



# **QUALIDADE DA ILUMINAÇÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS PÚBLICOS: ANÁLISE COMPARATIVA DE SOLUÇÕES DE RETROFIT**

***LIGHTING QUALITY AND ENERGY EFFICIENCY IN PUBLIC  
BUILDINGS: A COMPARATIVE EVALUATION OF RETROFIT  
SOLUTIONS***

***CALIDAD DE ILUMINACIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN  
EDIFICIOS PÚBLICOS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE SOLUCIONES  
DE RETROFIT***

AMORIM, Cláudia Naves David<sup>1</sup>  
SOUTO, Bárbara Kelly Silva de<sup>2</sup>  
MEDEIROS, Ayana Dantas de<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, Brasil.  
clamorim@unb.br  
ORCID ID: 0000-0001-6769-1983

<sup>2</sup> Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, Brasil.  
barbarasoutoo@gmail.br  
ORCID ID: 0000-0002-0996-1831

<sup>3</sup> Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, Brasil.  
medeirosayana@gmail.com  
ORCID ID: 0000-0002-5548-0924

Recebido em 26/10/2020 Aceito em 05/04/2021.



## Resumo

No contexto mundial, o consumo de energia elétrica é uma preocupação relacionada à sustentabilidade em diversas tipologias construtivas. Segundo a IEA (2019), 15% da energia elétrica no mundo é consumida com fins de iluminação artificial, representando 5% da produção anual de gases efeito estufa. No Brasil, edificações residenciais e comerciais, de serviços e públicos, consomem cerca de 42,6% do total da eletricidade gerada no país (EPE, 2019), sendo a demanda por iluminação de, aproximadamente, 22% deste total em edifícios comerciais e do setor público (PROCEL, 2006). Além dos aspectos de eficiência, a qualidade da iluminação tem papel fundamental para melhoria das condições ambientais e, neste sentido, métodos e ferramentas para avaliação da qualidade da iluminação têm surgido, como os preconizados pela IEA SHC Task 50 (IEA, 2016). O presente artigo avaliou comparativamente dois edifícios públicos de idêntica arquitetura com diferenças na aplicação de *retrofits* de iluminação. Utilizou-se como parâmetro um protocolo de monitoramento, avaliando uso de energia, custos, qualidade do ambiente luminoso e avaliação do usuário (GENTILE *et al*, 2016). Foi adotado, ainda o método de etiquetagem PBE Edifica, para verificação de atributos de qualidade da iluminação e custos de *retrofit*. Foram realizados monitoramentos reais nos edifícios e entrevistas com os usuários. Como resultado, verificou-se uma grande diferença de custo entre os estudos de caso, mas demonstra-se que, nem sempre, a obtenção da etiqueta A resulta em qualidade de iluminação. **Palavras-Chave:** Iluminação, Retrofit, Monitoramento, Eficiência Energética.

## Abstract

*In the world context, the consumption of electric energy has been one of the concerns related to sustainability in several constructive typologies. According to the IEA (2019), almost 15% of the world's electricity consumption is for lighting, representing 5% of annual greenhouse gas production. In Brazil, energy consumption in residential and commercial buildings, services and public buildings in Brazil, corresponds to 42.6% of the total electricity consumed in the country (EPE, 2019), with lighting accounting for approximately 22% of this total in commercial buildings (PROCEL, 2006). In view of the efficient requirements, daylight quality has a fundamental role in improving environmental conditions and, in this sense, methods and tools for assessing the quality of lighting have emerged, such as those recommended by IEA SHC Task 50 (IEA, 2016). The present article evaluates the retrofit of lighting in similar public buildings that presented significant differences between lighting projects and applications of the retrofit of lighting. The methodology included real-time monitoring of buildings in non-residential buildings, covering four aspects: energy use, retrofit costs, quality of the light environment (photometry) and user evaluation (GENTILE *et al*, 2016). The PBE Edifica labeling method is used to check lighting quality attributes and retrofit costs. There is real monitoring in the buildings and interviews with users. As results, there was a large cost difference between the two case studies, but it is shown that obtaining A-tag is not always a result of illumination quality.*

**Key-Words:** Lighting; Retrofit; Costs; Monitoring

## Resumen

*En contexto global, el consumo de electricidad es una preocupación relacionada con la sostenibilidad en varios tipos de construcción. Según la IEA (2019), 15% de la electricidad del mundo se consume con fines de iluminación artificial, lo que representa 5% de la producción anual de gases de efecto invernadero. En Brasil, los edificios residenciales y comerciales, los servicios y el público, consumen aproximadamente 42,6% de la electricidad total generada (EPE, 2019), con una demanda de iluminación de aproximadamente 22% de este total en edificios comerciales y sectoriales. público (PROCEL, 2006). Además de los aspectos de eficiencia, la calidad de la iluminación es un papel fundamental en la mejora de las condiciones ambientales y, en este sentido, han surgido métodos y herramientas para evaluar la calidad de iluminación, como los recomendados por IEA SHC Task 50 (IEA, 2016). Esta investigación evalúa comparativamente dos edificios públicos de arquitectura idéntica, con diferencias en la aplicación de retrofit de iluminación. El método utiliza como parámetros un protocolo de monitoreo, que evalúa el uso de energía, los costos, la calidad del ambiente luminoso y la evaluación del usuario (GENTILE *et al*, 2016). El método de PBE Edifica se utiliza para verificar los atributos de calidad de iluminación y los costos de modernización. Hay monitoreo real en los edificios y entrevistas con los usuarios. Como resultado, hubo una gran diferencia de costos entre los estudios de caso, pero se muestra que obtener la etiqueta A no siempre da como resultado una calidad de iluminación.*

**Palabras-Clave:** Iluminación; modernización; monitorización; eficiencia energética

## 1. Introdução

No contexto mundial o consumo de energia elétrica tem sido uma das preocupações relacionadas à sustentabilidade em edifícios. Em edificações não residenciais e comerciais, de serviços e públicas brasileiras, o consumo de energia elétrica corresponde a 42,8% do total no país (EPE, 2017), sendo a iluminação responsável por, aproximadamente, 22% deste total em edifícios comerciais e do setor público (PROCEL, 2006). No contexto mundial, o consumo de energia elétrica com iluminação representa 15% do total, ou seja, aproximadamente 3.000 TWh/ano, representando 5% da produção anual de gases efeito estufa (IEA, 2019). O Brasil está em nono lugar no consumo mundial de energia elétrica (IEA, 2017); no entanto, dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2019) indicam que, na contramão de países desenvolvidos, tais como Alemanha e Canadá, que conseguiram baixar seus consumos, a demanda por eletricidade no Brasil cresce. Ponderando-se que a maioria da população vive em cidades, observa-se uma crescente degradação das condições de vida, refletindo uma crise ambiental.

Jacobi (2003) analisa que o crescimento global da demanda de energia para iluminação pode ser atualmente contido através de melhores práticas que abrangem reformas em edifícios já construídos e em funcionamento, visando modernizar suas instalações e otimizar o desempenho. Isto nos remete a uma necessária reflexão sobre os desafios para mudar as formas de pensar e agir em torno da questão ambiental, numa perspectiva contemporânea.

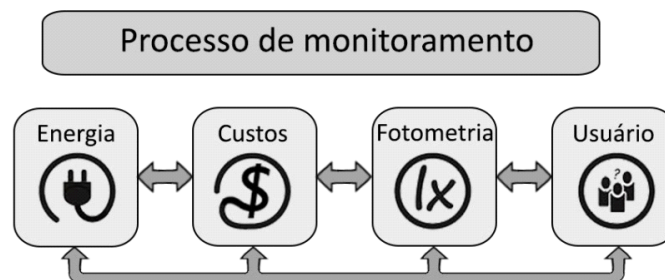
Em 2014, a Instituição Normativa 02 tornou obrigatória a obtenção da etiqueta nível “A” em edifícios públicos federais no Brasil (BRASIL, 2014). Assim sendo, são inúmeras as ações para concepção de diretrizes para edificações brasileiras, com propostas de reformas vinculadas à obtenção de maior eficiência energética, entendido como *retrofit* de edificações. Segundo o Manual para Etiquetagem de Edificações Públicas (ELETROBRAS; PROCEL, 2014), *retrofits* são intervenções nas edificações que alteram os sistemas de iluminação, condicionamento de ar e/ou a envoltória, por meio da remodelação ou atualização do edifício ou dos sistemas, através da incorporação de novas tecnologias e conceitos.

Considerando a questão da iluminação, apesar da eficiência energética ser provavelmente o maior alvo dos *retrofits*, também existe uma grande preocupação em trabalhar as questões de qualidade (VEITCH, 2006). Equilibrar estes dois pontos (eficiência e qualidade) parece ser um dos grandes desafios contemporâneos. Desde 2010, a Comissão Internacional de Iluminação (CIE) já realizou 5 conferências com a temática “*Lighting Quality and Energy Efficiency*”, visando estimular o diálogo, reflexão e a integração desses temas.

Para monitorar e verificar as condições de iluminação e eficiência energética antes e depois do retrofit, várias ferramentas e métodos podem ser empregados. Nos Estados Unidos foi proposto um procedimento que não inclui iluminação natural. Uma abordagem geral para medição e verificação do desempenho de economia de energia, para novas construções, é oferecida pelo *Performance Measurement and Verification Protocol* (EVO, 2003). Normas europeias, como as EN15193 e EN12464-1 (CEN, 2014; 2002) prescrevem exigências mínimas para o uso de energia e ambiente luminoso, mas não podem ser considerados protocolos de monitoramento. A ASHRAE 90.1 (ASHRAE, 2013), também americana, apresenta um caminho para verificar o desempenho (além dos métodos prescritivos), onde o edifício é comparado a um *baseline*, utilizando dados de simulação computacional de consumo energético para fundamentar as análises, não reportando-se a dados monitorados. No Brasil, o RTQ-C (PROCEL EDIFICA, 2010) também propõe maneira semelhante para avaliar a eficiência energética de um edifício, utilizando dados de simulação computacional. Já a NBR 15.575 (ABNT, 2013), popularmente conhecida como Norma de Desempenho, ao tratar de iluminação, sugere como alternativas medições *in loco* ou simulação computacional. No entanto, a medição sugerida considera somente dados de iluminância em um ponto do ambiente, o que é considerado insuficiente para uma avaliação qualitativa.

Com base em alguns dos documentos supracitados, a *International Energy Agency* (IEA), organização internacional que conta com o esforço colaborativo de pesquisadores de diversos países, desenvolveu estudos para a *Task 50 - Advanced Lighting Solutions for Retrofitting Buildings*, um protocolo de monitoramento que combina métodos e ferramentas, testados e refinados, paulatinamente, durante 2 anos de investigação. Inicialmente, no âmbito das atividades da Task 50, realizou-se uma revisão bibliográfica (DUBOIS *et al.*, 2016) a fim de consolidar entendimento sobre a avaliação de *retrofits* de iluminação. Esta revisão constatou que nenhum procedimento para monitoramento completo do *retrofit* de iluminação artificial e natural estava completo ou disponível. A pesquisa resultou na sugestão de 4 dimensões para um processo de monitoramento de retrofits de iluminação em edifícios (GENTILE *et al.*, 2016), sendo eles: uso de energia; custos; avaliação do ambiente luminoso (levantamento fotométrico) e avaliação do usuário. Tais dimensões são interdependentes e, por este motivo, devem ser avaliados em conjunto: por exemplo, o uso de energia depende do custo do retrofit (valor da solução de projeto e tecnológica adotada), do projeto luminotécnico (iluminância mantida) e do comportamento do usuário (aceitação de soluções projetuais e tecnológicas). A Figura 1 apresenta as 4 dimensões e suas relações.

**Figura 1:** As quatro dimensões do processo de monitoramento e suas relações



Fonte: adaptado de Gentile *et al.* (2016)

A pesquisa apresentada neste artigo é o procedimento final usado na compilação dos estudos de caso da *Task 50* no contexto brasileiro, sendo apresentados seus procedimentos, aplicação e resultados, ocorrido por monitoramentos reais, consulta ao usuário e verificações nos sistemas de iluminação natural e/ou artificial, avaliando seu desempenho em termos de qualidade, eficiência energética e custos. Além deste método, com o intuito de comparar os resultados de consumo energético com os parâmetros da etiquetagem de eficiência energética brasileira, aplicou-se o método prescritivo da etiquetagem nos casos estudados.

A pesquisa foi desenvolvida avaliando-se a eficiência energética e qualidade da iluminação de 2 edifícios públicos de escritórios em Brasília-DF, objetos de *retrofit* de iluminação.

## 2. Objetivo

O objetivo geral do artigo é avaliar a aplicabilidade do Protocolo de Monitoramento *IEA SHC Task 50*, através de estudos realizados em 2 edifícios públicos de escritórios, em Brasília-DF, que passaram por retrofits de iluminação, ao monitorar seu desempenho em termos de qualidade, eficiência energética e custos. Ainda em termos de iluminação também é objetivo do artigo comparar os resultados obtidos em termos de eficiência energética, com o método de etiquetagem PBE Edifica.

### 3. Materiais e métodos

Selecionou-se como estudos de caso 2 edifícios públicos de escritórios, aqui designados de M1 e M2, com situações de implantação, orientação solar e arquitetura praticamente idênticas, mas soluções diferentes de *retrofit* de iluminação. Esta condição facilita a comparação dos resultados e a aplicação do método, em especial relacionado ao Protocolo de Monitoramento da *IEA SHC Task 50* (GENTILE *et al*, 2016). Ambos edifícios foram previamente estudados com disponibilidade de acesso a dados de projetos arquitetônicos e luminotécnicos, coletados em pesquisas anteriores, por NICOLETTI (2009); PAIXÃO (2015); REBELO (2015); LEMOS (2017); e SOUTO (2017).

O procedimento metodológico desta pesquisa estrutura-se em 6 etapas, a saber: escolha dos estudos de caso; coleta de dados sobre o consumo energético dos edifícios e custos de *retrofit*; medições *in loco*; verificação quanto a opinião dos usuários; etiquetagem de eficiência energética dos sistemas de iluminação dos 2 estudos de caso, pelo método prescritivo do RTQ-C; bem como cruzamento dos dados, análises e conclusões. A seguir, são detalhadas cada uma das referidas etapas:

#### 3.1 Escolha dos estudos de caso

A seleção dos edifícios está vinculada à intenção da análise de edifícios ministeriais com projetos arquitetônicos e condições de implantação praticamente idênticas, além do fato de possuírem *retrofit* recente, com distinções em seus projetos luminotécnicos. Ambos os edifícios sofreram *retrofit* de iluminação, são comparáveis e apresentam condições de serem monitorados. No entanto, no caso do edifício M1, há previsão de otimização do projeto luminotécnico em relação à eficiência energética (troca de lâmpadas). Desta forma, subdivide-se a condição deste edifício “pós *retrofit*” em “pós *retrofit* real”(sem otimização) e “pós *retrofit* de projeto”(com otimização). No caso do M2, as condições avaliadas são apenas de pré e pós *retrofit*, o que permite análise das alterações realizadas em termos de satisfação do usuário. Quando à seleção dos locais apropriados para os experimentos desta pesquisa, escolheram-se ambientes representativos que caracterizem situações típicas dos 2 edifícios, adotando-se 2 salas com iluminação unilateral para orientações distintas (Leste e Oeste).

#### 3.2 Coleta de dados

Os dados provenientes da qualidade de iluminação são subjetivos, pois estão atrelados às necessidades dos usuários. Esses dados são de grande relevância para avaliação comparativa quanto as situações de *retrofit* remanescentes no edifício M2. A sistematização dos dados de qualidade da iluminação aborda os 4 aspectos do protocolo de monitoramento.

Tratando-se dos dados de consumo energético, considerou-se o levantamento das faturas de energia elétrica dos 5 anos que antecederam a pesquisa nos edifícios M1 e M2, que após fixados em planilha, foram embasados pela metodologia apresentada no Protocolo de Monitoramento *IEA SHC Task 50* (IEA, 2016). Segundo a norma europeia PrEN 15193 (CEN, 2014), que trata do desempenho energético dos edifícios, para um parecer adequado acerca da eficácia dos controles que englobam o sistema energético, é ideal que haja a separação entre a energia de iluminação e a energia total consumida em um edifício através de técnicas de medição. Além de fornecer uma metodologia específica de cálculo para a avaliação da quantidade de energia utilizada, para a iluminação no interior do edifício, a norma orienta quanto a obtenção de um indicador numérico, para as necessidades de energia de iluminação utilizadas para fins de certificação. Isto posto, os consumos considerados para edifícios M1 e M2 foram alcançados, a partir do uso final da energia de iluminação proveniente do cálculo do Indicador Numérico de Energia de Iluminação (LENI), em kWh/m<sup>2</sup>.ano; e do confronto das demandas suportadas pelos 2 estudos de caso. Em termos de cálculo, para definir a energia utilizada apenas pelo sistema de iluminação ( $W_t$ ), adotou-se a Equação 1.

**Equação 1:** Cálculo da energia utilizada apenas pelo sistema de iluminação ( $W_t$ )

$$W_t = W_{Lt} + W_{Pt} \text{ [kWh]}$$

Onde:

$W_{Lt}$  = consumo de energia utilizada apenas para iluminação geral, obtido através da Equação 2.

**Equação 2:** Cálculo do consumo de energia para iluminação geral ( $W_{Lt}$ )

$$W_{Lt} = \frac{(P_n \times F_c) \times [(t_D \times F_0 \times F_D) + (t_N \times F_0)]}{1000} \text{ [kWh]} \quad (I)$$

E  $W_{Pt}$ , o consumo de energia parasitário demandado em um período de tempo  $t$ , como aqueles consumos relacionados à iluminação de emergência e pelo sistema de controle das luminárias, obtido através da Equação 3.

**Equação 3:** Cálculo do consumo de energia para iluminação parasitária demandado em um período de tempo ( $W_{Pt}$ )

$$W_{Pt} = \frac{(P_{pc} \times [t_y - (t_D + t_N)] + (P_{em} \times T_{em}))}{1000} \text{ [kWh]} \quad (II)$$

O consumo de energia total anual para iluminação ( $W$ ), pode ser encontrado pela Equação 4.

**Equação 4:** Cálculo do consumo de energia total anual para iluminação ( $W$ )

$$W = W_L + W_P \text{ [kWh/ano]}$$

Onde:

$W_L$  = estimativa da energia de iluminação anual necessária para cumprir a função de iluminação do edifício;

$W_P$  = energia parasitária anual, estabelecidas pelas Equações 1 e 2, respectivamente.

Ainda em relação aos cálculos de consumo energético, o LENI define-se a partir da Equação 5.

**Equação 5:** Cálculo do Indicador Numérico de Energia de Iluminação (LENI)

$$LENI = \frac{W}{A} \text{ [kWh/m}^2 \cdot \text{ano]}$$

Onde:

$W$  = energia anual total utilizada para iluminação, em kWh/ano;

$A$  = área útil total do edifício, em m<sup>2</sup>.

Com relação aos custos dos *retrofits*, parte dos dados são estimativas fundamentadas em informações divulgadas pelos responsáveis técnicos das obras. Assim, os custos referentes a equipamentos, materiais e mão de obra foram mensurados a partir dos preços de mercado com ano base de 2016 (SOUTO, 2017).

### 3.3 Medições in loco

Tratando-se das medições *in loco*, a maioria dos critérios de conforto visual focam na definição de valores mínimos, para os níveis de iluminâncias horizontais. Em relação à avaliação qualitativa da luz, existem outros parâmetros fundamentais, a saber: a distribuição das luminâncias no campo visual vertical, que pode gerar ofuscamento por contraste ou saturação; direcionalidade da luz, que caracteriza a modelagem dos objetos no ambiente.

Para a verificação da iluminância média, o protocolo de monitoramento propõe que seja elaborado um *grid*, que divide o ambiente em estudo em pequenas áreas de medição. O método consiste em uma linha de pontos de medição que deve ser desenhada, a partir do eixo central da janela, em direção ao fundo da sala. A primeira medição é determinada a 0,5m da janela e, em seguida, de 1,0m em 1,0m. A obtenção da iluminância deve ser feita a 0,80m de altura do chão, com o auxílio de um luxímetro (Modelo *Politerm 1332 Lux Meter*). Essas medições em *grid* auxiliam na análise dos níveis de distribuição de iluminância e uniformidade da luz no ambiente interno. Simultaneamente, realiza-se a medição da iluminância global difusa externa, a cada 5 minutos. Essa medição acontece em ambiente externo, sem obstrução da radiação solar direta, ao sombrear a célula do luxímetro externo com um pequeno disco cinza e registrando a condição de céu durante as medições. Para balizar os resultados, adotou-se os parâmetros normativos da NBR ISO CIE 8995 (ABNT, 2013), na qual é recomendado para salas de escritório uma iluminância média de 500 lux; e uma uniformidade maior que 0,7. As medições de monitoramento do conforto visual foram efetuadas durante os anos de 2014 a 2015, em datas próximas aos equinócios e solstícios de verão e inverno, para investigar as diferenças de conforto luminoso, em situações variadas de iluminação natural, nos horários de 9h, 12h e 15 horas.

### 3.4 Consulta do usuário

Para verificar a opinião dos usuários, o método utilizado envolve um questionário que combina perguntas fechadas e abertas, aplicado às pessoas que trabalham no local investigado. A finalidade deste era obter uma compreensão geral do ambiente luminoso percebido pelo usuário. O questionário empregado também foi proposto nos estudos da *IEA SHC Task 50*. Ele foi traduzido e adaptado. Trata-se de um material auto aplicativo, entregue aos entrevistados para que os próprios fizessem o preenchimento, entregando-os após sua conclusão. Este instrumento era dividido em cinco partes, a saber: avaliação geral onde os aspectos avaliados são luz natural, artificial, nível de ruído, odor/cheiro, ventilação, temperatura, tamanho da janela, privacidade, tamanho do espaço, vista e impressão geral do ambiente; bem como apreciação geral do ambiente, onde os aspectos avaliados são tamanho total das janelas e com relação à vista externa, transparência dos vidros e dos sistemas de proteção solar e claridade sem iluminação artificial; experiência de ofuscamento; iluminação artificial, aparência do ambiente sob iluminação artificial, ocorrência de oscilação pelo sistema de iluminação artificial, tipo de controle da luz e operação do mesmo; e, por fim, informações adicionais sobre o ambiente, como posição do usuário com relação à janela.

Elaborou-se uma primeira versão do questionário, baseado nos estudos da IEA (2016), e realizou-se um teste piloto objetivando avaliar a organização e clareza das questões, de modo a corrigir eventuais problemas antes da aplicação definitiva. Ao aprimorar o documento, obteve-se o Questionário Geral (IEA, 2016), traduzido e adaptado para utilização nesta pesquisa. A primeira aplicação dos questionários no edifício M1 foi realizada no dia 27/02/2015, após o feedback obtido pelo teste piloto reformulação dos questionários. A previsão inicial era aplicar 30 questionários para cada fachada (Leste e Oeste) em cada pavimento (6°- pós *retrofit* e 7° andar – pré *retrofit*), apresentando quatro condições diferentes e representativas do edifício (IEA, 2016), ou seja, 120 respondentes. Porém, devido às restrições de acesso às salas, nesta primeira aplicação, obteve-se 90 respondentes no total. A segunda aplicação dos questionários foi realizada em 25/06/2015. Foram incorporados mais pavimentos para que houvesse maior adesão. Assim, no total, atingiu-se a quantidade de 109 questionários.

### 3.3 Avaliação pela etiquetagem PBE Edifica

O procedimento que determinou a eficiência energética do sistema de iluminação adotado, toma por metodologia o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - RTQ-C (PROCEL EDIFICA, 2010). A avaliação do sistema de iluminação realiza-se pelo método da área do edifício, que avalia os ambientes de forma conjunta e confere um único valor limite, para a análise do sistema de iluminação, seguindo as seguintes etapas: identificação da atividade principal do edifício; determinação da área iluminada do edifício; multiplicação da área iluminada pela Densidade de Potência Instalada ( $DPI_L$ ); determinação da potência limite pela soma das potências limites para cada atividade; e comparação potência total instalada com a potência limite para determinar o nível de eficiência energética do sistema de iluminação.

## 4. Resultados

### 4.1. Estudos de caso

Os dois edifícios públicos de escritórios, objetos deste estudo, foram projetados por Oscar Niemeyer e situam-se na Esplanada dos Ministérios, Brasília-DF, aqui denominados M1 e M2 (Figura 2). Os edifícios ministeriais são modelos marcantes da arquitetura moderna e formam um complexo constituído por 17 edifícios, distribuídos de maneira proporcional às margens do Eixo Monumental, tendo planta retangular, executados em estrutura mista (concreto e aço) e iluminação unilateral, com orientação das fachadas principais para Leste/Oeste.

**Figura 2:** Fachadas Oeste (a) e Leste (b) do edifício M2

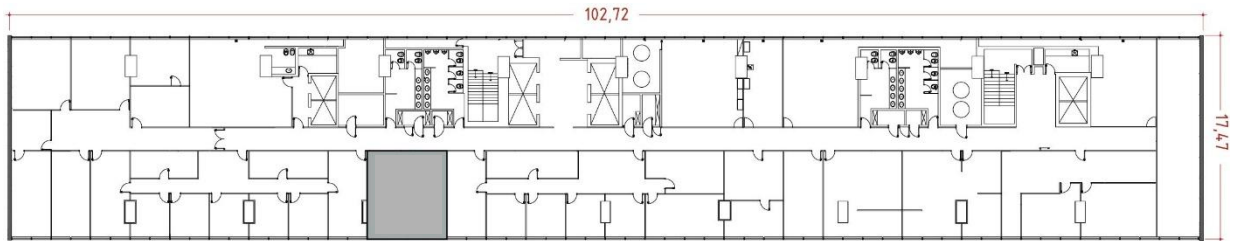


Fonte: Souto (2016)

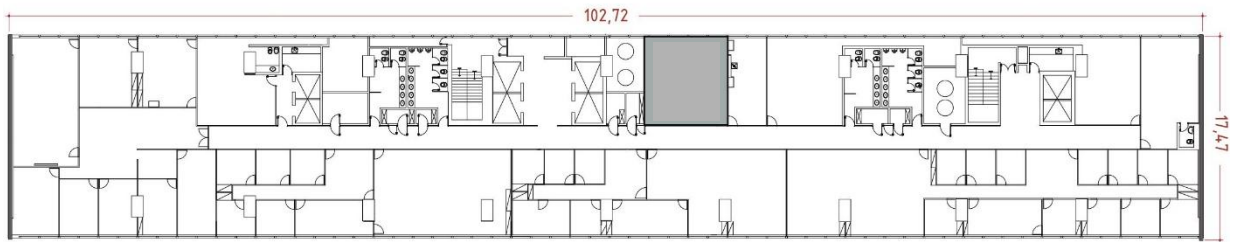
As Figuras 3 e 4 apresentam plantas com ambientes destacados, nos quais foram feitos os levantamentos *in loco* (salas de escritório enumeradas). Dentre as discretas diferenças na arquitetura dos edifícios selecionados, além dos aspectos dimensionais, o M2 distingue-se pela presença de volumes de concreto que abrigam as escadas de emergência. Para ambas as edificações, houve a seleção de pontos de tarefa representativas de cada caso. Como forma de demonstrar a configuração dos experimentos luminotécnicos realizados em duas salas do M1 e 4 salas do M2, as Figura 3 e 4 apresentam a disposição dos ambientes analisados na planta baixa das respectivas edificações ministeriais e a Figura 5, a disposição interna do layout desses recintos, onde aplicaram-se as medições de iluminação preconizadas pelo protocolo de monitoramento.



**Figura 3:** Planta baixa do ministério M1 e ambientes analisados

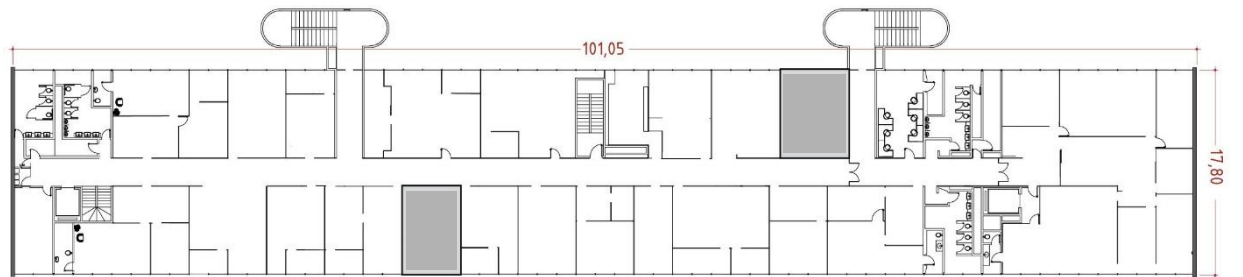


PLANTA DO PAVIMENTO 4  
M1 - PÓS-RETROFIT (REAL)

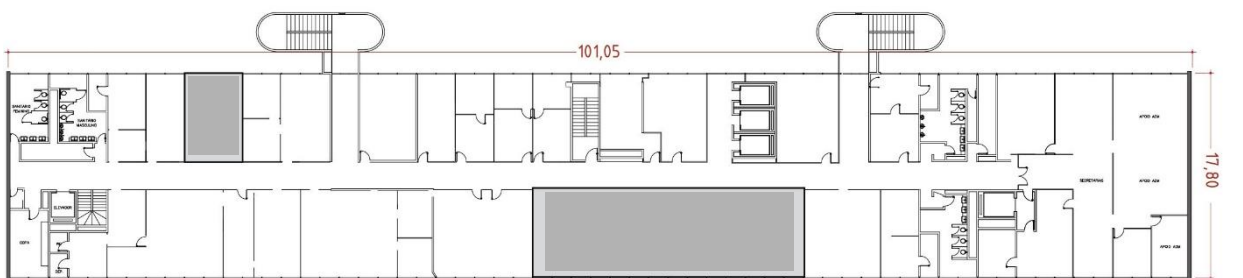


PLANTA DO PAVIMENTO 5  
M1 - PÓS-RETROFIT (REAL)

**Figura 4:** Planta baixa do ministério M2 e ambientes analisados

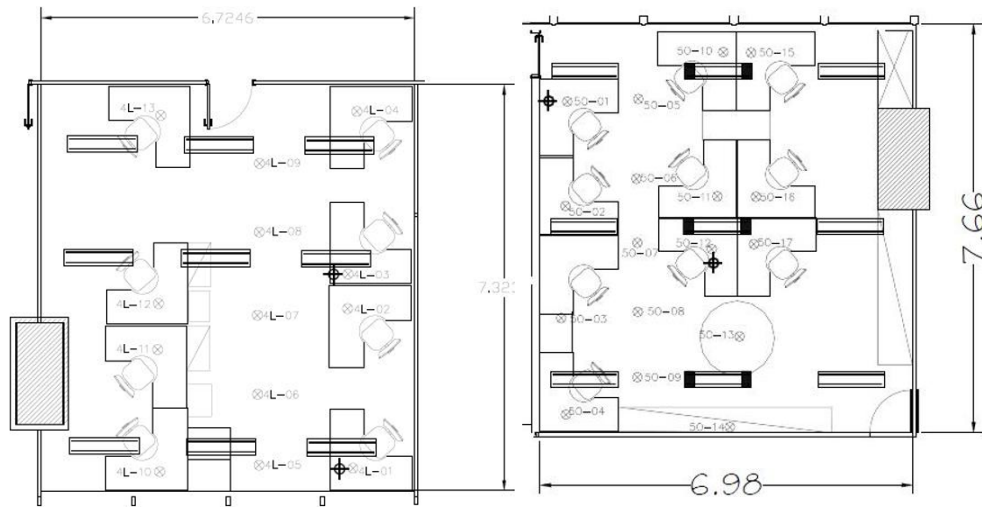


PLANTA BAIXA DO PAVIMENTO 6  
M2 - PÓS-RETROFIT



PLANTA DO PAVIMENTO 7  
M2 - PRÉ-RETROFIT

**Figura 5:** Layout interno do edifício M1 nos ambientes analisados



No que se refere ao *retrofit*, o edifício M1 teve modificação em sua totalidade, com um alto investimento na instalação de um sistema de automação. Já no edifício M2, o *retrofit* iniciou-se em 2012, alterando de forma significativa os espaços, tendo como foco melhorar as questões estéticas e de conforto visual do usuário. Nesse caso, no edifício M2 a questão de economia energética era secundária. Neste edifício, as intervenções do *retrofit* realizaram-se por etapas.

A Tabela 1 discorre acerca dos dados luminotécnicos dos edifícios M1 e M2, nos quais as luminárias são tipificadas pela quantidade e potência instalada, para cada situação de *retrofit* de iluminação. Verifica-se que no caso do sistema de iluminação do edifício M1, as luminárias com uma lâmpada fluorescente de 40W foram substituídas por luminárias com quatro lâmpadas de 16W. Ainda pela Tabela 1, observa-se a melhoria da eficiência energética, a partir da redução percentual da potência dos reatores substituídos nas modificações nos dois estudos de caso.

**Tabela 1:** Dados luminotécnicos dos edifícios M1 e M2

RETROFIT	M1			M2	
	Pré	Pós (Real)	Pós (Projeto)	Pré	Pós (Real)
Luminárias : tipo - quantidade x potência	Fluorescente 1 x 40W	Fluorescente 4 x 16W	Fluorescente 4 x 14W ; 2 x 28W; 1 x 23W; 1 x 50W	Fluorescente 1 x 40W	Fluorescente 1 x 28W; 2 x 28W; 1 x 14W; 2 x 14W; 4 x 14W; 2 x 26W
Reatores	10%	8%	8%	10%	8%
Potência instalada total + reatores (kw)	139,3	218,83	187,76	139,3	189,11

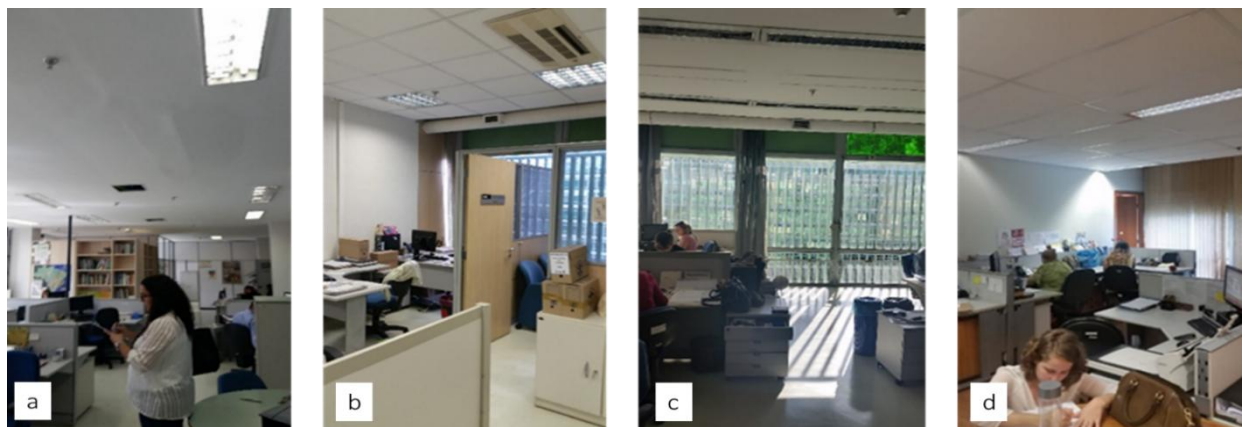
Fonte: autores

O horário de acionamento das lâmpadas nos espaços de circulação é de 07:00h às 20:30h, e nos ambientes de trabalho, das 07:30h às 18:30h. A fachada Leste possui janelas com vidro simples incolor 6mm e filme de proteção solar pigmentado, cor prata refletivo (espelhado), com transmissão luminosa de 15% e energia solar bloqueada de 76%. A fachada Oeste também é composta por janelas com vidro simples incolor 6mm, filme de proteção solar G5 *Sun Control*, com transmissão luminosa de 3,2% e energia solar bloqueada 66%.

Quanto às condições do *retrofit*, o sistema de iluminação do edifício M2 não possui nenhum tipo de automação, apenas a divisão de circuitos por ambiente. Já o edifício M1 inseriu um sistema de iluminação dimerizável em lâmpadas fluorescentes (*Lutron*), composta por reatores dimerizáveis *EcoSystem*, teclados (interruptores) instalados nas divisórias e nas salas; sensores de luminosidade instalados próximos as janelas; sensores de presença nos banheiros; e controles remotos disponibilizados em algumas salas. A programação da intensidade das lâmpadas, horário de acionamento e desligamento do sistema de iluminação do edifício, entre outras questões, é feita pelo programa denominado de *EcoSystem* e pelo servidor dedicado para o software *Quantum*.

A Figura 6, apresenta o interior dos ambientes estudados acerca do *retrofit* de iluminação, conforme os detalhes: a) sala na fachada Leste do edifício M1 (pós-*retrofit*); b) sala na fachada Oeste do edifício M1 (pós-*retrofit*); c) sala na fachada Oeste do edifício M2 (pré-*retrofit*); d) sala na fachada Oeste do edifício M2 (pós-*retrofit*);

**Figura 6:** Ambientes estudados nos edifícios M1 e M2, respectivamente



Fonte: autores

## 4.2. Análise de dados

Os resultados obtidos com base nos cálculos de consumo energético nos edifícios M1 e M2, sistematizados com a identificação do LENI, seguem dispostos na Tabela 2, bem como os dados de consumo energético e etiquetagem PBE Edifica. Para fins comparativos, observou-se quanto a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), em parâmetros que podem, ou não, atender aos pré-requisitos de análise do método do PBE Edifica.

**Tabela 2:** Resumo da etiquetagem e consumo de energia dos edifícios M1 e M2

Edifício	Retrofit	PBE Edifica		Consumo (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	LENI ( kWh/m <sup>2</sup> .ano)
		Com pré requisito	Sem pré requisito		
M1	Pré	A	D	289.474	15,9
	Pós (Real)	A	C	454.737,05	24,4
	Pós (Projeto)	A	A	390.161,52	19,5
M2	Pré	A	D	289.474	14,9
	Pós (Real)	A	A	392.964,76	18,4

Fonte: Souto (2016)

Quanto à etiquetagem do sistema de iluminação, o edifício M1 pré-*retrofit* apresentava nível “D”. A situação real (pós-*retrofit*) resulta em etiqueta “C”. Contudo, verifica-se que, caso fosse executado as intervenções previstas em projeto, haveria obtenção do nível “A”, considerando os pré-requisitos. Já o

edifício M2, antes do *retrofit* também apresentava etiqueta nível “D”, e no momento pós-*retrofit* atinge o nível “A”, também ao considerar pré-requisitos. Avaliando somente a potência instalada, sem pré-requisitos, em todas as situações haveria obtenção de etiquetas nível “A”.

De acordo com a Tabela 2, no edifício M1 pré-*retrofit* a iluminação representava 12% do consumo total (LENI 15,9 kWh/m<sup>2</sup>.ano). Na situação pós-*retrofit*, este percentual passa a ser 18% (LENI 24,24 kWh/m<sup>2</sup>.ano) e, em projeto, estima-se que seria em torno de 14% (LENI 19,5 kWh/m<sup>2</sup>.ano). Nesses termos, verifica-se um incremento do consumo de energia para iluminação em 56%, o que acarreta no aumento de 26% do consumo de energia para iluminação.

Ainda no estudo de caso do edifício M1, o consumo de energia elétrica para abastecimento do sistema de iluminação artificial do edifício, passou de 289.474 kW/ano para 454.737,05 kW/ano, representando um acréscimo de 57% nas contas de energia nas condições reais, enquanto nas condições de pós-*retrofit* em projeto, esse aumento seria apenas de 35%. Isso se deu porque a situação real da edificação possui divergências quanto ao projeto, no que diz respeito ao tipo de lâmpadas, luminárias e reatores, onde foram instalados equipamentos com potência superior a projetada. O LENI desse estudo de caso também demonstra aumento, de 14,19 kWh/m<sup>2</sup>.ano para 22,23 kWh/m<sup>2</sup>.ano.

Já o *retrofit* do edifício M2, além da troca de lâmpadas e reatores, implementado um sistema de controle da iluminação. As condições de pré-*retrofit* foram consideradas as mesmas do edifício M1. O consumo passou de 289.474 kW/ano para 392.964,76 kW/ano, resultando na ascensão de 36%. O LENI também cresceu, passando de 13,31 kWh/m<sup>2</sup>.ano para 17,23 kWh/m<sup>2</sup>.ano, correspondendo um acréscimo de 30%. Ainda assim, comparativamente, o consumo energético com fins para iluminação no edifício M2 representa 13% a menos que no edifício M1.

Em relação aos custos do *retrofit*, a Tabela 3 apresenta os valores financeiros e de consumo energético. Vale salientar que a Densidade de Potência Instalada (DPI) inclui a potência instalada real e áreas reais do edifício. O Consumo Total refere-se aos dados das contas de energia reais, que incluem dados de consumo parasitário, tais como: iluminação de fachada, de jardim, entre outros.

**Tabela 3:** Resumo Custos de Iluminação do M1 e M2

Edifício	<i>Retrofit</i>	Custos de Iluminação (R\$)	DPI (W/m <sup>2</sup> )	Consumo Total (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	%Iluminação
M1	Pré	-	5,00	126,9	11,8
	Pós (Real)	300.878,5	10,72	139,3	17,51
	Pós (Projeto)	1.231.313,28	9,1	139,3	13,99
M2	Pré	-	6,83	126,9	11,74
	Pós (Real)	3.467.006,09	8,69	123	14,9

Fonte: Souto (2016)

No edifício M1 os custos para *retrofit* de iluminação foram levantados, a partir das informações de materiais fornecidos pelos ministérios investigados, o que inclui custos parciais de lâmpadas, luminárias e instalação, sendo este R\$ 300.878,50, enquanto o orçamento do projeto completo totalizou R\$ 1.231,313,28. Já no edifício M2, os custos de reforma destinados apenas para iluminação, incluindo lâmpadas, luminárias, reatores, instalação e sistemas de controle, foi de R\$ 3.476.006,09. Vale salientar que esse último caso inclui em projeto novas práticas de controle no sistema de iluminação predial.

Em relação à qualidade da iluminação, as Tabelas 4 e 5 apresentam os resultados da situação pré e pós *retrofit* em ambos os edifícios investigados, ao compreender dados de iluminâncias, uniformidade e consulta ao usuário. Em termos de qualidade, ambos os estudos de caso alcançaram maior iluminância média após instalação dos novos equipamentos (Tabela 4). Contudo, no caso do edifício M1 a uniformidade da luz nos ambientes alcança um nível melhor que no caso do edifício M2.

**Tabela 4:** Qualidade da Iluminação (iluminâncias)

Estudo de caso		M1		M2	
Estágio de Intervenção ( <i>Retrofit</i> )		Pré	Pós	Pré	Pós
Iluminâncias (em lux)	Máxima	387	1805	387	750
	Mínima	178	127	178	163
	Média	251	668	251	459,5
Uniformidade		0,7	0,9	0,7	0,355

Fonte: Paixão (2015)

Os dados demonstram que há satisfação do usuário com alguns aspectos do *retrofit* (Tabela 5), especialmente em relação aos controles no edifício M2. De fato, neste edifício o *retrofit* passou a permitir um controle individual de cada luminária, permitindo que o usuário regule o fluxo luminoso e isto é bastante apreciado. Ainda há, no entanto, insatisfação com o ofuscamento na fachada Leste, e com os elementos de proteção solar nesta fachada. No geral esta avaliação demonstrou-se coerente com as métricas quantitativas utilizadas, sendo um importante instrumento para a avaliação geral do *retrofit*.

**Tabela 5:** Consulta aos usuários em relação à iluminação

Estudos de caso	M1		M2	
Estágio de intervenção ( <i>retrofit</i> )	Pré	Pós	Pré	Pós
Iluminação Artificial (média de 1 a 5)	1,9	2,1	1,9	2,1
Controle de Iluminação Artificial - Grau de Automação (média de 1 a 7)	2,3	1,8	2,3	4,9

Fonte: Paixão (2015)

Comparativamente, o *retrofit* do edifício M2 demonstrou-se mais eficiente do ponto de vista da qualidade da iluminação, especialmente considerando as possibilidades de controle por parte do usuário, o que se reflete também no consumo energético final de iluminação, 16% menor que o do M1. O custo do *retrofit* no edifício M2 apresentou-se, no entanto, 282% maior que no edifício M1. Deste modo, questões de economia de energia relacionaram-se ao aumento da satisfação dos funcionários com a qualidade da iluminação, que, segundo a literatura consultada, pode aumentar a produtividade em torno de 5% (FISK, 2000).

## 5. Conclusões

A motivação para os edifícios repensarem o uso da energia elétrica, em geral, está focada no benefício econômico. No entanto, as tendências atuais indicam considerar fortemente as condições de qualidade de iluminação, incluindo a opinião do usuário.

Esta pesquisa utilizou diferentes dados (monitorados e calculados), para entender os resultados dos *retrofits* de iluminação, em estudos de caso na cidade de Brasília-DF, comparando a qualidade da iluminação, o consumo energético resultante e a etiqueta de eficiência energética obtida. A análise comparativa dos *retrofits* mostrou que ambos aumentaram a potência de iluminação instalada, em função do aumento das iluminâncias para atender à norma, o que aumentou o consumo energético. No entanto, a obtenção da melhor etiqueta de eficiência energética, segundo a classificação do PBE-



Edifica, mesmo em edifícios tão similares arquitetonicamente, não significa consumos iguais. Nesse sentido, identifica-se que os *retrofits* foram eficientes, principalmente, para melhorar a qualidade e o controle da iluminação, mas não necessariamente baixam a potência instalada nem o consumo de iluminação.

Foi possível verificar que as condições de *retrofit* dos dois edifícios, incluíram o aumento da potência instalada para iluminação, em função da adequação à norma atual quanto a qualidade da Iluminação em escritórios, a fim de que as Iluminâncias atingissem os valores exigidos. Isto fez com que a economia de energia fosse diluída significativamente e não compensasse os custos de investimento necessário. Considera-se, entretanto, que houve melhoria na qualidade da iluminação, o que significa, segundo a literatura, aumento da produtividade e do bem estar coletivo. Considera-se importante destacar que houve bastante dificuldade na obtenção dos dados, especialmente os dados de consumo da edificação por uso final de iluminação. Estes, portanto, foram calculados com base no projeto luminotécnico, mas são passíveis de alteração em função do comportamento do usuário, características da automação etc.

Após aplicação nos estudos de caso brasileiros e observando, também, os demais estudos de caso desenvolvidos pela *Task 50*, ainda há algumas ressalvas quanto à complexidade do protocolo. É necessário tempo e orçamento consideráveis para aplicá-lo, embora as medições tenham sido bastante reduzidas desde a primeira versão. Uma das vantagens do protocolo, no entanto, é o fato deste poder ser usado como uma coletânea de ferramentas e métodos a serem utilizados, conforme as limitações de orçamento e prazo; e os principais interesses da avaliação. Contudo, deve-se lembrar que é importante manter as quatro dimensões definidas (energia, fotometria, custo e usuários), que geram uma avaliação quantitativa e qualitativa bastante completa.

Certamente, a aplicação futura do protocolo em outros estudos de caso ainda possibilitará a comparação dos mesmos com procedimentos iguais, proporcionando o aumento de dados reais disponíveis. Além disso, também permitirá o aprimoramento da própria metodologia ao longo do tempo. Mais estudos na área são importantes, especialmente monitorando os edifícios no pós-*retrofit* e verificando possíveis correções a serem feitas nos projetos.

## 6. Agradecimentos

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro nesta pesquisa.

## 7. Referências

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. 90.1: Energy Standard for Buildings. ASHRAE, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISSO/CIE 8995-1: Iluminação de Ambientes de Trabalho. Parte 1:Interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 15.575: Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BRASIL – Secretária de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instrução Normativa nº 02, de 04 de junho de 2014. Brasília, 2014.

DUBOIS, Marie-claude; GENTILE, Niko; AMORIM, Claudia Naves David; OSTERHAUS, Werner; STOFFER, Sophie; JAKOBIK, Roman; GEISLER-MORODER, David; MATUSIAK, Barbara; ONARHEIM, Fredrik Martens; TETRI, Eino. Performance Evaluation of Lighting and Daylighting Retrofits: results from iea shc task 50. Energy Procedia, [s.l.], v. 91, p. 926-937, jun. 2016. Elsevier BV.



<http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2016.06.259>.

EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION – EVO. International Performance Measurement & Verification Protocol (IPMVP). Vol. 1-3: 2003.

ELETRÓBRÁS; PROCEL. Manual para Etiquetagem de Edificações Públicas. 2014. Disponível em: [http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual\\_Etiquetagem\\_Edificacoes\\_Publicas.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual_Etiquetagem_Edificacoes_Publicas.pdf). Acesso em: 14 jun. 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE. Balanço Energético Nacional 2017: ano base 2016. Relatório Final. Rio de Janeiro: MME, 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE. Balanço Energético Nacional 2019: ano base 2018. Relatório Final. Rio de Janeiro: MME, 2018. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-470/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%20BEN%202019%20Ano%20Base%202018.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2020.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - CEN. EN 12464-1: Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places. 2002.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - CEN. PrEN 15193: Energy Performance of Buildings - Energy Requirements for Lighting. 2014.

FISK, William J. Health and productivity gains from better indoor environments and their relationship with building energy efficiency, Annual Review of Energy and the Environment. 2000. v.25, p. 537-566. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.energy.25.1.537> Acesso em: 14 jun. 2020.

GENTILE, Niko; DUBOIS, Marie-claude; OSTERHAUS, Werner; STOFFER, Sophie; AMORIM, Cláudia Naves David; GEISLER-MORODER, David; JAKOBIAK, Roman. A toolbox to evaluate non-residential lighting and daylighting retrofit in practice. Energy And Buildings, [s.l.], v. 123, p. 151-161, jul. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.04.026>.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. Task 50 - Advanced Lighting Solutions for Retrofitting Buildings. T50.D3: Monitoring protocol for lighting and daylighting retrofits - A Technical Report of IEA SHC Task 50. 2016. Disponível em: [http://task50.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Technical\\_Report\\_T50\\_D3\\_final.pdf](http://task50.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Technical_Report_T50_D3_final.pdf). Acesso em: 14 jun. 2020.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. SDG7: Data and Projections. Relatório Técnico. 2017. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/sdg7-data-and-projections>. Acesso em: 14 jun. 2020.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. Daylighting of Non-Residential Buildings. Position Paper. 2019. Disponível em: <https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/IEA-SHC-Daylighting-Non-Residential-Buildings-Position-Paper.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2020.

JACOBI, Pedro. Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade. Cadernos de Pesquisa, São Paulo, v. 118, p. 189-205, mar. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cp/n118/16834.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2020.

LEMOS, L. Eficiência Energética em Edificações: avaliação comparativa de qualidade da iluminação e custos de retrofit. Relatório Final PIBIC, Universidade de Brasília, DF, 2017.

NICOLETTI, Ana Maria Abrahão. Eficiência energética em um ministério da Esplanada em Brasília: propostas para retrofit de envoltória. Dissertação. Programa de Pós Graduação em Arquitetura e



Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

PAIXÃO, Marina. Monitoramento da Satisfação do Usuário na Avaliação da Qualidade da Iluminação em Edifícios Reais. Relatório Final do Programa de Iniciação Científica, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

PROCEL. Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/services/procel-info/Simuladores/DownloadSimulator.asp?DocumentID=%7B2FC65B57%2D33B1%2D47F7%2DAB3A%2DE44B1A18DF5D%7D&ServiceInstUID=%7B5E202C83%2DF05D%2D4280%2D9004%2D3D59B20BEA4F%7D>. Acesso em: 14 jun. 2020.

PROCEL EDIFICA. RTQ-C: Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos. Brasília: PROCEL Edifica, 2010.

REBELO, Marina. Monitoramento do Conforto Visual com foco em ofuscamento e direcionalidade na avaliação da Qualidade da Iluminação em Edifícios Reais. Relatório Final PIBIC - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

SOUTO, Bárbara. Estudo de Caso de Eficiência Energética em Edificações: avaliação comparativa entre monitoramento e etiquetagem PBE Edifica. Relatório Final PIBIC - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

VEITCH, Jennifer A. Lighting for well-being: a revolution on lighting? In: 2nd CIE Expert Symposium on Lighting and Health. 2006, Ottawa. Proceedings. Viena: Áustria: CIE, 2006. v. 13, p. 56 - 61. Disponível em: <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/accepted/?id=344b162d-aca0-4cbe-a629-1a04161c10ab>. Acesso em: 25 jul. 2019

### **Cláudia Naves David Amorim**

Graduada e mestre em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília, doutora em Tecnologias Energéticas e Ambientais na Università degli Studi di Roma "La Sapienza", com tese desenvolvida no Politecnico di Milano (Italia) e Bavarian Centre for Applied Energy Research -ZAE Bayern - Wuerzburg (Alemanha). Professora Associada da Universidade de Brasília (UnB), atual coordenadora do Laboratório de Controle Ambiental (LACAM). Foi Vice Diretora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de 2011 a 2015 e coordenadora do Programa de Pós Graduação da FAU de 2011 a 2013. Atual Diretora de Pesquisa do Decanato de Pesquisa e Inovação da Universidade de Brasília. Coordenadora da Divisão 3 do CIE-Brasil (Comission Internationale del'Eclairage) e pesquisadora junto à IEA (International Energy Agency), tendo participado na Task 50 e atualmente na Task 61. Consultora adHoc do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), parecerista da FAPESP, integrante da Secretaria Técnica do Procel/Edifica e do Grupo Técnico de Edificações do MME, participando da elaboração do Regulamento Técnico para Etiquetagem de Eficiência Energética de Edifícios. Coordenadora do grupo de pesquisa "Qualidade Ambiental, eficiência energética e Iluminação no Espaço Construído", tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em sustentabilidade e qualidade ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: Iluminação natural, conforto ambiental, eficiência energética, projeto de arquitetura, reabilitação de edifícios e simulação computacional.

**Contribuição de autoria:** Fundamentação teórico-conceitual e problematização; Pesquisa de dados e análise estatística; Elaboração e redação do texto; Seleção das referências bibliográficas; Revisão do texto.





## **Bárbara Kelly Silva de Souto**

Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília (2018).

**Contribuição de autoria:** Fundamentação teórico-conceitual e problematização; Pesquisa de dados e análise estatística; Elaboração de figuras e tabelas; Fotos; Elaboração e redação do texto.

## **Ayana Dantas de Medeiros**

Arquiteta e urbanista (UNIFOR, 2015), com mobilidade acadêmica internacional na Universidade de Coimbra (Portugal, 2011-2012). Atuou em escritórios de arquitetura e exerceu a docência (DAU/UFRR, 2016-2018), lecionando, entre outras disciplinas, Projeto Arquitetônico e Conforto Ambiental. Especialista em Projetos de Iluminação (ESP, 2018) e em Docência para o Ensino Superior (UNIP, 2020), é mestre em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília (2020), onde encontra-se em doutoramento na área de Tecnologia, Ambiente e Sustentabilidade. Foi pesquisadora da Fundação de Apoio a Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF) e da Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos (FINATEC), participando da coordenação do projeto LabZero UnB, classificado e aprovado na Chamada Pública NZEB Brasil (PROCEL EDIFICA, 2020). Atualmente, é pesquisadora no Laboratório de Controle Ambiental e Eficiência Energética (LACAM FAU UnB), com ênfase em ventilação e iluminação natural, envolvida em estudos da International Energy Agency, docente no curso de Arquitetura e Urbanismo (UNIPLAN) e colaboradora do Tribunal Regional Federal (1º Região), na Divisão de Engenharia.

**Contribuição de autoria:** Fundamentação teórico-conceitual e problematização; Elaboração de figuras e tabelas; Revisão do texto.

**Como citar:** AMORIM, Cláudia Naves David, SOUTO, Bárbara Kelly Silva de, MEDEIROS, Ayana Dantas de. Qualidade da iluminação e eficiência energética em edifícios públicos: análise comparativa de soluções de retrofit. Revista Paranoá.n. 29, jan/jun 2021. DOI 10.18830/issn.1679-0944.n29.2021.10

**Editores responsáveis:** Carolina Pescatori e Maria do Carmo de Lima Bezerra.