



ENTAC 2024

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



Uso racional da iluminação artificial em projeto de retrofit em BIM

Rational use of artificial lighting in a retrofit BIM project

Karyna de Andrade Carvalho Rosseti

Universidade Federal de Mato Grosso | Cuiabá | Brasil | karyna.rosseti@gmail.com

Thaís Karyne Mendes Campos

Universidade Federal de Mato Grosso | Cuiabá | Brasil | thaiskaryne08@gmail.com

Yohanna Berti de Oliveira

Universidade Federal de Mato Grosso | Cuiabá | Brasil | yohannaberti@gmail.com

Resumo

O trabalho visa diagnosticar o potencial de aproveitamento da iluminação natural na sede do PCTec-UnB e propor uma solução de sistema de iluminação artificial eficiente que atenda de forma satisfatória as demandas qualitativas e quantitativas das atividades desenvolvidas. A ação faz parte do fluxo de desenvolvimento do projeto de *retrofit* em BIM, compreendendo a ação de análise do edifício e definição de propostas de maior eficiência do sistema elétrico, bem como adequação a novos usos. A metodologia se baseou na modelagem da proposta arquitetônica no *software* Relux, que realiza o processamento de cálculos de iluminação natural e artificial, juntamente de parâmetros estabelecidos pelas normas brasileiras. O desenvolvimento da proposta de iluminação artificial levou em conta requisitos quantitativos e qualitativos de cada uma das atividades desenvolvidas com estudo do uso simultâneo de dois sistemas de iluminação, utilizando como estratégia o seccionamento para fins de adequação ao uso e a iluminação natural. Os resultados encontrados destacam a importância da iluminação para a sustentabilidade do edifício e seu processo de retrofitagem.

Palavras-chave: Relux. PCTec. Projeto Luminotécnico. Sustentabilidade.

Abstract

The study aims to assess the natural lighting potential at PCTec-UnB's building and propose an efficient artificial lighting system that meets the qualitative and quantitative activity demands satisfactorily. The work is part of the BIM retrofit project development and involves analyzing the building, enhancing the electrical system, and adapting it to new uses. The methodology employed Relux, a software that processes calculations for natural and artificial lighting, and adhered to Brazilian standards. The artificial lighting proposal considered activity requirements within qualitative and quantitative demands and the study of simultaneous use of two lighting systems, making zoning a strategy for adapting the space to different uses and to natural lighting. The results highlight the importance of lighting for a building's capacity for sustainability and retrofitting process.

Keywords: Relux. PCTec. Lighting Design. Sustainability.



Como citar:

ROSETTI, K. A. C., CAMPOS, T. K. M., OLIVEIRA, Y. B. Uso racional da iluminação artificial em projeto de retrofit em BIM. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2024.

INTRODUÇÃO

Na arquitetura, o processo de retrofitagem de edificações vem aumentando, especialmente com a desvalorização de construções que não aderiram ao estilo de construção contemporâneos. Uma das principais razões vem a partir da funcionalidade dos edifícios mais antigos que foram construídos seguindo diretrizes que, nos dias de hoje, não são as mais recomendadas. O *retrofit* de edificações consiste em adaptar as construções antigas às necessidades atuais, otimizando o seu desempenho.

Diversos aspectos são considerados a partir do momento em que se inicia um processo de retrofitagem. O objetivo de todo o sistema de iluminação é proporcionar um ambiente visual adequado que forneça a luz mínima necessária para realização de tarefas visuais para que os ocupantes do posto de trabalho consigam desenvolver as suas atividades. [1]

Dessa forma, a iluminação é um dos principais aspectos a serem considerados em um processo de *retrofit*, principalmente no contexto da crise energética mundial. Percebemos a importância da iluminação nos processos de *retrofit*, conforme o texto de Bonomolo *et al.* (2017), no qual os autores discutem as implicações dos custos energéticos em diferentes cenários afirmando que os sistemas de iluminação representam aproximadamente 19% (~300 TWh) do consumo da energia elétrica global. Nesse cenário, a adoção de *retrofit* para esses sistemas pode se mostrar uma estratégia para alcançar economias substanciais de energia. [2]

Com a crescente demanda por métodos que facilitem a retrofitagem de edificações, o *Building Information Modeling* (BIM) tem ganhado destaque no cenário global. As primeiras aplicações deste modelo de processo projetual datam de 1987 com o *software* Archicad. No Brasil, o BIM está gradualmente ganhando aceitação, principalmente em centros de pesquisas universitários e em grandes empresas da indústria de construção, despertando cada vez mais interesse do setor civil [3].

A eficácia da tecnologia BIM é evidente, uma vez que seu processo permite a integração de informações ao longo do ciclo de vida da maioria das edificações. Isso se deve ao fato de o BIM promover a utilização de diversas tecnologias, resultando na facilitação do processo de compatibilização [4]. Os métodos que envolvem o BIM possuem grande conexão com a sustentabilidade, por envolver não só os dados do projeto, mas por agrupar informações e possibilitar que o processo de retrofitagem seja mais assertivo e eficiente com a colaboração de diversos profissionais.

O projeto de pesquisa, buscou elaborar um manual para orientação da produção e gestão dos projetos de *retrofit* com uso do BIM de forma a orientar as ações para disseminação e implementação da metodologia em todo o país [5]. Desenvolveu-se a partir da metodologia *Design Science Research* (DSR) com a produção de um artefato, no caso o manual, seguida de aplicação em projeto piloto da sede do Parque Científico Tecnológico - PCTec da UnB, de forma a validar as soluções apresentadas em um contexto real. Dentre as funções desempenhadas na equipe do projeto, à função de "Analista de Projeto" foi incumbida a análise das condições de iluminação natural e elaboração da proposta do projeto luminotécnico.

O objetivo deste artigo é avaliar o potencial de aproveitamento da iluminação natural em um sistema de iluminação eficiente para o projeto de retrofitagem na sede do Parque Científico Tecnológico - PCTec-UnB, introduzindo o diagnóstico da iluminação natural e artificial no processo de projeto de *retrofit* em BIM. A partir do mesmo, busca-se evidenciar o potencial dos processos de análise da edificação na tomada de decisão de projeto desenvolvidos por meio da metodologia BIM, especialmente quando considerado o projeto de *retrofit*, obtendo maior eficiência energética, sustentabilidade e qualidade ambiental para o ambiente edificado.

METODOLOGIA E PROCESSO

O processo foi dividido em três fases, as quais tiveram início em agosto de 2023, levando como referência as diretrizes da Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C 2020) [6] com o auxílio da NBR 15575/2013 [7], uma vez que não há normas específicas que orientem a avaliação qualitativa da iluminação natural aplicadas a edificações comerciais e corporativas.

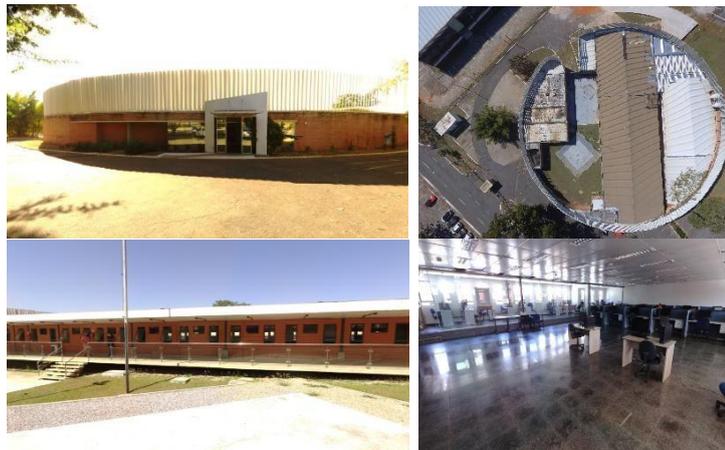
Na primeira fase, o objetivo foi diagnosticar por intermédio do *software* Relux e levantamentos *in loco* como a iluminação natural se comporta na edificação. Na segunda fase, o foco foi a elaboração de um projeto luminotécnico eficiente composto por um sistema principal e um secundário de iluminação artificial a fim de atender aos requisitos quantitativos e qualitativos das atividades desenvolvidas. Na terceira fase, com base nas análises da iluminação natural e artificial, o objetivo foi desenvolver um modelo de projeto luminotécnico que integrasse ambos os sistemas de iluminação para racionalizar o funcionamento da luz artificial complementada pela iluminação natural. Essa metodologia visou atender às exigências estabelecidas pela instrução normativa do Inmetro de eficiência energética dos sistemas a fim de manter o DPL (Densidade de Potência Limite) na classificação A.

LOCAL DA INTERVENÇÃO

Localizada no campus Darcy Ribeiro da UnB (Figura 1), a edificação escolhida foi definida de forma a atender as demandas da nova sede do PCTec-UnB (Parque Científico e Tecnológico da Universidade de Brasília), que faz parte do PISAC (Parque de Inovação e Sustentabilidade do Ambiente Construído), e da pesquisa científica, tais como:

- Fácil acesso dos alunos, resultando na efetiva visibilidade;
- Localização que viabilize fácil acesso a equipamentos e laboratórios da UnB;
- Projeto com potencial de se enquadrar como ação de *retrofit*: com mais de 30 anos de uso, intervenções não documentadas e demanda clara de uso.

Figura 1: Edifício-sede do PCtec-UNB. À esquerda acima fachada frontal; à direita acima vista de topo a partir de voo de drone; à esquerda abaixo vista externa do pátio e à direita abaixo vista interna no ambiente de coworking.



Fonte: Os autores.

LEVANTAMENTO

O levantamento de dados da edificação foi realizado por meio da coleta de documentos e do levantamento geométrico realizado com o apoio de tecnologias atuais de scanner a laser, estação total, levantamento fotogramétrico e aerofotogramétrico, diante da precisão demandada para as ações de intervenção. Também se consolidou por meio de análises específicas das patologias (inspeções visuais, câmera termográfica e voos de drone), resistência da estrutura (pacometria e esclerometria) o levantamento de materiais (cor, rugosidade e especularidade), sistemas elétricos (mapeamento dos quadros elétricos de distribuição) e hidrossanitários (teste GPR- *Ground Penetrating Radar*).

A partir dos dados coletados foi realizada a modelagem 3D do estado atual da edificação (Modelo de Informação do Ativo "As Is") com ferramentas Revit considerando biblioteca específica que contempla as especificidades das soluções construtivas, bem como registro de danos e compartilhamento do modelo em plataformas colaborativas (Ambiente Comum de Dados - CDE).

Os analistas de projeto acessaram todas as informações do edifício por meio do modelo *As Is* no CDE Kuara e, a partir dele, iniciaram o processo de modelagem em *software* específico de análise da iluminação.

MODELAGEM

Para realizar o diagnóstico luminotécnico do projeto utilizou-se o *software* Relux, compatível com sistemas de CAD e BIM. Inicialmente, a edificação objeto de estudo foi modelada de acordo com uma planta baixa em .dwg extraída do modelo *As Is*. A leitura direta no modelo IFC não é permitida na versão gratuita do *software* e por isso a modelagem se realizou a partir da planta base.

Os materiais da edificação foram estabelecidos com referências, juntamente de suas aberturas de esquadrias, divisórias, desníveis e mobiliário, inseridos para permitir uma

melhor avaliação dos níveis de iluminância (Figura 2). A partir das características de cada objeto, material e da inserção dos dados geográficos e entorno, foi possível realizar simulações que analisam como a iluminação natural e artificial se comportam. Para subsidiar as análises utilizou-se os parâmetros estabelecidos na INI-C para obtenção de classificação com e sem contribuição da iluminação natural.

Figura 2: Representação da modelagem das aberturas e materiais do PCTEC.



Fonte: Os autores.

Os resultados do diagnóstico do modelo *As Is* foram disponibilizados por meio de relatório para a equipe de projeto, subsidiando o desenvolvimento do projeto de *retrofit* que, por sua vez, foi novamente modelado no Relux para validação e desenvolvimento de proposta de iluminação artificial.

DIAGNÓSTICO

Para um diagnóstico conciso, o modelo 3D foi dividido em Zonas de Avaliação individualizadas para cada ambiente com altura do Plano de Referência/Trabalho de 0,75 m em relação ao chão.

De forma a subsidiar o atendimento aos objetivos deste trabalho serão apresentados apenas os resultados obtidos para o modelo *retrofit*, uma vez que as intervenções propostas se fundamentam em requisitos que extrapolam as demandas impostas pela iluminação dos ambientes resultantes.

Foram analisadas 39 salas, cada uma com uma necessidade lumínica específica para cada tipo de atividade. Por isso, a condição quantitativa – verificada normativamente – e qualitativa diferem de acordo com as demandas de cada espaço.

O projeto luminotécnico considerou o uso dos ambientes conforme NBR 8995/2013 [8] para as atividades de:

- Circulação (1), Banheiro/DML/Lavabo (2), Central de dados (3) e Salas técnicas (4) – 100 lx (representados na imagem em amarelo);
- Recepção Geral (5), Copa/Refeitório (6) - 200 lx (representados em laranja);
- Recepção Diretoria (7), Diretoria (8), Salas PCTec (9), Sala Ideação (10), Salas PISAC (11), Coworking (12), Sala Krilltech (13), Sala Bem-te-vi (14) e Salas Comerciais (15) – 500 lx (representados na cor rosa); observadas na Figura 3.

Considerou-se ainda como demanda qualitativa a homogeneidade na distribuição da luz nos ambientes por meio de um sistema geral e direto, possibilitando flexibilidade na composição de layouts e complementação da iluminação para as atividades

específicas por meio de um sistema secundário com uso de sistemas localizados, diretos com foco direcionado.

Figura 3: Agrupamento dos ambientes conforme atividades.



Fonte: Os autores.

AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (INI-C)

A metodologia de avaliação de desempenho se baseou nas exigências normativas do INI-C [6] que determina consumo real da edificação e parâmetros para comparação com o consumo limite estabelecido para certificação. Abaixo, referenciam-se as equações utilizadas para determinação dos resultados.

A eq.(1) determina o consumo de iluminação real e a eq.(2) o consumo de referência, conforme INI-C.

$$C_{IL,real} = P_{IT} \cdot (h \cdot N_{ano}) \quad (1)$$

$$C_{IL,ref} = P_{LD} \cdot (h \cdot N_{ano}) \quad (2)$$

Onde $C_{IL,real}$ é o consumo do sistema de iluminação real (kWh/ano); P_{IT} é a potência de iluminação total instalada (kW); h são as horas de uso da edificação por dia, conforme tipologia, N_{ano} é o número de dias de ocupação ao ano, conforme tipologias; $C_{IL,ref}$ é o consumo do sistema de iluminação (kWh/ano); P_{LD} é a potência de iluminação limite para classificação D (kW);

O percentual de redução do consumo de iluminação ($RedC_{IL,real}$) é definido pela eq.(3).

$$RedC_{IL,real} = ((C_{IL,ref} - C_{IL,real}) / C_{IL,ref}) * 100 \quad (3)$$

A partir dos critérios para avaliação de eficiência energética, optou-se pelo método que separa as atividades do edifício em escritório, banheiro e circulação (Tabela 1).

Tabela 1: Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para a classificação de eficiência pretendida.

Ambientes/Atividades	DPL Classificação A (W/m ²)	DPL Classificação D (W/m ²)
Escritório	10,00	19,04
Banheiro	9,50	13,73
Circulação	7,10	11,36

Fonte: INI-C modificado.

A avaliação da eficiência energética se desenvolveu por análise em cenários. O primeiro considerou todo o sistema artificial em funcionamento, o segundo, o sistema de iluminação principal com funcionamento total e o secundário representando a dinâmica de uso do Parque com ocupação de 50% de usuários, e o terceiro e último cenário, levou em consideração o aproveitamento da iluminação natural.

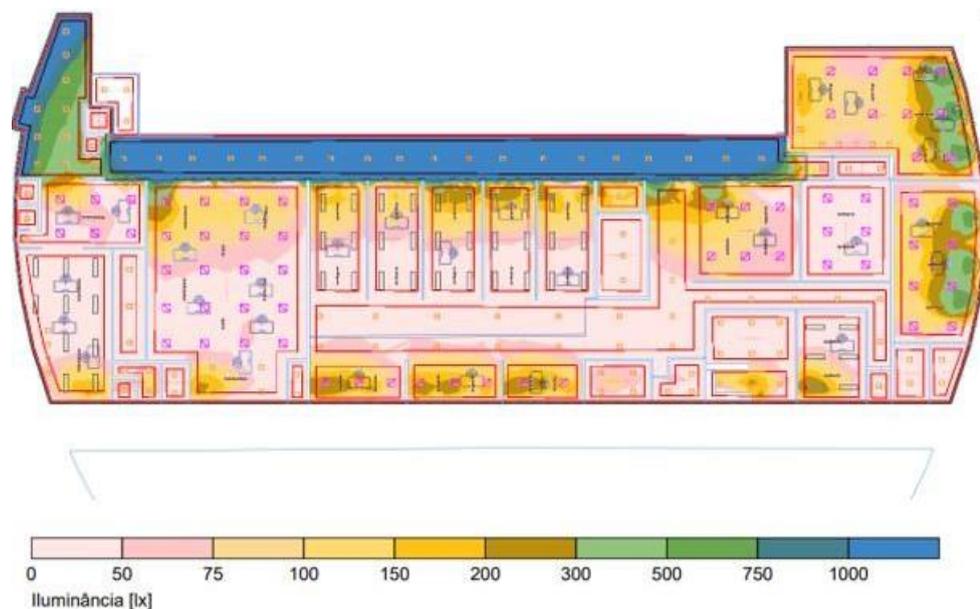
RESULTADOS

PRIMEIRA FASE - ILUMINAÇÃO NATURAL

Para esta primeira fase, utilizou-se como base a NBR 15575/2013 [7], que define dias e horários específicos para a realização dos cálculos computacionais, sendo esses o dia 23 de abril às 9:30 da manhã e o dia 23 de outubro às 15:30 da tarde.

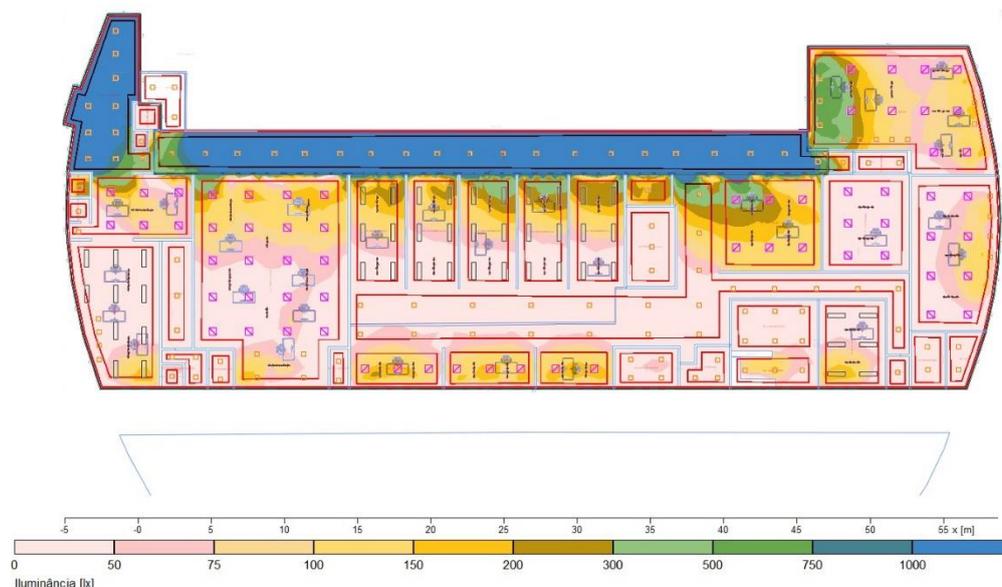
O objetivo foi verificar o potencial de cada sala em atingir pelo menos 100 lx de iluminância com uso da luz natural. Esse valor torna o espaço adequado para realização de atividades não laborativas como caminhabilidade e manutenção, reduzindo a necessidade de iluminação artificial com a complementação da mesma pela iluminação natural durante o dia em momentos em que não haja demanda por atividades laborativas. As Figuras 4 e 5 mostram os resultados da análise nos dois horários avaliados.

Figura 4: Resultados da análise do dia 23 de abril às 9:30h.



Fonte Os autores.

Figura 5: Resultado da análise do dia 23 de outubro às 15:30h.



Fonte: Os autores.

É possível observar que nos ambientes: Sala Comercial 1, 2, 3, 4 e 5 (nº 15 - Figura 7) Sala PCTEC 1, 2 e 3 (nº 9 – Figura 7), Sala ideação (nº 10 – Figura 7), Pisac (nº 11 – Figura 7), Sala Bem-te-vi (nº 14 – Figura 7) e na recepção (nº 5 – Figura 7), os valores de iluminância atingem entre 100 lx e 200 lx, sendo ambientes com potencial de aproveitamento da luz natural.

Além disso, num contexto de *retrofit*, o uso adequado da iluminação natural em um ambiente interno, não apenas promove conforto psicológico, mas também torna o ambiente agradável e produtivo. Além disso, exerce influência no ciclo biológico, potencializando saúde humana [9]. A partir dos resultados obtidos, foi produzido um mapa de setorização dos ambientes (Figura 7), identificando as zonas com potencial de aproveitamento da luz natural para subsidiar o desenvolvimento do sistema de iluminação artificial.

Figura 7: Mapa de setorização das zonas com potencial de uso da luz natural.



Nota: Em verde, aparecem as salas que ultrapassam os 100 lx exclusivamente com uso da luz natural.

Fonte: Os autores.

SEGUNDA FASE - ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

O projeto luminotécnico foi organizado em dois sistemas: um sistema de iluminação principal - que atende às demandas de manutenção, caminhabilidade, limpeza, segurança entre outras, e os 100 e 200 lx recomendados pela NBR 8995-1, para áreas de circulação, copa, refeitórios, WC e depósitos - e um sistema de iluminação secundário - que atende às demandas dos ambientes de trabalho dentro de cada um dos espaços e os 500 lx para áreas de escritório também requeridos pela NBR 8995-1 [8]. Cada um dos sistemas poderia ser utilizado de maneira independente, sem a necessidade de todas as luminárias.

SISTEMA PRINCIPAL

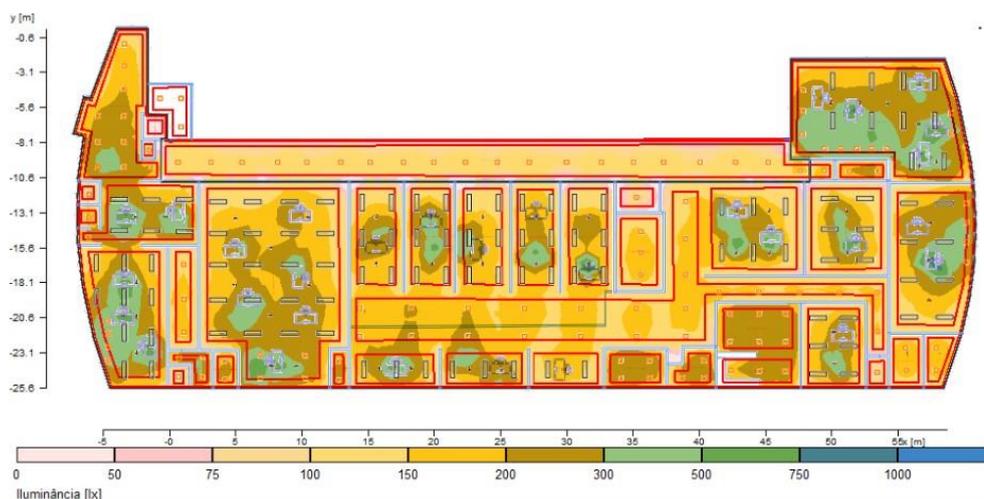
As luminárias do sistema foram selecionadas (Tabela 2) e distribuídas de forma a atender as demandas qualitativas (com destaque para a uniformidade na distribuição da luz no interior das salas de escritório) e quantitativas estabelecidas na NBR 8995 [8]. Os resultados (Figura 8) atenderam satisfatoriamente às demandas de manutenção, caminhabilidade, limpeza e segurança, e a iluminação poderá ser ativada conforme a necessidade dos usuários do local.

Tabela 2: Luminárias utilizadas no segundo teste de iluminação artificial.

Estilo	Potência	Fluxo Luminoso	Cor	IRC
Painel LED Plafon 30x120mm	40 W	900 Lm	4000 K	80
Painel LED Plafon 30x120mm	25 W	800 Lm	4000 K	80
Painel LED Plafon 30x30mm	12 W	1300 Lm	4000 K	80

Fonte: Os autores.

Figura 8: Níveis de iluminância do sistema principal.



Fonte: Os autores.

SISTEMA SECUNDÁRIO

Para o sistema secundário, decidiu-se que o melhor seria a adição de trilhos eletrificados de dois tamanhos em cada uma das salas com demanda de 500 lx: 1 e 1,5 metros, conforme dimensão dos ambientes. Juntamente deles, serão encaixados spots direcionáveis que poderão ser adaptados conforme à demanda do local (Tabela 3).

A escolha de trilhos e spots para o sistema secundário teve como base o posicionamento das luminárias, aparelhos de ar-condicionado e possíveis sistemas elétricos que não poderiam ser modificados. Além disso, pela direcionalidade, os spots conseguiriam atender diversas demandas, tornando o projeto luminotécnico não só mais eficiente, mas também adaptável para. As Figuras 10 e 11 evidenciam os resultados obtidos com a modelagem.

Tabela 3: Sistema secundário utilizado para os testes de iluminação artificial.

Estilo	Potência	Fluxo Luminoso	Cor	IRC
Spot direcionável, 60mm diâ.	15 W	1500 Lm	4000 K	80

Fonte: os autores.

Figura 10: Níveis de iluminância do sistema principal associado ao sistema secundário.

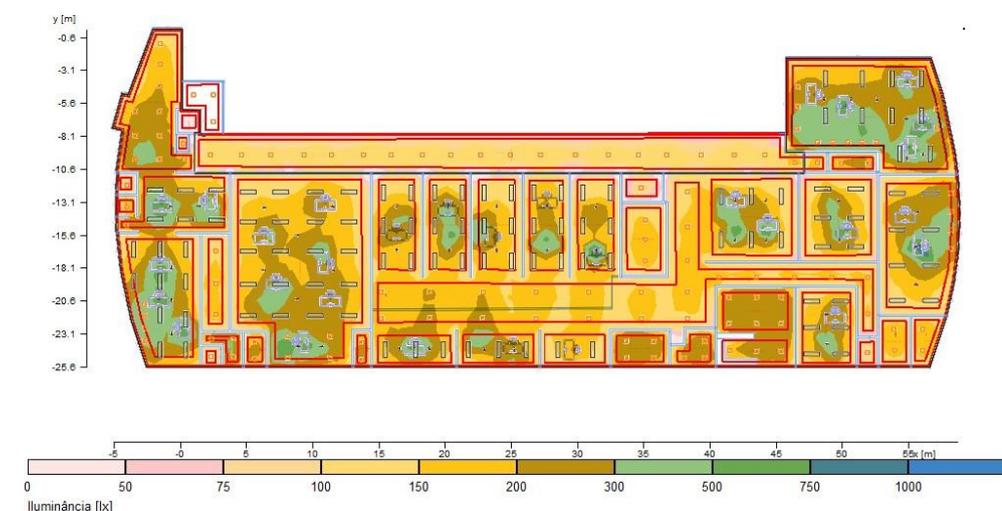


Figura 12: Cores 3D mostrando os níveis de iluminância de 500 lx nos planos de trabalho (em verde).



Sala Bem-te-vi (esquerda); Coworking PCTEC (centro) e Sala comercial (direita). Fonte: Os autores.

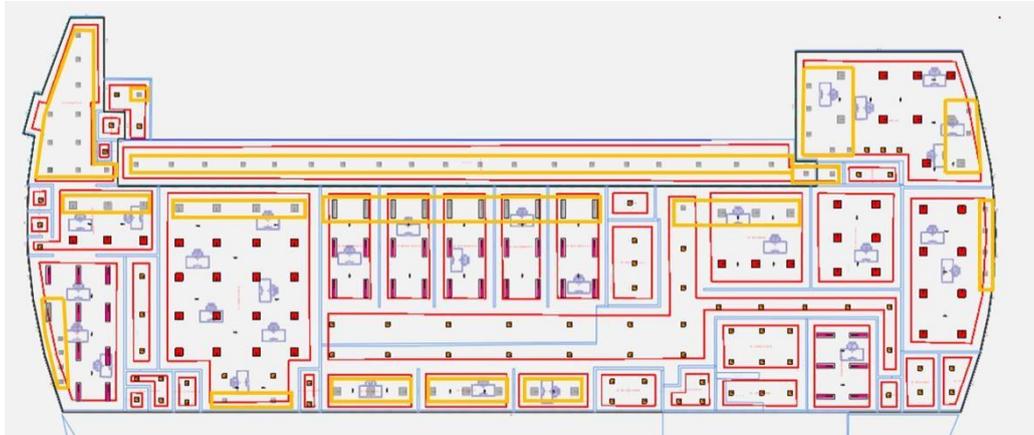
TERCEIRA FASE - PROJETO LUMINOTÉCNICO

Na terceira fase a luz natural foi considerada, para que assim seja feito a separação dos sistemas em seções com controle de acionamento das fileiras de luz próximas as aberturas de forma independente do restante do sistema, permitindo que sejam desligadas durante o dia.

Para esta etapa, avaliou-se o impacto na qualidade da luz nos ambientes com o desligamento desses pontos individualizados no sistema principal, para assim

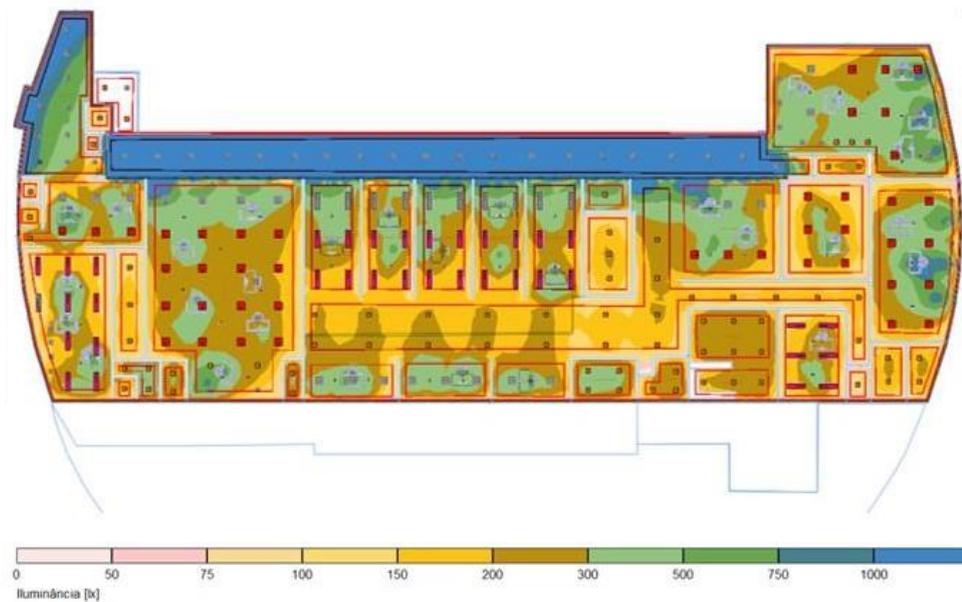
confirmar a estratégia utilizando sensores com desligamento automatizado por fotocélulas. Ao total, foram desligadas 78 luminárias conforme ilustrado na Figura 13. Os resultados estão evidenciados nas Figuras 14 e 15.

Figura 13: Planta baixa representativa dos pontos de luz.



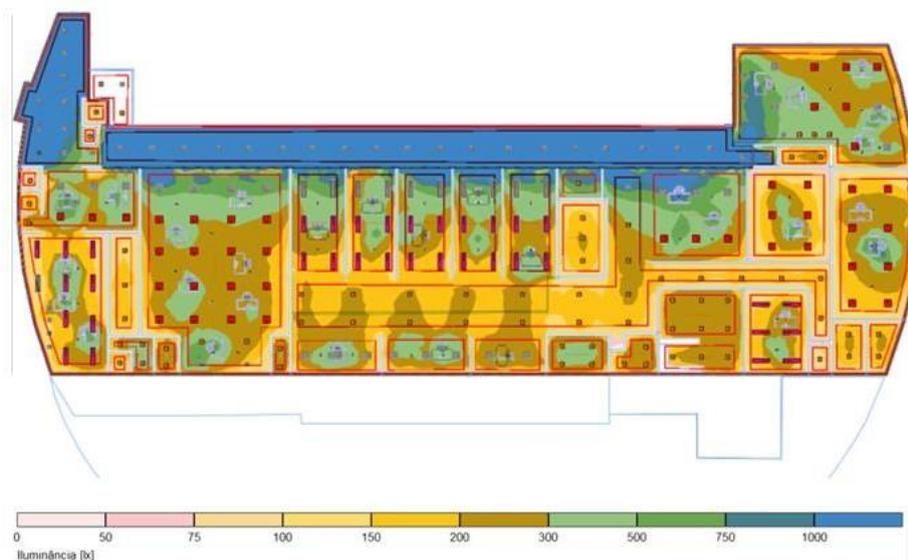
Nota: Nos retângulos amarelos, localizam-se as luzes apagadas. Fonte: Os autores.

Figura 14: Resultados da análise sistema completo considerando a contribuição da iluminação natural no dia 23 de abril às 9:30h.



Fonte: Os autores.

Figura 15: Resultados da análise sistema completo considerando a contribuição a iluminação natural no dia 23 de outubro às 15:30h.



Fonte: Os autores.

Depreende-se a partir dos resultados dos cálculos computacionais, como a combinação da luz natural com a luz artificial contribui para o ambiente mais iluminado, mesmo com parte da iluminação principal desligada, sendo possível verificar nas Figuras 14 e 15 salas cores amarelo escuro (200 lx) e verde (500 lx). Conforme Amorim (2002), a relevância da luz natural na arquitetura vai além da necessidade de redução de energia nos tempos atuais. Está igualmente ligada ao conforto e a qualidade ambiental. Por isso, a integração estratégica entre a luz natural e a luz artificial representa um avanço em direção a prática de uso. [10]

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DO SISTEMA CONFORME INI-C

No contexto da edificação em estudo, as potências limite de referência (somatória da potência limite de cada ambiente) foram de 10.683,73 kW para a classificação A e de 19.379,05 kW para a classificação D.

A tabela 7 apresenta os valores de consumo real em cada um dos cenários (1, 2 e 3).

Tabela 7: Resultado dos cálculos de consumo real em cada um dos cenários.

Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
12.961,47 kW	12.194,19 kW	9.440,88 kW

Fonte: os autores.

Os resultados revelaram que todos os cenários apresentaram índice de redução do consumo de iluminação para a classificação D (com 33,11%, 37,07% e 51,28% respectivamente para os cenários 1, 2 e 3). No entanto somente o cenário que considera o uso da iluminação natural apresenta redução no consumo de iluminação para a classificação A da INI-C, com 11.63%, evidenciando a capacidade das estratégias empregadas neste trabalho em promover utilização racional da luz natural em um projeto luminotécnico.

É possível enxergar que no cenário 3, no qual levou-se em conta a iluminação natural do projeto, houve uma economia de 3.520,59 kW em comparação com o cenário 1.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, torna-se evidente a relevância da luz natural no contexto do processo projetual, particularmente durante a fase inicial do estudo preliminar de um projeto arquitetônico. Fica claro, portanto, como é de suma importância, especialmente no contexto da retrofitagem, analisar a quantidade de iluminância da luz natural na edificação, pois ela servirá de base para que um projeto luminotécnico seja mais viável economicamente.

Em projetos de retrofitagem, principalmente que utilizam a tecnologia BIM, a sustentabilidade é um grande ponto a ser considerado. A iluminação é uma das principais maneiras de tornar um projeto eficiente, já que consiste em uma das principais ferramentas utilizadas no dia a dia da edificação. Por isso, ao não considerarmos um projeto luminotécnico eficiente, geráremos não só gasto energético, mas também incômodo aos usuários daquele local.

Além disso, a função de analista de projeto é necessária com o intuito de analisar aspectos projetuais, propor soluções mais inovadoras e eficientes do ponto de vista energético e corrigi-las, para que o projeto arquitetônico esteja alinhado com o contexto da contemporaneidade e das inovações tecnológicas. Possivelmente, com o avanço da tecnologia BIM, cada vez mais projetos apresentarão soluções de eficiência e sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- [1] GHISI, E. **Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na: Universidade Federal de Santa Catarina.** 1997. 2 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.
- [2] BONOMOLO, M.; BAGLIVO, C.; BIANCO, G.; CONGEDO, P.; BECCALI, M. Cost optimal analysis of lighting retrofit scenarios in educational buildings in Italy. **Energy Procedia**, 126 (201709) p. 171-178, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.08.137>
- [3] SCHEER, S. **Modelagem da Informação da Construção BIM.** TC045 – Gerenciamento de Projetos. 2013. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/239212696/BIM-pdf>. Acesso em: 26 abril 2024.
- [4] D'ANGELO, L.; HAJDUKIEWICZ, M.; SERI, F.; KEANE, M. A novel BIM-based process workflow for building retrofit. **Journal of Building Engineering**, 50 (104163), 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104163>
- [5] FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA DO DISTRITO FEDERAL. **FAP-DF. METODOLOGIA BIM APLICADA A PROJETOS DE RETROFIT.** Edital 04/2021 - Demanda Espontânea.
- [6] INSTRUÇÃO NORMATIVA DO INMETRO PARA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICAS (**INI- C**). Florianópolis, 2020.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 15575-1:** Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013
- [8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1:** Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.
- [9] MARTAU, B. T. A Luz Além da Visão. *Lume*, v. 7, n. 38, jun. 2009. Disponível em: https://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed38/ed_38%20AT%20Ilumina%C3%A7%C3%A3o%20e%20Sa%C3%BAde.pdf. Acesso em: 24 abril 2024.
- [10] AMORIM, C. N. D. Diagrama Morfológico Parte I: instrumento de análise de projeto ambiental com uso de luz natural. **Paranoá Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Brasília, DF, n. 3, P. 57-76, 2007. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/10511/9255>. Acesso em 06 maio 2024.