentes [18], estas geram cargas não-lineares que apresentam a desvantagem de que as mesmas absorvem a corrente com a onda em uma forma que diverge da senoidal de tensão, distanciando-a do comportamento ideal e criando uma distorção harmônica [19], diferente de outros aparelhos que consomem carga tipicamente lineares que não impactam no conteúdo harmônico.

Ou seja, em uma análise individualizada de uma lâmpada LED, as cargas não- lineares por ela consumidas não causam um efeito de distorção harmônica o suficiente que impactem na onda elétrica, entretanto a interação de várias lâmpadas com o mesmo tipo de carga e ligadas à mesma rede, causam ineficiência e distorção da onda senoidal da mesma [19]. Sabendo desses problemas, se faz obrigatório a busca por correções com a instalação de filtros na rede ou corretores de pulso mitigar a deformação da onda e uma perda da eficiência energética do conjunto de aparelhos individualmente eficientes [18]. Na análise sobre a caracterização de harmônicos [20], em que foi verificado as harmônicas em residências e comércios de baixo, médio e alto consumo de energia, o autor apresentou graficamente o total de distorção harmônica (THD) durante um dia de expediente, em três fases, o que pode ser visualizada na figura 8.

Figura 8: THD de corrente do Prédio Comercial



Fonte: [20].

Observando a figura acima, podemos perceber que o conjunto total de iluminação e eletrodomésticos causam em uma edificação comercial vários picos de THD. Dessa forma, analisando as condições do edifício Evandro Sena, é possível que a substituição das lâmpadas tenha causado uma redução na potência instalada, mas se houver esse problema de distorção harmônica pode ser que não haja ganho de eficiência energética, já que o consumo pode ser alterado por conta do THD e a falta de filtro de harmônica [18][19].

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É perceptível que a eficiência energética está caminhando lado a lado com a sustentabilidade e - para uma melhor avaliação de como estão sendo utilizados os recursos energéticos - a avaliação por meio da etiquetagem é um referencial para compreensão de qualidade da iluminação de uma edificação. A normativa INI-C traz através de um comparativo com o referencial de classificação D o que seria a classificação do sistema estudado.

Seguindo o indicado pelo manual do método simplificado, foi feita a princípio a avaliação do sistema de iluminação do Edifício Evandro Sena da UESC, onde além do método prescritivo (onde seria obtido apenas a etiquetagem), também foi feito um estudo utilizando o DIALux evo 12.0, e a coleta de dados reais pelo equipamento digital: o luxímetro. Dessa forma seria possível adquirir uma visão mais ampla da qualidade que a iluminação está sendo para os discentes que frequentam o CET.

Assim observa-se que, mesmo com a etiquetagem A, a iluminação do prédio apresenta problemas ligados ao conforto lumínico, continuados desde a pesquisa de conforto [6], já que a iluminação artificial não apresenta lux o suficiente para a utilização das salas durante a noite. Além disso, durante o período diurno é evidente a presença de pontos onde existe um excesso de iluminação e outros que a iluminação fica deficiente, necessitando de complementação.

Também foi verificado que é necessário que ocorra um estudo investigativo sobre a distorção harmônica presente na iluminação LED, caso que não foi considerado previamente antes da substituição das lâmpadas. Sabendo que, sem um dimensionamento correto na instalação, é provável que ocorra ruídos nas ondas harmônicas, causando assim aumento no gasto energético da edificação. Portanto, é preciso um estudo mais aprofundado para correção dessas falhas.

Ademais, o estudo da avaliação da envoltória da edificação será o próximo passo na avaliação da eficiência energética do CET pela INI-C, para assim o estudo possa prosseguir as demais fases.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à FAPESB, a Universidade Estadual de Santa Cruz e aos funcionários da Prefeitura do Campus, da Coman, e aos trabalhadores do edifício Evandro Sena.

REFERÊNCIAS

[1] SILVA, R. C. D.; FREITAS, L. D. S. Diretrizes para a fase de projetos de edificações públicas sob o foco da sustentabilidade ambiental: estudo de caso de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) de acordo com o sistema de certificação LEED. Interações, Campo Grande, v. 17, n. 4, p. 767-780, out./ dez 2016. ISSN 1984-042X-2016. https://doi.org/10.20435/1984-042X-2016-v.17-n.4(17)

[2] Brasil. Empresa de Pesquisa Energética. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/eficiencia-energetica

[3] AGOPYAN, Vahan e JOHN, Vanderley Moacyr. O desafio da sustentabilidade na construção civil. São Paulo: Blucher. Disponível em: https://repositorio.usp.br/directbitstream/81c3bbde-b3d6-4c76-bfc6-d350dbab74af/Vahan_2011_desafio%20da%20sustentabilidade.pdf., 2011.

[4] INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia Qualidade e Tecnologia-. Instrução Normativa do Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C). Portaria nº 309/2022 do INMETRO, dez. 2022. http://sistema-sil.inmetro.gov.br/rtac/RTAC002989.pdf

[5] JORDÃO, B.; MENDES, L. da S.; SOUZA, . L. P. de; RAMOS, G.; VECCHI, R. D.; FOSSATI, . M.; MELO, . A. P.; LAMBERTS, . R. . INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS DA ENVOLTÓRIA NA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES DE ESCRITÓRIO COM BASE NO NOVO MÉTODO DE AVALIAÇÃO SIMPLIFICADO DO PBE EDIFICA (INI-C). In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2021. Anais [...]. [S. l.], 2021. p. 1381–1390. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/4569.

[6] CARVALHO, T. . G. de; LIMA, C. A. de; LINS, V. de F. C. .; FABIELE, S.; OLIVEIRA, M.; SILVA, R. Diagnóstico do conforto ambiental de um edifício universitário utilizando ferramentas computacionais BIM. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1–14. DOI: 10.46421/entac.v19i1.2236. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2236.

[7] SILVA, Carolaine da Cruz. Universidade Estadual de Santa Cruz. Avaliação da eficiência energética no prédio “Evandro Sena Freire” (CET/UESC) usando os critérios de etiquetagem e RTQ/Inmetro. (Dissertação TCC - Bacharel). Jan. de 2023. https://drive.google.com/file/d/1nrPo6odUEZTvTve4kNAK7YlUg_r7wnIs/view?usp=share_link

[8] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 15220-2:2022: Desempenho térmico de edificações Parte 2 – Componentes e elementos construtivos das edificações – Resistência e transmitância térmica – Métodos de cálculo (ISSO 6946:2017 MOD). Rio de Janeiro, 09 de fev. 2022.

[9] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR ISO/CIE 8995-1:2013: Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 21 de mar. 2013.

[10] Novo método de avaliação de edificações comerciais, de serviços e públicas | PBE EDIFICA. https://pbeedifica.com.br/inic

[11] Manual INI-C: Método Simplificado | PBE EDIFICA. Rio de Janeiro, ago. de 2023. Disponível em: https://pbeedifica.com.br/sites/default/files/manuais/Manual-INI-C_Simplificado-AGO-23.pdf

[12] Manual RAC - Catálogo de propriedades térmicas | PBE EDIFICA. Rio de Janeiro, dez. de 2022. Disponível em:<https://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual%20RAC_Cat%C3%A1logo%20de%20propriedades_DEZ-22.pdf>. Acesso em: 15 abr. de 2023.

[13] PINTO, F. A.; LEVANDOSKI, M. A.. LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: EXPERIMENTOS DIDÁTICOS PARA ESTUDOS EM EFICIÊNCIA E QUALIDADE DE ENERGIA. Universidade Federal do Paraná, (Trabalho de Conclusão de Curso) Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica. CURITIBA, 27 de jun. de 2017.

[14] FERREIRA, Juliana Zandona. ESTUDO COMPARATIVO ENTRE LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULARES T8 E TUBULARES DE LED. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. (Monografia de Especialização) DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS. Curitiba, 2014. https://portaldeinformacao.utfpr.edu.br/Record/riut-1-17389

[15] LADEIRA, R. M. M.. Eficiência Energética em Projetos de Iluminação – Utilização de Softwares Especializados. INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA. Relatório de Trabalho de Projeto para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas de Energia.. Coimbra, novembro de 2020. http://hdl.handle.net/10400.26/45327

[16] SANT'ANA, João Roberto Gomes de Faria. Inclusão digital no ensino de iluminação natural. Paranoá, [S. l.], v. 7, n. 11, p. 123–133, 2014. DOI: 10.18830/issn.1679-0944.n11.2014.12090. Disponível em: https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/10654. Acesso em: 30 abr. 2024.

[17] MORAES, Letícia Niero; et al.. AVALIAÇÃO DO PROGRAMA LIGHTOOL SEGUNDO PROTOCOLOS DO RELATÓRIO TÉCNICO CIE 171:2006. XI ENCAC (Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído) e VII ELACAC (Encontro Latino Americano de Conforto no ambiente Construído). Búzios-RJ, 2011.

[18] PESSOA, J. L. N.; GHISI, E.. Relatório Técnico: Eficiência luminosa de produtos LED encontrados no mercado brasileiro. CB3E- Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações. [Versão 2: revisada e ampliada]. Florianópolis, jul. de 2014.

[19] KALTHOUM, Khuloud Marwan. Distorção harmónica causada pelos LEDs em iluminação pública - análise e proposta de solução. Instituto Superior de Engenharia do Porto - ISEP, Departamento de Engenharia Mecânica (Dissertação de Mestrado). 18 de nov. de 2016.

[20] PIRES, Igor Amariz. Caracterização de harmônicos causados por equipamentos eletro-eletrônicos residenciais e comerciais no sistema de distribuição de energia elétrica. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Programa de Pós-Graduação de Engenharia Elétrica (Dissertação de Mestrado). Março de 2006.