

A IMPORTÂNCIA DA PARAMETRIZAÇÃO NA SIMULAÇÃO DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL EM AMBIENTES INTERNOS

LOPES, Pâmela de Oliveira¹(pamela.lopes@fau.ufrj.br); DI TRAPANO, Patrizia²(patrizia.trapano@fau.ufrj.br); SALGADO, Mônica Santos³(monicassalgado@fau.ufrj.br)

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

²Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

³Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

Keywords: Artificial lighting simulation for indoor environments, Luminaire parameterization, Luminous performance analysis, Visual comfort.

Abstract

Digital technologies play a crucial role in assessing the luminous performance of buildings, facilitating the search for more efficient design solutions. However, it is important to emphasize that without proper parametrization of the elements used in simulations, the obtained results may be inconsistent, affecting both lighting and shadow effects as well as the calculated values. Therefore, the objective of this study is to elucidate the impact of luminaire parameterization on internal artificial lighting studies by manipulating their input parameters, such as luminous distribution, efficiency, and angle of incidence. In this context, it is relevant to mention the use of Revit and DIALux Evo software. Revit was used in both constructing the test environment and conducting the simulations. DIALux Evo was selected due to its specialization in the subject, serving as a reference to assess the accuracy of the simulations performed in the former software. It is worth noting that while the scenario generated by Revit closely approximates DIALux Evo, it tends to be somewhat optimistic regarding illuminance, which may result in undersizing the lighting project.

Palavras-chave: Simulação de iluminação artificial para ambientes internos, Parametrização de luminárias, Análise de desempenho luminoso, Conforto visual.

Resumo

As tecnologias digitais desempenham um papel crucial na avaliação do desempenho luminoso de edifícios, facilitando a busca por soluções de projetos mais eficientes. No entanto, é importante ressaltar que, sem a parametrização adequada dos elementos utilizados nas simulações, os resultados obtidos podem ser incoerentes, afetando tanto os efeitos de luz e sombra quanto os valores calculados. Diante disso, o objetivo deste estudo é esclarecer o impacto da parametrização das luminárias nos estudos de iluminação artificial interna, por meio da manipulação de seus parâmetros de entrada, como a distribuição luminosa, eficiência e ângulo de incidência. Nesse contexto, é relevante mencionar a utilização dos *softwares* Revit e DIALux Evo. O Revit foi empregado tanto na construção do ambiente de teste quanto na realização das simulações. Já o DIALux Evo foi selecionado devido à sua especialidade no tema, servindo como referência para aferir a precisão das simulações realizadas no primeiro *software*. Vale notar que, embora o cenário gerado pelo Revit seja próximo da DIALux Evo, ele tende a ser um tanto otimista em relação à iluminância, o que pode resultar no subdimensionamento do projeto luminotécnico.

1 INTRODUÇÃO

A crescente incorporação de tecnologias digitais tem auxiliado de maneira expressiva na avaliação do desempenho luminoso de edifícios, oferecendo subsídio essencial na busca por soluções de projetos mais eficientes e bem fundamentados. A capacidade de simular e analisar a iluminação por meio dessas tecnologias tem revolucionado a forma como os profissionais da arquitetura e da engenharia projetam ambientes. Contudo, é importante ressaltar que a precisão dessas simulações depende da parametrização dos elementos envolvidos. O grau de precisão da modelagem paramétrica será determinado pela variedade e a qualidade das regras e parâmetros estabelecidos (Eastman, 2008). Quando os parâmetros não são ajustados de forma adequada, os resultados obtidos podem se mostrar inconsistentes, impactando nos padrões de luz e sombra observados, bem como nos valores numéricos calculados.

Nesse contexto, surge a proposta central deste estudo, que foi desenvolvida no âmbito da matéria de Conforto Ambiental e Eficiência Energética do PROARQ- UFRJ: a compreensão do impacto direto da parametrização das luminárias nos estudos de iluminação artificial para ambientes internos. A investigação se concentra na manipulação dos dados de entrada desses dispositivos, incluindo a distribuição luminosa, eficiência e ângulo de incidência. Abordando que, “além dos parâmetros de geometria, os objetos possuem outros atributos complementares, obedecem a regras e possuem relações entre si.” (Papadopoulos, N. A., Sotelino, E. D., Martha, L. F., Nascimento, D. L. M., & Faria, P. S. 2017). Essa abordagem visa elucidar como esses atributos afetam as análises de iluminação e, por conseguinte, como podem afetar as decisões de projeto.

Trazendo conforme os estudos de Eastman (2008), a ideia de que nos atuais moldes de trabalho digital, como no uso da metodologia BIM (*Building Information Modeling*), a parametrização dos objetos pode ser vista como o grande diferencial entre os *softwares* de projetos CAD e os da plataforma BIM. Parametrização envolve a definição de regras definidas pelo usuário, as quais são atualizadas automaticamente à medida que as variáveis do projeto são modificadas, sendo imediatamente reportadas aos bancos de dados do projeto.

Assim, dentro do modelo virtual, uma luminária não deve ser apenas uma representação gráfica; ela deve incorporar informações relevantes ao fluxo de trabalho colaborativo. Isso ocorre porque seus dados serão incluídos, entre outros, nas tabelas de quantitativos e serão de utilidade para o projetista luminotécnico. Com isso, a qualidade das informações contidas em cada elemento dentro do modelo, são determinantes para a adequada comunicação do projeto: Quanto mais precisa for a parametrização dos objetos melhores serão as análises apresentadas e os resultados alcançados. (TENEDINI, E. M., & de Faria, L. O. P. L , 2019). No entanto, há uma lacuna de pesquisas que consideram a influência desses elementos nas análises realizadas com eles, onde este trabalho pretende contribuir. Diante disso, tem como objetivo, esclarecer o impacto da parametrização das luminárias nos estudos de iluminação artificial para ambientes internos, por meio da manipulação de seus dados de entrada.

2 OBJETIVO

Demonstrar a importância da correta parametrização das informações relacionadas às luminárias para as simulações que visam avaliar o desempenho nos ambientes internos da edificação.

3 METODOLOGIA

Para aferir a influência do uso de objetos genéricos e objetos devidamente parametrizados, foram feitas simulações a partir de um ambiente sem aberturas, com dimensão interna de 5x9m com pé-direito de 3m e forro instalado a 2.60m do piso (Figura 1). Usando o índice de refletância de 70% para o forro branco, 50% para as paredes claras e 10% para o piso escuro. Sendo distribuídos quatorze pontos de luz, conforme a Figura 1, com dois eixos equidistantes no sentido menor do ambiente e sete no maior. Não foi utilizado nenhum dimensionamento para chegar a esse número e arranjo, sendo eles, apenas referência única em todos os testes, tendo como objetivo específico, analisar a influência da qualidade e adequada manipulação das luminárias, nos resultados gerados.

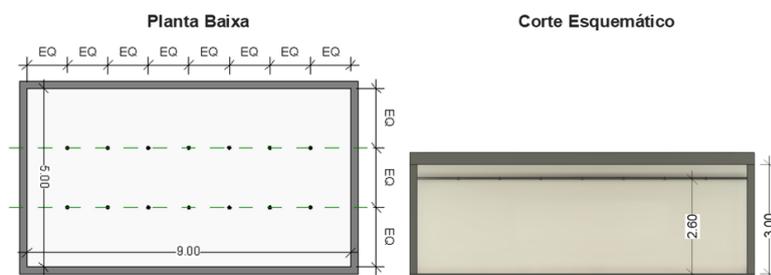


Figura 1: Ambiente de teste

Dentre as ferramentas selecionadas para esta pesquisa, destacam-se os *softwares* Revit 2022, da Autodesk© e o DIALux Evo 11, da DIAL GmbH©. O Revit que é reconhecido por sua expertise em documentação de projeto (Wass, 2022) assume um duplo papel, sendo empregado tanto na modelagem do ambiente de teste quanto na execução das simulações. Por sua vez, o DIALux Evo foi escolhido em virtude de sua especialização no tema da iluminação, desempenhando o papel de referência na avaliação da precisão das simulações de iluminância realizadas no Revit. Por fim, o mesmo conjunto de lâmpada-luminária foi reproduzido em ambos programas e posteriormente, os resultados de iluminância foram comparados.

3.1 Estudo de iluminação artificial: Facho predefinido x Curva fotométrica

Para iniciar os estudos de iluminância, foi necessário reproduzir um conjunto lâmpada-luminária no Revit. Para isso, o programa tem uma subdivisão de trabalho: plataforma de projeto e plataforma de criação de famílias/objetos. Onde ao criar um objeto na categoria de luminárias, o usuário tem a opção de personalizar dentre outros, sua distribuição luminosa (Figura 2), dispondo de três

predefinidas, denominadas "Esférica, Hemisférica e Ponto" ou pode importar um arquivo IES¹ da curva fotométrica característica do fabricante, inserindo no campo denominado "Teia fotométrica".

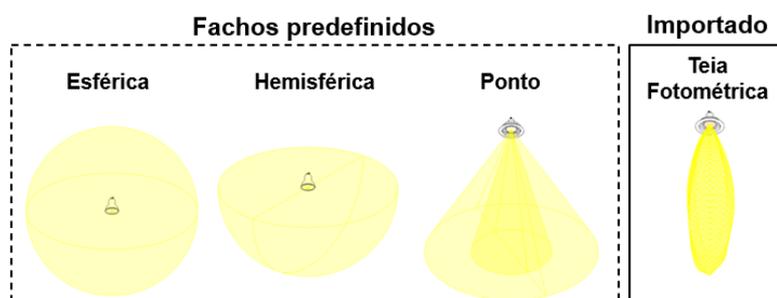


Figura 2. Ajuste de distribuição luminosa disponíveis no Revit

Nos objetos disponíveis gratuitamente na internet, é comum encontrar apenas as opções predefinidas, visto que a inserção da curva fotométrica, exige do projetista um conhecimento mais aprofundado da plataforma de criação de objetos, dos ajustes paramétricos de iluminação e da busca e testes dos arquivos adequados para serem utilizados.

Dito isso, fica evidenciada a problemática em utilizar objetos genéricos, já que cada conjunto de lâmpada-luminária tem uma curva característica, fornecida pelo fabricante, normalmente apresentada nos planos transversal, diagonal e longitudinal para luminárias contendo lâmpadas tubulares, e em único plano para luminárias em formato circular (Rocha,2022). Assim, as curvas fotométricas afetam diretamente o efeito dessa iluminação e as análises de desempenho do ambiente, bem como o estado de conforto dos usuários.

Assim, as simulações lumínicas têm como objetivo prever essa influência e explorar os melhores cenários. Entre os critérios de análise lumínica, devem ser considerados sua direção, intensidade, ângulo, entre outros. Isso para garantir uma iluminação adequada ao propósito do espaço, fomentando a visibilidade e percepção espacial.

Dito isso, mesmo os fachos predefinidos pelo *software* exigem que os usuários façam ajustes dos seus dados de entrada: configurando sua potência, fluxo luminoso, fator de perda, temperatura, entre outros. No entanto, muitas luminárias fornecidas na internet são carentes de informações, muitas vezes contendo apenas o dado da temperatura de cor, quando o possuem. Ainda, os elementos com parâmetros adequados, muitas vezes, não correspondem a produtos disponíveis no mercado nacional, acarretando em estudos pouco realistas e com grande retrabalho, já que as informações não podem ser reaproveitadas para fins orçamentários e de dimensionamento do projeto elétrico/luminotécnico.

Devido à essa dificuldade de acesso a objetos devidamente parametrizados conforme o efeito real da iluminação, muitos profissionais acabam realizando estudos baseados em objetos utópicos,

¹ É um arquivo de texto, que fornece efeitos mais realistas da iluminação pretendida pelo fabricante.

gerando respostas inconsistentes, demonstradas nesta pesquisa. Para reproduzir essa situação, a luminária escolhida foi um modelo de embutir, para uso de lâmpada MR16. A lâmpada selecionada foi uma LED, tipo dicroica MR16, de base GU10 da marca Stella com 250 lm, 3W, Eficácia de 83l/W, 36° de ângulo de abertura, ambas de fácil aquisição no mercado nacional. A partir desse conjunto lâmpada-luminária, foram feitas quatro simulações, organizadas conforme o esquema da Figura 3: 1) utilizando fecho padrão e 2) utilizando a curva característica do fabricante. Ambos foram explorados: (a) com a parametrização dos dados de entrada pertinentes ao conjunto de lâmpada-luminária selecionado e (b) com os dados de entrada predefinidos pelo programa, devido à alta frequência com que são utilizados dessa maneira. Nota-se que o fluxo de trabalho "2" possui um caminho com mais critérios que o "1", exigindo mais perícia do usuário. Muitas vezes, não é executado devido ao desconhecimento das melhores práticas de manipulação desses elementos.

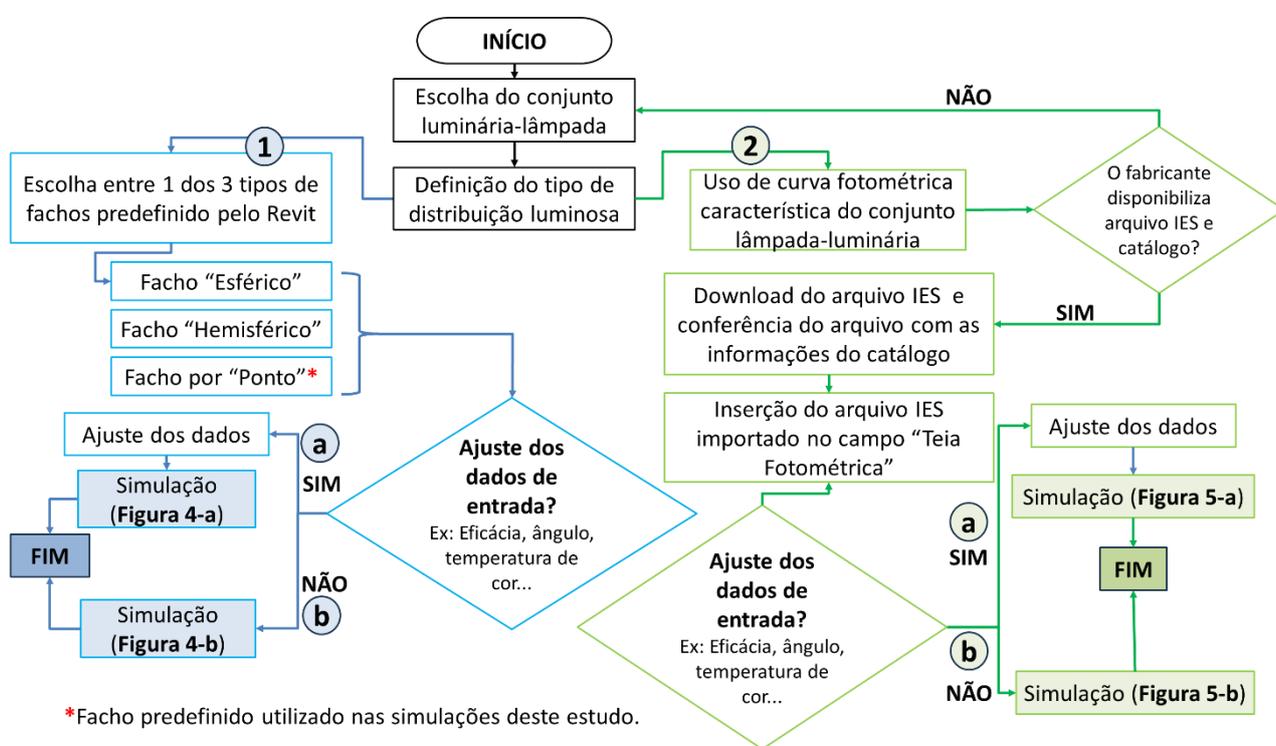


Figura 3: Esquema das simulações no Revit

Comparando os dados do fabricante com os predefinidos pelo Revit, no template de "Luminárias Métricas", evidencia-se a problemática de negligenciar a fase de ajuste dos dados de entrada:

- **a)Dados corretos da lâmpada:** 250 lm. 3W. Eficácia de 83l/W. 36° de ângulo de abertura.
- **b)Dados predefinidos pelo Revit:** 1380 lm. 9,29W. Eficácia de 148,54l/W. 30° de ângulo de abertura.

Assim, observa-se nas Figuras 4 e 5 a discrepância dos resultados gerados antes e após o ajuste dos dados de entrada. Ao comparar essas figuras, também é possível verificar a interferência do tipo de distribuição luminosa, chegando a uma diferença de 62 lux nos valores máximos encontrados, apenas com o ajuste do tipo de fecho. Isso indica que o uso do fecho padrão, por si só, pode afetar os valores pretendidos pelos fabricantes. Além disso, ao comparar as Figuras 4 e 5 (b), é notável a diferença após a inserção dos dados corretos, onde a diferença de 62 lux (Figuras 4 e 5(a)), cai para 7 lux entre os fechos distintos.

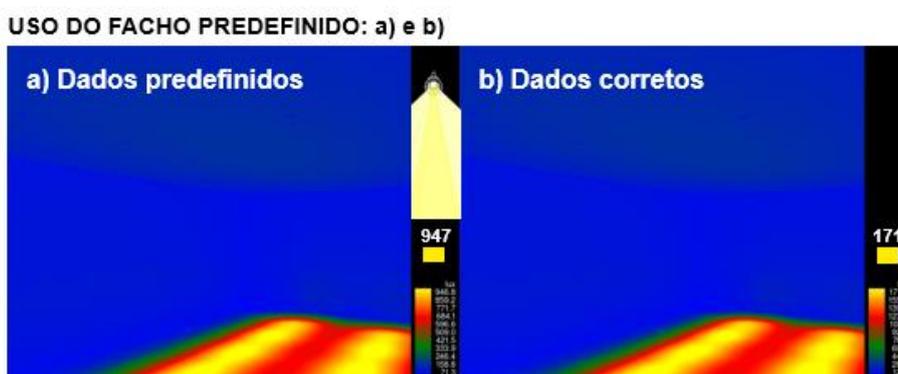


Figura 4: Simulações de iluminância com uso do fecho padrão do Revit

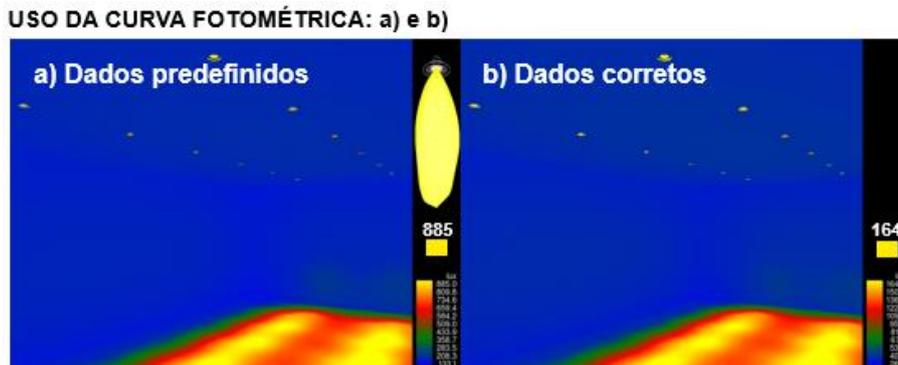


Figura 5: Simulações de iluminância com uso da curva fotométrica característica do fabricante

A Figura 6, discrimina os dados das simulações das Figuras 4 e 5, evidenciando o impacto da parametrização dos dados de entrada das luminárias. Chegando a uma diferença de 776 lux, esclarecendo que, sem os ajustes adequados, um conjunto de luminária-lâmpada de efeito decorativo poderia ser erroneamente considerado adequado para outros fins de aplicação da iluminação.

Valores máximos encontrados nas simulações de iluminância			
Distribuição luminosa	Dados predefinidos pelo Revit	Dados da luminária-lâmpada	Diferença
Facho predefinido	947 lux	171 lux	776 lux
Curva fotométrica	885 lux	164 lux	721 lux
Diferença	62 lux	7 lux	

Figura 6: Resultados das simulações de iluminância

Para investigar como o tipo de distribuição luminosa também pode afetar os estudos de luz e sombra, foram analisados os efeitos de diferentes arquivos IES com os efeitos do facho predefinido, e ambos foram comparados com o efeito real esperado (Figura 7-a).



Figura 7: Estudo de luz e sombra no Revit. Fonte: a) SamLux com recorte da autora.

Assim, o comparativo da Figura 7, mostra uma sequência de lâmpadas incorporadas em luminárias distintas, de efeito direto, separadas em três partes: a) teste real feito pela SamLux², b) Simulação feita pela autora no Revit, utilizando a fotometria característica, c) Simulação feita pela autora no Revit, utilizando o facho predefinido “Ponto” (mesmo utilizado nas simulações de iluminância). A

² Sobre o fabricante de luminárias: <https://www.samlux.co.za/about-us-2/>

problemática de utilizar luminárias com fachos genéricos ganha evidência, dada a homogeneização que resulta (Figura 7-c).

Com isso, fica nítida, a grande influência de um aspecto que acaba sendo desprezado nas rotinas de estudos lumínicos por profissionais não especializados no tema: a qualidade dos elementos presentes na cena. Através das imagens, evidencia-se sua capacidade de alterar de maneira significativa os efeitos gerados pelos diferentes conjuntos de lâmpadas-luminárias, fazendo com que o profissional ou estudante, desatento ou com pouca habilidade no tema e/ou *software*, caia na "armadilha" de especificar um produto com ideias distorcidas sobre o efeito real que será reproduzido na rotina dos usuários, podendo gerar ofuscamentos, fadiga, dentre outras respostas indesejadas decorrentes desse desacordo. Isso reforça a complexidade e a extensão dos desafios atrelados à implementação correta das ferramentas e metodologias de trabalho digital.

Por fim, o Revit trabalha a partir da premissa BIM, fomentando o uso de plataforma única. Para isso, segundo Justin 2008, em uma de suas subdivisões, ele possui um *EnergyPlus* que analisa tanto o consumo de energia para aquecimento, resfriamento, ventilação, iluminação, cargas, como também o uso da água em edifícios, viabilizando diversos estudos. O que propicia seu uso, inclusive no âmbito luminotécnico e de conforto ambiental. No entanto, ele não é especializado em análise lumínica, ao contrário de programas como o DIALux Evo:

“...que concilia aspectos de visualização do efeito produzido pela iluminação artificial com análises de desempenho visual e energético, possibilitando examinar o impacto decorrente de diferentes decisões projetuais, o que o torna recomendado como uma ferramenta gráfica de suporte para a tomada de decisões” (Moraes, J. S. de, Muros Alcojor, A, Bittencourt, L.S. pág,14-15, 2020).

Portanto, foi escolhido para balizar o nível de precisão da simulação de iluminância gerada pelo Revit e elucidar em qual momento pode ser necessário migrar para uma ferramenta mais especializada.

4 RESULTADOS

Para aferir o nível de confiança dos cálculos lumínicos do Revit, foi necessário redefinir os parâmetros do conjunto lâmpada-luminária dentro do DIALux, já que os fabricantes selecionados no início da pesquisa, não possuem catálogo no programa e, as luminárias do Revit, não foram lidas como ponto de luz pelo DIALux. Após isso, as luminárias foram dispostas com o arranjo idêntico aos das simulações no Revit, utilizando o arquivo IFC³ do ambiente.

Dos resultados gerados dentro do Revit, aquele que utilizou a curva fotométrica do fabricante em conjunto com a parametrização dos dados de entrada foi o que chegou mais próximo do DIALux. Conforme consta na Figura 8, houve uma diferença de 32,2% (40 lux) no valor da iluminância máxima, majorada pelo Revit. Não foram considerados os valores médios de iluminância, uma vez

³ IFC é um formato não proprietário, de arquitetura aberta, uma linguagem comum, utilizada para a troca entre modelos de diversos fabricantes.” (Addor, Castanho, Delatorre, Nardelli & Oliveira, 2010).

que o Revit não faz esse cálculo, e a média do DIALux não é gerada por uma média simples, o que poderia causar desvios no comparativo.

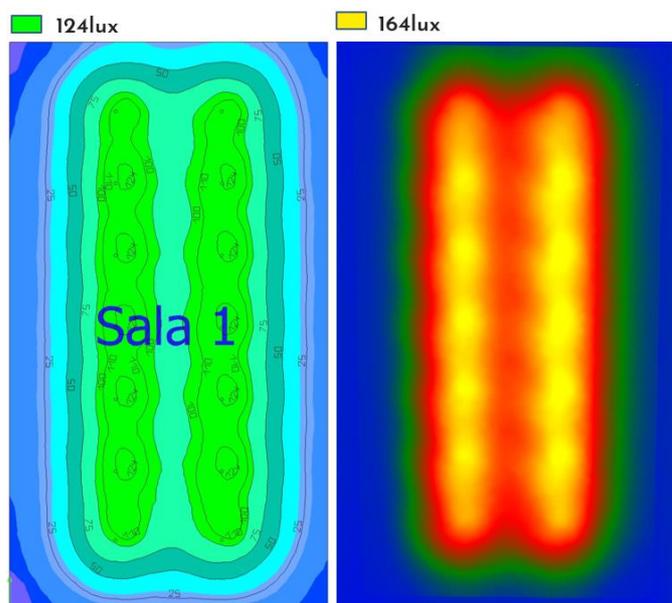


Figura 8: Diagrama de cores falsas DIALux Evo x Revit

Foi identificado que, sem os devidos ajustes dos dados de entrada, independentemente da distribuição luminosa utilizada (predefinida ou fotometria do fabricante), os cálculos lumínicos serão extremamente prejudicados. No entanto, se estiverem devidamente configurados, ambos chegam a respostas semelhantes de iluminância do ambiente. Com a relação ao efeito de luz e sombra, há uma interferência significativa ao optar pelo fecho padrão, provocada em uma grande descaracterização dos efeitos reais esperados, onde o uso da fotometria se mostra fundamental. Esse fato é agravado ao comparar com conjuntos lâmpadas-luminárias de efeitos variados.

O comparativo com o DIALux, elucida que em cenários similares, a iluminância calculada no Revit pode ser um pouco otimista, causando subdimensionamento do projeto lumínico. Todavia, no cenário estudado, a diferença não se mostrou tão expressiva, indicando que dependendo da escala de projeto e da fase de estudos, o Revit consegue respostas satisfatórias. Só que em grandes escalas e para projetos com maior complexidade lumínica, essa diferença pode impactar de maneira dispendiosa, sendo indicado, um programa especializado para tais verificações.

Em termos de fluxo de projeto colaborativo, o uso inadequado de famílias/objetos de iluminação, pode acarretar entre outros, em retrabalhos na fase de projetos complementares e orçamentos, desencadeando em tomadas de decisão fora de hora, podendo impactar no custo ambiental do edifício e no conforto dos usuários.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises desenvolvidas reforçam a necessidade de estimular uma mudança no modo de orquestrar o trabalho no meio digital, quebrando a ideia de que as novas ferramentas resolvem os problemas de projeto. Também se destaca a importância da melhoria das informações para manter o adequado fluxo de trabalho colaborativo. Além disso, levantam desafios da interoperabilidade, como o das luminárias do Revit, não terem sido lidas pelo DIALux, exigindo retrabalhos para a continuidade do estudo. Ainda, constatam que a fotometria do fabricante, torna-se crucial para estudos de desempenho visual para interiores e que os estudos lumínicos sofrem grandes distorções sem o ajuste adequado dos dados de entrada.

Um dos limites da pesquisa é de não ter sido verificada a interferência desses elementos em conjunto com a iluminação natural, o que poderia afetar os resultados. Além disso, não foram analisadas luminárias com instalações diversas, como pendentes, de mesa ou piso. Como perspectiva para estudos futuros, planeja-se incluir os elementos mencionados anteriormente, juntamente com a implementação da metodologia desenvolvida neste trabalho, a fim de atender aos requisitos normativos de usos específicos.

Em suma, é fundamental explorar essa temática em um contexto amplo, abrangendo não apenas os usuários dos *softwares* utilizados, que foram mero meio, para levantar questões atreladas ao uso das ferramentas digitais, com ênfase em simulação lumínica.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Addor, M.R.A, de Almeida Castanho, M.D, Cambiaghi, H., Delatorre, J.P.M, Nardelli, ES, & de Oliveira, A.L (2010). Colocando o "i" no BIM. *arq. urb*, (4), 104-115. Disponível em: <revistaarqurb.com.br>
- Eastman, Chuck. (2008). BIM Handbook: a guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, 490p.
- Justi, A. R. (2008) Implantação da Plataforma Revit nos escritórios Brasileiros. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, Rio de Janeiro, p. 140-152.
- Moraes, J. S. de Muros Alcojor, A, Bittencourt, L.S. (2020). Avaliação integrada do desempenho visual e eficiência energética pelo DIALux evo 8 para projetos de iluminação artificial. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, SP, v. 11, p. e020005. ISSN 1980-6809.
- Papadopoulos, N. A., Sotelino, E. D., Martha, L. F., Nascimento, D. L. M., & Faria, P. S. (2017). Avaliação da integração entre uma plataforma BIM e uma ferramenta de análise estrutural. *Sistemas & Gestão*, 12(1), 108-16.
- Rocha, P.E.D. (2022). Instalações Elétricas Prediais. *Luminotécnica*: EdUERJ. p. 43-66.
- Tenedini, E. M., & de Faria, L. O. P. L. (2019). Materiais paramétricos: um estudo de caso. *MIX Sustentável*, 5(3), 73-80.
- Waas, L. (2022). Review of BIM-Based Software in Architectural Design: Graphisoft Archicad VS Autodesk Revit. *Journal of Artificial Intelligence in Architecture*, 1(2), 14-22.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e ao CNPq – Bolsa de Produtividade em Pesquisa.