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

Aplicação de eficiência energética em projeto de retrofit de sistema de iluminação

Application of energy efficiency in lighting system retrofit project

Bianca Beatriz Silva Corrêa
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil | bianca-correa@hotmail.com
Klayton Marcondes Ferreira
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil | kmferreira1@gmail.com
Ana Beatriz Rocha Sousa
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil | beatriz_rsousa@outlook.com
Ana Carolina Dias Barreto de Souza
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil | caroldias_arq@hotmail.com
Filipe Menezes de Vasconcelos
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil | filipe.vasconcelos01@gmail.com
Maria Emília de Lima Tostes
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil | tostes@ufpa.br
Carminda Célia Moura de Moura Carvalho
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil | carminda@ufpa.br

Resumo

As edificações representam 50% do consumo da produção da energia elétrica do Brasil. O estudo propõe o retrofit do sistema de iluminação para um prédio público, buscando demonstrar a eficácia desse tipo de projeto que incorpora medidas de eficiência energética para a redução do consumo de energia, especialmente no contexto de um retrofit. Por meio de uma abordagem metodológica robusta, que inclui a coleta de dados in loco, simulação computacional e etiquetagem do sistema de iluminação por meio da INI-C, foi possível avaliar de forma precisa o impacto dessas intervenções na redução do consumo do sistema. Ao final, a aplicação da referida se mostrou efetiva, pois a redução de consumo foi de 68,15%, porcentual maior que o associado a edificações construídas que é de 30%, segundo a literatura. Realizou-se o cálculo dos custos associados à implementação e da viabilidade financeira, que mostra a viabilidade econômica do projeto, tendo um payback de 1,28 anos. Estes resultados mostram o potencial de redução de consumo da edificação e demonstram que o investimento nesse tipo de projeto propaga a eficiência energética e são benéficos para o conforto dos usuários do local, pois demonstra com dados palpáveis a redução de consumo de projetos que associam retrofit e eficiência energética.

Palavras-chave: Eficiência energética. INI-C. Retrofit. Sistema de iluminação. Viabilidade financeira.

Como citar:
CORRÊA, B. B. S. et.al. Aplicação de eficiência energética em projeto de retrofit de sistema de iluminação. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

Abstract

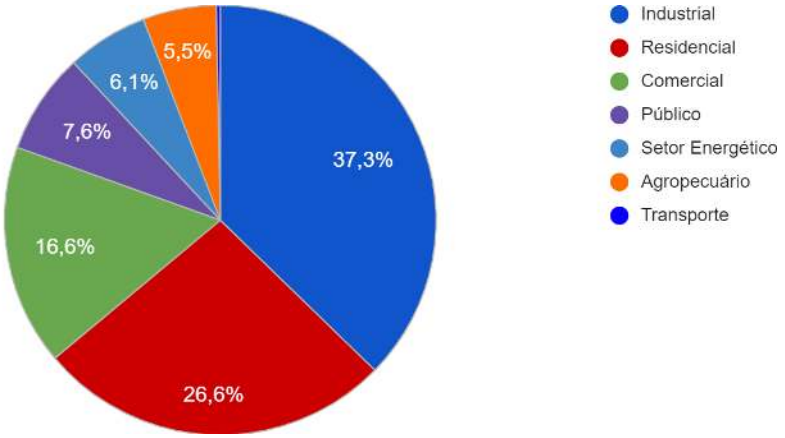
Buildings account for 50% of Brazil's electrical energy consumption. This study proposes a retrofit of the lighting system in a public building to demonstrate the effectiveness of such projects, which incorporate energy efficiency measures to reduce energy consumption, particularly in the context of retrofitting. Using a robust methodological approach, comprising on-site data collection, computational simulation, and lighting system labeling according to INI-C, it was possible to accurately assess the impact of these interventions on reducing system consumption. Ultimately, the retrofit was effective, achieving a 68.15% reduction in consumption, which is higher than the 30% reduction typically associated with new constructions, according to the literature. The calculation of associated costs and financial viability confirms the project's economic feasibility, with a payback period of 1.28 years. These results underscore the potential for reducing consumption in buildings and demonstrate that investing in such projects promotes energy efficiency and enhances user comfort, providing tangible evidence of the benefits of combining retrofit and energy efficiency measures.

Keywords: Energy efficiency. INI-C. Retrofit. Lighting system. Financial viability.

INTRODUÇÃO

A eficiência energética tem se tornado um tema de grande relevância no contexto global, especialmente em relação às edificações, que são responsáveis por uma parcela significativa do consumo de energia. Segundo o Balanço Energético Nacional 2023 (ano base 2022), Figura 1, o setor de edificações representa a parcela de 50,8% (soma dos setores residencial, comercial e público), deste total são desconsideradas construções com fins de produções, pois não são contemplados na avaliação de conformidade adotada para realizar a análise do estudo de caso [1][2].

Figura 1: Participação setorial no consumo de eletricidade.



Nota: O setor de transporte representa 0,3%. Fonte: Balanço Energético Nacional 2023 ano base 2022 [1].

A eficiência energética em edificações refere-se ao uso racional e inteligente de energia, com o objetivo de minimizar desperdícios e otimizar ao máximo o desempenho dos diversos sistemas de consumo energético presentes em uma construção. Em uma edificação típica, os principais consumidores de energia incluem sistemas de iluminação, climatização, aquecimento de água, além de uma vasta gama de equipamentos elétricos e eletrônicos que são essenciais para o funcionamento cotidiano. Melhorar a eficiência energética envolve tanto a adoção de tecnologias mais modernas e eficientes quanto a implementação de práticas operacionais que reduzam

o consumo de energia de maneira eficaz, sem comprometer o conforto e a funcionalidade do ambiente [1][3].

Com o aumento significativo das preocupações ambientais e a crescente necessidade de economizar energia, a etiquetagem de edificações emergiu como uma ferramenta crucial para promover a adoção de práticas mais eficientes. Este artigo propõe-se a explorar o conceito de eficiência energética aplicada às edificações, com um foco especial no papel da etiquetagem como um importante instrumento de avaliação e incentivo à melhoria contínua [3].

No Brasil, a etiquetagem de edificações como parte integrante do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) é uma iniciativa que visa incentivar amplamente a adoção de práticas mais eficientes em construções de diversas naturezas. Com a publicação da Instrução Normativa Nº 2, de 4 de junho de 2014, tornou-se obrigatória a certificação de nível A para todos os sistemas em edifícios da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, tanto para novas edificações quanto para aquelas que passam por processos de reforma. Dessa forma, a Biblioteca Central Prof. Dr. Clodoaldo Fernando Ribeiro Beckmann tornou-se o foco deste estudo específico. De acordo com a bibliografia disponível, edificações que passaram por um processo de retrofit têm o potencial de reduzir o consumo energético em até 30% [3][4].

Este artigo apresenta um estudo de caso abrangente sobre a eficiência energética aplicada na proposta de retrofit do sistema de iluminação da Biblioteca Central da Universidade Federal do Pará (UFPA). Este estudo inclui uma análise detalhada da viabilidade financeira desta intervenção, com o objetivo de alcançar a etiquetagem do sistema no nível A, conforme os critérios estabelecidos pela Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) de 2022. Além de abordar a análise financeira, o artigo também discute os benefícios ambientais e operacionais esperados com a implementação de tais melhorias, ressaltando a importância de políticas públicas e regulamentações que incentivam práticas sustentáveis e eficientes em todo o país.

METODOLOGIA

A metodologia aplicada no estudo de eficiência energética para o retrofit do sistema de iluminação da Biblioteca Central da Universidade Federal do Pará envolveu várias etapas detalhadas para assegurar a precisão e a relevância dos resultados obtidos. As secções seguintes descrevem as etapas principais do processo metodológico utilizado.

LEVANTAMENTO DE DADOS

Foram realizadas visitas técnicas à Biblioteca Central para coletar informações detalhadas sobre o sistema de iluminação existente, essas visitas foram realizadas no ano de 2022 por 4 meses devido à dimensão da edificação.

As informações coletadas foram passadas para planilhas onde foram coletados dados como potência (W), modelo, tipo, temperatura de cor (K), lumens (lm), tamanho, tipo de encaixe. Essas informações foram catalogadas e organizadas.

ANÁLISE DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO EXISTENTE

Os dados coletados foram analisados para determinar a eficiência do sistema de iluminação atual, considerando os parâmetros como o nível de iluminância de cada ambiente, conforme a NBR ISO 8995 - ILUMINAÇÃO EM AMBIENTES DE TRABALHO, que estabelece os requisitos mínimos para cada ambientes de trabalho, além disso, foram analisados os pré-requisitos de conformidade estabelecidos pela INI-C de 2022 [5].

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PROPOSTO

Considerando exclusivamente os dados relativos aos ambientes da edificação, procedeu-se ao dimensionamento do novo sistema de iluminação. Para tanto, utilizou-se o Método dos Lúmens, que possibilita calcular a quantidade exata de luz necessária para alcançar os níveis de iluminância desejados em cada espaço. Complementarmente, foi empregado o software DIA Lux Evo para simular o novo layout de iluminação, garantindo que este estivesse em conformidade com as normas de iluminação vigentes. Todos os requisitos estabelecidos pela INI-C foram rigorosamente seguidos.

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A eficiência energética do sistema existente e do proposto é avaliada conforme a INI-C de 2022. A classificação envolve a comparação dos consumos energéticos existente e proposto com o modelo de referência obtido a partir da normativa de conformidade, permitindo verificar a redução do consumo de energia e a melhora na classificação de eficiência [5][6].

RETORNO FINANCEIRO

O custo total do projeto de retrofit foi calculado considerando os preços dos equipamentos, instalação e descarte das luminárias antigas (orçamentos obtidos na região em que é localizada a edificação), utilizando a base de preços do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) para o estado do Pará. A economia anual de energia foi calculada com base nas tarifas do grupo A4 na modalidade verde, proporcionando uma estimativa clara do retorno do investimento (payback). O tempo de retorno do investimento foi determinado com base na economia anual de energia proporcionada pela substituição das luminárias e pela implementação de sistemas de automação e sensores de presença.

ESTUDO DE CASO

A Biblioteca Central da Universidade Federal do Pará (UFPA), Figura 2, é localizada na Cidade Universitária José da Silveira Neto. Ela faz parte do Sistema de Bibliotecas (SIBI)

da UFPA composto por 37 unidades que englobam diversas áreas do conhecimento [7].

Figura 2: Biblioteca Central da Universidade Federal do Pará.



Fonte: autores.

A infraestrutura da Biblioteca Central da UFPA, contando com aproximadamente 66 servidores, atende cerca de 1.500 pessoas diariamente, incluindo alunos, professores e técnicos [7].

A instituição tem como objetivo contribuir para o avanço dos programas de ensino, pesquisa e extensão, beneficiando tanto a comunidade universitária quanto a sociedade em geral [7].

Devido ao grande número de atividades e ao intenso fluxo de pessoas, é fundamental que as instalações da biblioteca sejam bem mantidas e atendam aos padrões de eficiência energética exigidos para edificações públicas [7].

SISTEMA DE ILUMINAÇÃO EXISTENTE

No sistema de iluminação atual da Biblioteca Central da UFPA foram encontrados vários problemas que impactam negativamente a eficiência energética e a qualidade da iluminação. O Quadro 1 apresenta as informações do sistema de iluminação existente.

Quadro 1: Luminárias e lâmpadas do sistema de iluminação existente

Tipo	Luminária	Lâmpada	Quant.
Tipo 1	Luminária para 4 lâmpadas tubulares 127V	Lâmpada Ecolume T8 32W	354
Tipo 2	Luminária para 2 lâmpadas tubulares 127V	Lâmpada Osram FO 32W	6
Tipo 3	Luminária para 2 lâmpadas tubulares 127V	Lâmpada Alumbra Halof T8 32W	141
Tipo 4	Luminária para 1 lâmpada tubular 127V	Lâmpada Philips TL 110W de 240cm	643
Tipo 5	Luminária para 2 lâmpadas tubulares 127V	Lâmpada Empalux FT8 32W 6400k	9
Tipo 6	Luminária para 1 lâmpada tubular LED 127V	Lâmpada Brilia T8 Tubular LED	6
Tipo 7	Bocal para 1 lâmpada	Lâmpada Compacta Fluorescente 23W	13
Tipo 8	Bocal para 1 lâmpada	Lâmpada Bulbo Led 7W	4
Tipo 9	Pendente para 1 lâmpada	Lâmpada Fluorescente Espiral Philips 45W	15

Fonte: autores.

A maioria do sistema é composto por lâmpadas fluorescentes consomem uma quantidade significativa de energia, o que resulta em altos custos operacionais e possuem uma vida útil relativamente curta comparada às opções mais modernas, como as luminárias LED. A manutenção do sistema de iluminação é dificultada pela alta frequência de falhas e a necessidade de reposição constante das lâmpadas fluorescentes (Figura 2 à esquerda e à direita acima)

Em diversas áreas da biblioteca, os níveis de iluminância não estão de acordo com os padrões estabelecidos pela NBR ISO 8995, comprometendo o conforto visual e a eficiência das atividades realizadas no local (Figura 2 à esquerda e à direita abaixo) [5].

Figura 2: Sistema de iluminação Biblioteca Central



Fonte: autores.

O sistema atual carece de funcionalidades automatizadas, tais como sensores de presença e controles de dimmer. A inclusão desses elementos poderia otimizar significativamente a utilização da iluminação artificial, ajustando-a de acordo com a ocupação e as necessidades específicas de cada ambiente. Com a implementação desses mecanismos, seria possível alcançar uma gestão mais eficiente do consumo de energia, proporcionando uma iluminação adequada em momentos e locais precisos, e assim evitando desperdícios [4][5].

DIMENSIONAMENTO SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO PROPOSTO

Após definir as luminárias utilizadas no novo sistema de iluminação foi definida a quantidade de luminárias por ambiente baseado no Método dos Lumens, garantindo uma iluminação eficiente e que permita o desenvolvimento das atividades nos ambientes (NBR 8995). Alguns ambientes foram simulados no software DIA Lux EVO para realizar o cálculo luminotécnico e a distribuição das luminárias [5].

Quadro 2: Luminária do sistema de iluminação proposto

Tipo	Luminária	Fluxo luminoso (lm)	Potência (W)
Tipo 1	Luminária LAA02-E3500850	3.590	35
Tipo 2	Luminária LAA01-E1750850	1.795	17,5
Tipo 3	Luminária LHT04-E3500850	4.010	35
Tipo 4	Luminária LAN02-S3500840	4.070	35
Tipo 5	Luminária EF83 – E2000850	1.780	18,5
Tipo 6	Luminária LCN13-S8000850	8.215	70

Fonte: LUMICENTER [8][9][10][11][12][13].

Alguns ambientes foram simulados no software DIA Lux EVO para realizar o cálculo luminotécnico e a distribuição das luminárias (Figura 3), devido às estantes que se tornam um obstáculo para a propagação da luz.

Figura 3: Simulação no DIA Lux EVO



Fonte: autores.

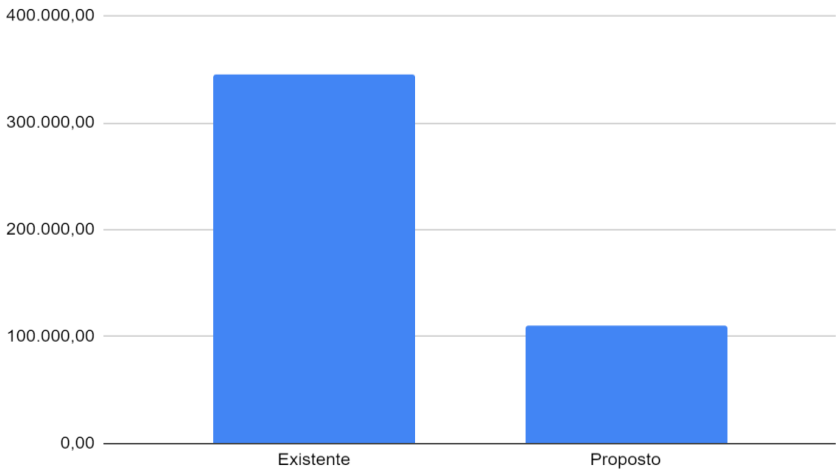
Foram propostos a instalação de sensores que permitem a programação do desligamento em 4 minutos, 1 minuto ou 5 segundos. A capacidade é de um conjunto de até 7 lâmpadas LED na tensão de 127 V ou 220 V [14].

Para atender o pré-requisito em ambientes internos com 250 m2 ou mais de área utilizou-se de um sistema de desligamento programado com Controlador Lógico Programável (CLP). A programação pode ser feita a partir do horário de funcionamento da edificação, podendo ser alterada caso haja necessidade. Como complemento ao CLP utilizou-se o interruptor pulsador que permite o acionamento ou desligamento do sistema de iluminação independente da automação [2].

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Utilizando a metodologia da INI-C, o sistema de iluminação atual da Biblioteca foi classificado com a nota C, apresentando um consumo total de 98.709,07 Watts. A proposta de retrofit, por outro lado, alcançou a classificação A, com um consumo reduzido para 30.542,8 Watts. Isso resultou em uma redução de 68,15% no consumo anual de energia, passando de 345.204 kWh para 109.954,08 kWh [2].

Figura 4: Participação setorial no consumo de eletricidade



Fonte: autores.

ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA DO PROPOSTO

A análise de viabilidade financeira foi crucial para determinar a praticidade da implementação do projeto de retrofit. O investimento inicial necessário foi estimado em R$371.761,40 (Trezentos e setenta e um mil setecentos e sessenta e um reais e quarenta centavos), que inclui custos com equipamentos, instalação e descarte adequado das luminárias antigas.

A economia anual de energia foi calculada com base nas tarifas do grupo A4 na modalidade verde, resultando em um retorno do investimento (payback) de 1,28 anos., ou seja, em um pouco mais de 15 meses o investimento inicial será completamente recuperado através dos fluxos de caixa gerados pelo projeto. Ao final de 20 anos, o saldo acumulado de economia seria de R$10.847.157,23 (Dez milhões, oitocentos e quarenta e sete mil, cento e cinquenta e sete reais e vinte e três centavos).

CONCLUSÃO

O trabalho aborda a eficiência energética em edificações, focando na etiquetagem de eficiência e no retrofit de sistemas de iluminação. A motivação para o estudo foi a grande potencialidade de redução de consumo e a obrigatoriedade de etiquetagem para prédios públicos. O estudo concentrou-se na Biblioteca Central da Universidade Federal do Pará, que não atendia aos pré-requisitos para a classificação A e apresentava problemas na iluminação.

Foi proposto um retrofit utilizando lâmpadas LED e ajustando os acionamentos dos ambientes para atender aos requisitos da Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C). O sistema existente obteve a classificação C e consumo de 98.709,07 Watts, enquanto o sistema proposto obteve classificação A, com um consumo reduzido a

30.542,8 Watts, representando uma economia de 68,15% no consumo e uma redução anual de 109.954,08 kWh. O custo total do novo sistema foi de R$371.761,40 (Trezentos e setenta e um mil setecentos e sessenta e um reais e quarenta centavos), com um payback de 1,28 anos e um saldo acumulado de R$10.847.157,23 (Dez milhões, oitocentos e quarenta e sete mil, cento e cinquenta e sete reais e vinte e três centavos) após 20 anos. O trabalho demonstrou que a etiquetagem é um método eficaz para promover eficiência energética.

Embora a etiquetagem de eficiência energética tenha benefícios claros, enfrenta desafios como a resistência inicial ao investimento em retrofit e a necessidade de maior conscientização dos proprietários e gestores de edificações. Programas de incentivo e campanhas educativas podem ajudar a superar esses obstáculos.

É válido destacar que a etiquetagem não é um processo estático; é importante realizar monitoramentos periódicos para garantir que a edificação continue a operar dentro dos parâmetros de eficiência energética estabelecidos. Revisões e novas avaliações podem ser necessárias em caso de reformas ou mudanças significativas no uso da edificação.

No futuro, espera-se que a etiquetagem de eficiência energética se torne cada vez mais integrada a outras práticas sustentáveis, como a certificação de edificações verdes, ampliando seu impacto positivo no setor da construção civil.

REFERÊNCIAS

[1] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Balanço Energético Nacional 2023: ano base 2022**. Rio de Janeiro: EPE, 2023. 274 p.

[2] INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. Portaria no 309, de 06 de setembro de 2022. **INI-C: Instrução Normativa INMETRO para a Classe de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. São Paulo, 2022

[3] HADDAD, Jamil. **A lei de eficiência energética e os possíveis impactos nos setores produtivos**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, março de 2002, Campinas. Disponível em: < https://bityli.com/hXAyq >. Acesso em: 09 Mar. 2024.

[4] LAMBERTS, Roberto; RUTTKAY, Pereira, Fernando Oscar. **Eficiência energética na arquitetura**. 3ª ed, f. 366. 2013. 167 p.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. ISO 8995-1:2002 - Iluminação de ambientes de trabalho internos - Parte 1: Princípios gerais**. Rio de Janeiro, 2002

[6] PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM DE EDIFICAÇÕES. **MUNUAL ENCE-C**. 7 p. Disponível em: https://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files-/MANUAL_ENCE.pdf. Acesso em: 6 jun. 2022.

[7] UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**. Relatório Anual de Atividades da Biblioteca Central 2021**. Disponível em:< http://bc.ufpa.br/wp-content/uploads/2022/04/RAA-2021 -BC.pdf >. Acesso em: 12 mai. 2024.

[8] LUMICENTER. CATÁLOGO DE PRODUTOS: **EF83-E**. Disponível em: https://www.lumicenteriluminacao.com.br/catalogo/ef83-e-p5832/. Acesso em: 15 abr. 2024.

[9] LUMICENTER. CATÁLOGO DE PRODUTOS: **LAA01-E/EAA02-E**. Disponível em: https://www.lumicenteriluminacao.com.br/catalogo/laa01-e-p1115/. Acesso em: 15 abr. 2024.

[10] LUMICENTER. CATÁLOGO DE PRODUTOS: **LAA02-E/EAA02-E**. Disponível em: https://www.lumicenteriluminacao.com.br/catalogo/laa02-e-ou-eaa02-e-p1117/. Acesso em: 15 abr. 2024.

[11] LUMICENTER. CATÁLOGO DE PRODUTOS: **LCN13-S**. Disponível em: https://www.lumicenteriluminacao.com.br/catalogo/lcn13-s-p1146/. Acesso em: 01 maio 2024.

[12] LUMICENTER. CATÁLOGO DE PRODUTOS: **LAN02-S/EAN02-S**. Disponível em: https://www.lumicenteriluminacao.com.br/catalogo/lan02-s-ou-ean02-s-p1133/. Acesso em: 01 abr. 2024.

[13] LUMICENTER. CATÁLOGO DE PRODUTOS: **LHT04-E/EHT04-E**. Disponível em: https://www.lumicenteriluminacao.com.br/catalogo/lht04-e-p1166/. Acesso em: 15 abr. 2022.

[14] MARGITIUS. **SENSORES DE PRESENÇA**: Sensor de presença interno de embutir teto gesso. https://www.margirius.com.br/produto/sensor-de-presenca-interno-de-embutir-teto-gesso/. Acesso em: 05 abr. 2024.