

**CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UMA EDIFICAÇÃO: APLICAÇÃO DA INI-C NO  
PRÉDIO DA ENGENHARIA MECÂNICA**

**Matheus Ribeiro da Silva** – matheusrisi@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Mecânica, www.ufrgs.br

**Crissiane Alves Ancines** – crissianeaa@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Mecânica, www.ufrgs.br

**Letícia Jenisch Rodrigues** – leticia.jenisch@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Mecânica, www.ufrgs.br

L3 - Cálculo, Projeto e Simulação Termo Energética

**Resumo.** *Através do método simplificado proposto pela nova Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C), este trabalho busca obter uma avaliação precisa e atualizada da eficiência energética do prédio do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com o intuito de classificá-lo conforme os critérios estabelecidos pela INI-C, identificando pontos com potencial de melhoria. Por meio da comparação do consumo real da edificação com uma edificação de referência, são avaliados os sistemas de iluminação, condicionamento de ar e a envoltória, requisitos para a obtenção da ENCE geral. O sistema de iluminação apresenta um percentual de redução de consumo de 54,22%, podendo ser classificado como A. Todavia, não cumpre com o pré-requisito de contribuição da luz natural e recebe classificação B. Apresentando um percentual de redução de carga térmica de 20,91%, a envoltória é classificada com o nível de eficiência energética A. Este resultado deve-se, em parte, à baixa transmitância térmica das paredes externas e pisos quando comparados ao modelo de referência. O sistema de condicionamento de ar, por sua vez, apresenta um percentual de redução de consumo de 38,82% e é classificado com o nível B de eficiência energética. Porém, destaca-se que as informações acerca das máquinas são escassas e o resultado tem como base um CEE R médio estimado em 3,36. A edificação apresenta um percentual de redução de consumo de energia primária de 35,34%, sendo classificada com o nível B. Este valor é suficiente para atingir o nível A, porém a edificação não atende aos pré-requisitos no sistema de iluminação e não há como conferir os pré-requisitos do sistema de condicionamento de ar. Para elevar a classificação geral da edificação é necessário que sejam feitas intervenções em ambos os sistemas. As alterações no sistema de iluminação apresentam relativa fácil execução. Já as alterações no sistema de condicionamento de ar são mais onerosas, exigindo um estudo de viabilidade.*

**Palavras-chave:** *Eficiência energética, INI-C, ENCE*

## 1. INTRODUÇÃO

Para contribuir com a racionalização no uso de energia, o governo federal instituiu o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). O programa proporciona à população acesso às informações sobre o desempenho dos produtos em relação ao seu consumo de energia elétrica, de derivados de petróleo, de gás natural e outros atributos, de forma simples e objetiva, por meio da utilização da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). Essa medida permite que as pessoas tomem decisões de compra mais conscientes, optando pelo produto mais eficiente, ao mesmo tempo em que fomenta a competitividade no setor industrial. No contexto das edificações, o PBE conta com a coordenação e parceria da Eletrobras, por meio do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), dando origem ao Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL Edifica). Este subprograma tem como objetivo promover, nas construções, a gestão eficiente do consumo de energia elétrica, bem como a preservação e a utilização otimizada dos recursos naturais, como água, iluminação e ventilação (INMETRO, 2021a), dando origem ao Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica). Buscando melhorias no método de avaliação de eficiência energética de edificações, em setembro de 2022, a Portaria nº 309 foi publicada pelo Ministério da Economia e pelo INMETRO em substituição ao Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Em seu texto, é apresentada a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C), que apresenta uma metodologia moderna de avaliação, classificação e etiquetagem de edificações (PBE Edifica, 2022).

Ao analisar um mesmo edifício através dos métodos RTQ-C e INI-C, Andrade (2022) afirma que a nova metodologia é mais precisa por possuir um maior número de parâmetros pré-estabelecidos para as variáveis necessárias no desenvolvimento dos modelos. Tal diferença foi confirmada ao obter-se níveis diferentes de eficiência energética para a edificação. Em um estudo similar, Campos (2021) verificou que a nova metodologia trata-se de um método mais moderno, que surgiu da necessidade de corrigir as limitações e distorções do método antigo.

Visando incentivar o uso de prédios históricos, Silva (2019) classificou, através da INI-C, uma edificação tombada na cidade de Florianópolis. Em seu estudo, constatou que a troca do isolamento da cobertura, a modernização do sistema

de iluminação com lâmpadas LED e a substituição dos vidros por vidros laminados garantiriam uma redução de 15% na carga térmica de refrigeração da edificação. Tal análise torna-se viável devido à facilidade e à praticidade na alteração dos parâmetros dos elementos construtivos da edificação durante a aplicação do método. Essa flexibilidade é possível quando todas as informações sobre as características da edificação já foram levantadas.

Ao estudar uma edificação do tipo universidade, Rosa (2021) destaca a facilidade de testar diversas estratégias para aumentar a eficiência energética, tudo isso antes mesmo de sua implementação. Esse aspecto da metodologia estabelece condições para que estudos com diferentes objetivos sejam realizados, fundamentando a tomada de decisão tanto de quem pretende melhorar as condições de uma edificação histórica quanto de quem está projetando uma nova. Vieira (2022) demonstrou a utilidade da análise ao estudar a viabilidade de um empreendimento hoteleiro em duas cidades diferentes, identificando quais medidas de eficiência energética seriam realmente eficazes e necessárias em cada uma delas.

## 2. METODOLOGIA

A classificação geral e dos sistemas individuais é determinada pelo percentual de redução de consumo da edificação real em relação à edificação na condição de referência, que representa a classificação D. Os resultados são confrontados com uma escala de eficiência energética, conforme Tab. 1. A escala é criada com base no consumo de referência para classificação D, sendo o limite inferior da classe D equivalente a um percentual de redução de consumo ( $RedC$ ) de 0%. O intervalo entre as classes é representado pelo coeficiente  $i$ . A classe D, por exemplo, consiste em reduções de consumo maiores ou iguais a 0%, e menores ou iguais a  $i$ . Já a classe C, consiste em reduções superiores a  $i$  e iguais ou inferiores a duas vezes  $i$ .

Tabela 1. Escala de eficiência energética.

A	B	C	D	E
$RedC > 3i$	$3i \geq RedC > 2i$	$2i \geq RedC > i$	$3i \geq RedC > 0\%$	$RedC < 0\%$

A metodologia empregada na análise de eficiência energética da edificação segue o método simplificado da Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) (INMETRO, 2022a).

### 3.1 Método simplificado

Foram avaliados o sistema de iluminação, sistema de condicionamento de ar e a envoltória. Para edificações educacionais, como o Instituto Parobé, a avaliação do sistema de aquecimento de água pode ser desconsiderada.

A avaliação da edificação pode ser realizada utilizando dois métodos diferentes: o método simplificado e o método de simulação. Para o presente estudo optou-se pelo método simplificado, que consiste em uma avaliação com base em um metamodelo de análise, utilizando características geométricas do edifício, características dos materiais construtivos, características do sistema de condicionamento de ar e a potência instalada de iluminação e equipamentos.

### 3.2 Sistema de iluminação

Para a avaliação do sistema de iluminação, a INI-C dispõe de dois métodos diferentes: o método do edifício completo e o método das atividades. O primeiro deve ser utilizado em edifícios com no máximo três atividades principais, de forma que cada uma represente no mínimo 30% da área da edificação. O segundo método é utilizado para edificações que possuem, dentro dos seus limites, mais de três atividades. A tipologia do Instituto Parobé é de escola/universidade, portanto, o método do edifício completo foi utilizado.

Inicialmente, determinou-se a potência de iluminação limite nas condições de referência para classificação A ( $PI_{L,A}$ ) e para classificação D ( $PI_{L,D}$ ). Para tal, multiplicou-se a área total iluminada da edificação,  $AI$ , pelos respectivos valores de densidade de potência de iluminação para classificação A ( $DPI_{L,A}$ ) e de densidade de potência de iluminação para classificação D ( $DPI_{L,D}$ ), instituídos pela INI-C para a tipologia escola/universidade. Para o cálculo, considerou-se uma área total iluminada de 3.556,86 m<sup>2</sup>, que corresponde a soma das áreas dos pavimentos, excluindo-se as áreas de parede e as áreas de circulação com iluminação natural. Obteve-se uma  $PI_{L,A}$  de 30.944,68 W e uma  $PI_{L,D}$  de 55.131,33 W.

Conforme a INI-C, a potência de iluminação total da edificação real ( $PI_{T,real}$ ) deve levar em consideração a potência de todos os conjuntos de luminárias instalados na edificação. Entretanto, devido à complexidade de realizar o levantamento completo dos sistemas de iluminação, optou-se por utilizar os dados estimados no estudo conduzido por Ribeiro (2022), que realizou a avaliação do desempenho energético do mesmo edifício seguindo a normativa anterior à INI-C, o RTQ-C. Assim, para estimar a densidade de potência de iluminação da edificação real ( $DPI_{real}$ ), tomou-se como referência a iluminação da sala 203, que possui 54,12 m<sup>2</sup> e um sistema de iluminação composto por doze lâmpadas fluorescentes com potência de 32 W cada. Isso resultou em uma densidade de potência de iluminação de 7,1 W/m<sup>2</sup>. Presumiu-se, então, que este valor se mantém constante para toda edificação. No entanto, vale ressaltar que as informações sobre a potência dos reatores das lâmpadas não estão disponíveis e, por essa razão, esse dado não foi considerado no cálculo. Ao multiplicar a densidade de potência de iluminação pela área total iluminada do prédio, obteve-se a potência de iluminação total da edificação real, que alcançou 25.237,14 W.

A INI-C estabelece que, para edificações de tipologia escola/universidade, o consumo de energia anual do sistema de iluminação deve ser calculado levando em consideração o uso durante oito horas diárias ao longo de duzentos dias por ano. Dessa forma,  $PI_{T,real}$ ,  $PI_{L,A}$  e  $PI_{L,D}$  foram multiplicados por oito horas e duzentos dias, e então divididos por mil. Resultando nos consumos de energia anual, na condição real ( $C_{IL,real}$ ) e nas condições de referência para classificação A ( $C_{IL,refA}$ ) e D ( $C_{IL,refD}$ ), expressos em kWh/ano, de 40.379,43 kWh/ano, 49.511,49 kWh/ano e 88.210,13 kWh/ano, respectivamente.

A classificação do sistema de iluminação foi determinada através de uma escala de eficiência energética, que varia do nível A ao nível E. A escala fundamenta-se no percentual de redução do consumo do sistema de iluminação,  $RedC_{IL}$ , em porcentagem, da edificação real em relação à edificação na condição de referência para classificação D. O cálculo, conforme a Eq. 1, resultou em um valor de 54,22 %.

$$RedC_{IL} = ((C_{IL,refD} - C_{IL,real})/C_{IL,refD}) * 100 \quad (1)$$

na qual,  $C_{IL,refD}$ , em kWh/ano, é o consumo do sistema de iluminação da edificação na condição de referência para classificação D e  $C_{IL,real}$ , também em kWh/ano, é o consumo do sistema de iluminação da edificação real, calculados anteriormente.

O limite dos intervalos entre os níveis de classificação, o coeficiente  $i$ , em porcentagem, foi calculado conforme a Eq. 2, resultando em 14,62 %.

$$i = \frac{((C_{IL,refD} - C_{IL,refA})/C_{IL,refD}) * 100}{3} \quad (2)$$

na qual,  $C_{IL,refA}$ , é o consumo do sistema de iluminação da edificação na condição de referência para classificação A, em kWh/ano, também calculado anteriormente.

Por fim, foram avaliados os requisitos de elegibilidade para a classificação A. A INI-C estabelece três critérios para alcançar essa classificação. O não atendimento a esses requisitos limita tanto a classificação do sistema de iluminação quanto a classificação geral da edificação, no máximo, até a categoria B.

O critério de contribuição da luz natural estabelece que ambientes com aberturas voltadas para o exterior devem dispor de controle para acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima da abertura, promovendo assim o melhor aproveitamento da luz natural disponível. Adicionalmente, é requerido que ambientes com área superior a 250 m<sup>2</sup> estejam equipados com um sistema de controle automático para o desligamento da iluminação. Além disso, cada ambiente deve ser provido de pelo menos um dispositivo manual para acionamento independente da iluminação, sendo instalado de forma facilmente acessível e de maneira que o usuário possa ter visibilidade do conjunto de iluminação que está sendo controlado. Foi observado que no Instituto Parobé, o sistema de iluminação conta unicamente com mecanismos manuais para acionar e desligar as luzes de forma independente em cada ambiente. Essa configuração implica que a classificação máxima atribuída ao edifício é de nível B.

### 2.3 Envoltória

Para que o método simplificado seja aplicado na avaliação da envoltória, é necessário que alguns parâmetros da edificação estejam de acordo com as condições de aplicabilidade do método. Os pré-requisitos são exibidos na Tab. 2. Caso as características da edificação não atendam a esses pré-requisitos, o método de simulação deve ser aplicado.

Para a avaliação de conformidade da edificação com os pré-requisitos, procedeu-se com a análise das plantas baixas fornecidas pela Superintendência de Infraestrutura (SUINFRA) da UFRGS (Bresolin; Ribeiro, 2023). Nos primeiros quatro pavimentos, o pé-direito (PD) dos ambientes apresentam considerável variação, assumindo valores que vão desde 2,89 m até 5,71 m. Contudo, no quinto pavimento, onde estão localizadas as cúpulas, o pé-direito é de difícil medida devido à ausência de um teto plano e linear. Diante dessa complexidade, optou-se por assumir um valor de pé-direito máximo de 6,6m.

O percentual de abertura da fachada (PAF) é a razão entre a área total das aberturas envidraçadas das fachadas e a área total da própria fachada. Para o cálculo, todas as aberturas que compõem a versão atual da envoltória do prédio foram consideradas. O resultado obtido foi um percentual de abertura da fachada de 11,68%. Os vidros foram especificados como simples, com uma espessura de 3 mm. Conforme Lamberts et al. (2013), a transmitância térmica (Uvid) e o fator solar (FS) de um vidro com essas características deveriam ser de 5,79 W/m<sup>2</sup>K e 0,87, respectivamente. Entretanto, em conformidade com a norma vigente, o valor adotado para a transmitância térmica foi de 5,7 W/m<sup>2</sup>K.

O ângulo vertical de sombreamento (AVS) e o ângulo horizontal de sombreamento (AHS) foram desconsiderados, uma vez que as plantas baixas não fornecem detalhes suficientes para analisá-los. Porém, é visível que ambos não extrapolam os limites estabelecidos. Já o ângulo de obstrução vizinha (AOV), que representa o sombreamento de uma edificação vizinha, é de utilização opcional na análise e, por esse motivo, também foi desconsiderado.

A densidade de potência de iluminação é a mesma calculada na avaliação do sistema de iluminação. Por padrão, a INI-C determina que a densidade de potência de equipamentos (DPE) para condição real e de referência devem ser iguais. Além disso, nos casos em que não há levantamento físico dos equipamentos instalados, deve-se utilizar o valor de referência para a tipologia. Dito isso, adotou-se o valor de 15 W/m<sup>2</sup> estabelecido pela norma.

Devido à dificuldade de se obterem informações a respeito dos materiais empregados nos elementos construtivos do prédio, utilizaram-se os dados do estudo conduzido por Carotenuto (2009), que realizou a análise termoenergética do antigo prédio do Instituto de Química da UFRGS, cuja inauguração se deu em 1926. Unindo tais informações com as plantas baixas, procedeu-se ao cálculo da transmitância térmica das paredes ( $U_{par}$ ), conforme as diretrizes estabelecidas pela ABNT NBR 15220-2 (ABNT, 2022). Para tal, considerou-se que as paredes externas são constituídas por duas camadas de argamassa com 2,5 cm de espessura, sendo uma externa e outra interna, e uma camada intermediária de 55 cm de tijolos maciços de barro, totalizando 60 cm de espessura. Para as paredes internas, que possuem uma espessura total de 20 cm, considerou-se uma camada intermediária de tijolos de 15 cm. Carotenuto (2009) destaca que os tijolos maciços possuem uma condutividade térmica ( $\lambda$ ) de 0,9 W/mK, enquanto a argamassa em questão exibe uma condutividade térmica de 1,15 W/mK. Obteve-se então uma transmitância térmica de 1,21 W/m<sup>2</sup>K para as paredes externas e de 2,63 W/m<sup>2</sup>K para as paredes internas. A fim de simplificar os cálculos, a espessura das juntas entre os tijolos foi desconsiderada.

Tabela 2. Limites dos parâmetros de avaliação da envoltória atendidos pelo método simplificado.

Parâmetros	Limites	
	Valor mínimo	Valor máximo
Absortância solar da cobertura ( $\alpha_{cob}$ )	0,2	0,8
Absortância solar da parede ( $\alpha_{par}$ )	0,2	0,8
Ângulo de obstrução vizinha (AOV)	0°	80°
Ângulo horizontal de sombreamento (AHS)	0°	80°
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	0°	90°
Capacidade térmica da cobertura ( $CT_{cob}$ )	10 kJ/(m <sup>2</sup> .K)	450 kJ/(m <sup>2</sup> .K)
Capacidade térmica da parede externa ( $CT_{par}$ )	40 kJ/(m <sup>2</sup> .K)	450 kJ/(m <sup>2</sup> .K)
Densidade de potência de equipamentos (DPE)	4 W/m <sup>2</sup>	40 W/m <sup>2</sup>
Densidade de potência de iluminação (DPI)	4 W/m <sup>2</sup>	40 W/m <sup>2</sup>
Fator solar do vidro (FS)	0,21	0,87
Pé-direito (PD)	2,6 m	6,6 m
Percentual de área de abertura de fachada (PAF)	0%	80%
Transmitância térmica da cobertura ( $U_{cob}$ )	0,51 W/(m <sup>2</sup> .K)	5,07 W/(m <sup>2</sup> .K)
Transmitância térmica da parede externa ( $U_{par}$ )	0,50 W/(m <sup>2</sup> .K)	4,40 W/(m <sup>2</sup> .K)
Transmitância térmica do vidro ( $U_{vid}$ )	1,9 W/(m <sup>2</sup> .K)	5,7 W/(m <sup>2</sup> .K)

Fonte: INI-C (INMETRO, 2022a).

O Instituto Parobé apresenta um esquema de cores complexo em sua envoltória, composto predominantemente por cores similares às das tintas acrílica fosca Azul Bali e acrílica fosca Pêssego. Levando em consideração a dificuldade de se obter a área de cobertura de cada cor, considerou-se a de maior absortância solar ( $\alpha$ ), a tinta acrílica fosca Azul Bali, que apresenta uma  $\alpha$  de 0,489 (Dornelles, 2008 apud INMETRO, 2022).

Por sua vez, a cobertura do edifício apresenta uma área total de 1097,14 m<sup>2</sup>. Desse total, uma área de 630,20 m<sup>2</sup> é composta por telhas de barro e forro de madeira (Carotenuto, 2009) e os 466,94 m<sup>2</sup> restantes são compostos por 2 cm de madeira dura revestida com cobre (Ribeiro, 2022). A transmitância térmica ( $U_{cob1}$ ) e a capacidade térmica ( $CT_{cob1}$ ) da maior área foram consideradas 2,02 W/m<sup>2</sup>K e 26 kJ/m<sup>2</sup>K, respectivamente. Tal informação baseia-se no catálogo de propriedades térmicas do Anexo Geral V da Portaria INMETRO nº 50/2013 (BRASIL, 2013), para uma cobertura composta por telhas de cerâmica, câmara de ar e forro de madeira. Para a menor área, que corresponde à parcela da cobertura onde estão localizadas as cúpulas, repetiu-se o procedimento de cálculo proposto pela ABNT NBR 15220-2 (ABNT, 2022). Desprezando-se o revestimento de cobre e considerando-se uma condutividade térmica de 0,29 W/mK, calor específico de 1,34 kJ/kgK e densidade de 1000 kg/m<sup>3</sup> para a madeira dura (Carotenuto, 2009), obteve-se uma transmitância térmica ( $U_{cob2}$ ) de 4,18 W/m<sup>2</sup>K e uma capacidade térmica ( $CT_{cob2}$ ) de 26,8 kJ/m<sup>2</sup>K. Ponderando os valores encontrados pelas áreas dos diferentes tipos de cobertura, obteve-se  $U_{cob}$  de 2,94 W/m<sup>2</sup>K e  $CT_{cob}$  de 26,34 kJ/m<sup>2</sup>K. Por fim, constatou-se que a absortância solar da cobertura composta por telhas cerâmicas é de 0,75 e da parte composta por cobre oxidado na cor verde clara é de 0,4 (ABNT, 2005a).

A avaliação de eficiência energética da envoltória, através do método simplificado, baseia-se na predição da carga térmica. Para que ela possa ser definida, é necessário que a edificação seja dividida em zonas térmicas. As zonas térmicas devem ser divididas levando em conta a tipologia, a orientação da fachada, as especificações técnicas do sistema de ar condicionado, o pé-direito, as áreas com piso em contato com o solo, com o pavimento inferior ou exterior e o tipo da cobertura. Uma zona térmica pode ser do tipo perimetral ou central. A primeira tem sua área limitada a uma distância de 4,50 m da face interna da parede em contato com o exterior, com tolerância de até 1,00 m. Já a segunda, compreende toda a área que não é considerada zona térmica perimetral. Alguns ambientes não foram considerados nessa divisão, sendo

eles, as áreas de circulação, corredores, halls, banheiros, depósitos, casa de máquinas e Museu do Motor, uma vez que estes são áreas de permanência transitória (APT) e não entram na avaliação de eficiência energética da envoltória.

A análise das plantas baixas do Instituto Parobé resultou na identificação de 88 zonas térmicas, das quais 73 são perimetrais e 15 são internas. Para cada uma dessas zonas, foram estabelecidos os seguintes parâmetros: pavimento (cobertura, intermediário ou térreo), área, pé-direito, orientação, PAF, DPI, propriedades térmicas da cobertura, do piso, dos vidros das paredes externas e, quando aplicável, das paredes internas. Os valores definidos para as paredes externas da envoltória foram aplicados para todas as zonas perimetrais, da mesma forma que os parâmetros referentes à cobertura foram estendidos às zonas do pavimento superior. Além disso, as propriedades térmicas do vidro foram aplicadas às aberturas em todas as zonas térmicas.

O piso das zonas térmicas intermediárias foi definido como uma composição de madeira garapeira de 2 cm, uma camada intermediária de concreto normal de 4 cm e uma camada de tijolo cerâmico oco de 8 cm. No caso do piso térreo, considerou-se uma camada de 2 cm de madeira garapeira e uma camada de argamassa com 18 cm de espessura (Carotenuto, 2009). Como consequência, obteve-se uma transmitância térmica de 2,40 W/m<sup>2</sup>K e uma capacidade térmica de 189,30 kJ/m<sup>2</sup>K para o piso intermediário, enquanto, para o piso térreo, encontrou-se uma transmitância térmica de 2,53 W/m<sup>2</sup>K e uma capacidade térmica de 386,8 kJ/m<sup>2</sup>K.

Com as zonas térmicas definidas, levantou-se os parâmetros gerais da edificação. Os parâmetros gerais da edificação são a zona bioclimática, a tipologia predominante, o sistema de fornecimento de eletricidade, o fator de forma (FF), a área construída e o percentual de horas ocupadas em conforto térmico. Porto Alegre, RS, está localizada na zona bioclimática 3, de acordo com o Anexo

A da ABNT NBR 15220-3 (ABNT, 2005b). O sistema de fornecimento de energia elétrica está ligado ao Sistema Interligado Nacional. O fator de forma, que é definido como a razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação, é de 0,26 e a área construída é de 5.152,48 m<sup>2</sup>. O percentual de horas ocupadas em conforto térmico deve ser obtido por meio de simulação ou usando o metamodelo, específico para esse propósito, fornecido pela INI-C. Devido à complexidade do processo de simulação e às limitações associadas ao uso do metamodelo, optou-se por não incluir esse valor na análise.

Em seguida, para a predição da carga térmica total anual real ( $C_gTT_{real}$ ) e de referência ( $C_gTT_{refD}$ ), utilizou-se o formulário *InterfaceWeb*, ferramenta baseada em um metamodelo de análises disponibilizada pelo PBE Edifica, onde os dados e parâmetros obtidos anteriormente para a edificação e para cada zona térmica foram inseridos. Obteve-se uma carga térmica total real de 497.207 kWh/ano e uma carga térmica total de referência de 628.655 kWh/ano.

O percentual de redução de carga térmica total anual da envoltória da edificação na condição real em relação à edificação na condição de referência (RedCgTT), foi calculado conforme a Eq. 3, resultando em 20,91%.

$$RedCgTT = ((C_gTT_{refD} - C_gTT_{real}) / C_gTT_{refD}) * 100 \quad (3)$$

Da mesma forma que no sistema de iluminação, a classificação da envoltória se deu através de uma escala de classificação de eficiência energética. O intervalo entre as classes, coeficiente *i*, foi determinado através do coeficiente de redução de carga térmica total anual da classificação D para a A ( $CRCgTT_{D-A}$ ), que se encontra tabelado para diferentes tipologias, fatores de forma e zonas bioclimáticas. Para o Instituto Parobé, foi identificado um  $CRCgTT_{D-A}$  de 0,15. Por fim, no cálculo de *i*,  $CRCgTT_{D-A}$  foi dividido por três e multiplicado por cem, conforme estabelecido pela INI-C, resultando em 5%.

#### 2.4 Sistema de condicionamento de ar

A classificação de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar baseia-se no percentual de redução do consumo de refrigeração da edificação real em relação ao consumo da edificação na condição de referência. Para a execução da análise, é necessário dispor de um levantamento dos equipamentos de ar condicionado instalados na edificação e seus respectivos parâmetros. Optou-se por utilizar a lista de aparelhos obtida por Ribeiro (2022). Em seu trabalho, Ribeiro (2022) destaca que, embora tenha recebido a listagem de aparelhos do Setor de Infraestrutura da Escola de Engenharia (SINFRAEE) da UFRGS, os dados estão incompletos e não abrangem todos os aparelhos instalados no edifício. Além disso, não há informações sobre os fabricantes e os modelos e, portanto, foram considerados apenas os aparelhos que possuem especificação de capacidade. Essa simplificação também foi adotada no presente trabalho.

Para dar continuidade à avaliação, foi necessário determinar o coeficiente de eficiência energética (CEER) do sistema de condicionamento de ar. O CEER do sistema é obtido pela ponderação das eficiências dos equipamentos por sua capacidade instalada. A INI-C estabelece diferentes maneiras de se obter o CEER de um aparelho, tanto para equipamentos com capacidade abaixo de 17,6 kW quanto para equipamentos com capacidade acima desse limite. Para isso, é necessário obter os parâmetros de cada aparelho na tabela de eficiência energética de condicionadores de ar do INMETRO, procurando por marca e modelo (INMETRO, 2023b). A tabela apresenta todos os produtos aprovados no Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), fornecendo um detalhamento das suas características e uma classificação de eficiência baseada no Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS).

Entretanto, como mencionado anteriormente, as informações sobre os aparelhos são escassas e resumem-se apenas à sua capacidade, o que impede a busca dos aparelhos na tabela e a aplicação dos cálculos propostos pela norma. Diante dessa limitação, utilizou-se a tabela de classificação anterior (INMETRO, 2023a), embasada na Portaria n.º 007 de 04 de Janeiro de 2011 (INMETRO, 2011). Essa tabela, ao invés de classificar os aparelhos com base no IDRS, utiliza diretamente o índice  $CEE_R$ . Como a maioria das máquinas que compõem o sistema de condicionamento de ar da edificação

foram instaladas antes de 2010 (RIBEIRO, 2022), optou-se por considerar um  $CEE_R$  de 3,17, equivalente à média dos aparelhos registrados nos dois primeiros anos de vigência da portaria.

Visto que as únicas máquinas com detalhamento de marca e modelo são as unidades VRF (Variable Refrigerant Flow) modelos RAS14FSN5B e RAS20FSN5B, determinou-se o  $CEE_R$  pela razão entre a capacidade de refrigeração do condicionador de ar e a potência elétrica consumida pelo equipamento (INMETRO, 2021b). Essas características foram obtidas diretamente do catálogo do fabricante (Hitachi, 2016), obtendo-se um  $CEE_R$  de 3,7 para o RAS14FSN5B e de 4,22 para o RAS20FSN5B. Por fim, ponderou-se a eficiência dos equipamentos por sua capacidade instalada e obteve-se um  $CEE_R$  de 3,36 para o sistema de condicionamento de ar.

O consumo de refrigeração da edificação real ( $C_{R,real}$ ) foi calculado conforme a Eq.4, resultando em 147.915,27 kWh/ano.

$$C_{R,real} = CgTT_{real}/CEE_R \quad (4)$$

na qual,  $CgTT_{real}$  é a carga térmica total anual da edificação, em kWh/ano, já calculada na avaliação da envoltória e,  $CEE_R$  é o coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar. Por sua vez, o consumo de refrigeração da edificação na condição de referência para classificação D ( $C_{R,refD}$ ) foi calculado conforme a Eq. 5. Obteve-se um valor de 241.790,27 kWh/ano.

$$C_{R,refD} = CgTT_{real}/2,6 \quad (5)$$

Finalmente, através da Eq. 6, obteve-se um percentual de redução do consumo de refrigeração ( $RedC_R$ ) de 38,82%.

$$RedC_R = ((C_{R,refD} - CgTT_{real})/CgTT_{refD}) * 100 \quad (6)$$

Os limites dos intervalos da classificação de eficiência energética foram definidos com base na Tabe. B.3 disponível em Silva, 2024.

## 2.5 Classificação geral

A classificação de eficiência energética geral da edificação foi determinada considerando o percentual de redução do consumo estimado de energia primária ( $RedC_{EP}$ ) da edificação real em relação à edificação na condição de referência para a classificação D. Primeiramente, calculou-se o consumo de energia elétrica total da edificação real ( $C_{EE,real}$ ) e na condição de referência ( $C_{EE,refD}$ ), em kWh/ano, utilizando a Eq. 7.

$$C_{EE,real\ ou\ refD} = C_{R,real\ ou\ refD} + C_{IL,real\ ou\ refD} + C_{EQ} \quad (7)$$

na qual,  $C_R$  é o consumo do sistema de condicionamento de ar,  $C_{IL}$  é o consumo do sistema de iluminação e  $C_{EQ}$  é o consumo de equipamentos, expressos em kWh/ano. Determinou-se  $C_{EQ}$  com base em uma densidade de consumo de equipamentos de 15 W/m<sup>2</sup>, utilizados por oito horas diárias ao longo de duzentos dias por ano, conforme estipulado pela INI-C, resultando em 70.990,92 kWh/ano. Obteve-se, então, um  $C_{EE,real}$  de 259.284,78 kWh/ano e um  $C_{EE,refD}$  de 400.990,59 kWh/ano. Para que se possa estimar o consumo de energia primária, é necessário que os valores obtidos para o consumo de energia elétrica total da edificação sejam multiplicados por seus respectivos fatores de conversão. A Tab. 3 apresenta os fatores de conversão para diferentes fontes de energia.

Tabela 3 – Fatores de conversão de energia elétrica e térmica em energia primária.

Fonte de energia	Fator de conversão	
Energia elétrica	$fcE$	1,6
Energia térmica – Gás Natural (GN)	$fcT$	1,1
Energia térmica – Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	$fcT$	1,1

Fonte: INI-C (INMETRO, 2022a).

Devido à ausência de um sistema de aquecimento de água e de uma fonte local de geração de energia na edificação, onde a única fonte de energia é elétrica, pôde-se determinar o consumo de energia primária da edificação real ( $C_{EP,real}$ ) e o consumo de energia primária da edificação na condição de referência ( $C_{EP,refD}$ ) multiplicando os respectivos valores de consumo de energia elétrica pelo fator de conversão ( $fcE$ ) de 1,6. Encontrou-se um  $C_{EP,real}$  de 414.855,65 kWh/ano e um  $C_{EP,refD}$  de 641.548,95 kWh/ano.

Prosseguindo, por meio da Eq. 8, determinou-se o percentual de redução do consumo de energia primária entre a edificação real e a edificação na condição de referência ( $RedC_{EP}$ ). Obteve-se um  $RedC_{EP}$  de 35,34%.

$$RedC_{EP} = ((C_{EP,refD} - C_{EP,real})/C_{EP,refD}) * 100 \quad (8)$$

Determinou-se, então, os intervalos de classificação dos níveis A ao E. O cálculo foi realizado utilizando a Eq. 9.

$$i = (CRC_{EPD-A} * 100) / 3 \quad (9)$$

na qual,  $CRC_{EPD-A}$  é o coeficiente de redução do consumo de energia primária da classificação D para a A, determinado conforme a Tab. 4, levando-se em consideração o fator de forma e a zona bioclimática onde está localizada a edificação. Obteve-se um coeficiente  $i$  de 10,67%.

Por fim, classificou-se a edificação comparando o percentual de redução do consumo de energia primária entre a edificação real e a condição de referência, com os limites encontrados.

### 3. RESULTADOS

Foram calculados os percentuais de redução de consumo referentes ao sistema de iluminação, à envoltória, ao sistema de condicionamento de ar e à energia primária. Calculou-se também os limites dos intervalos de classificação de eficiência energética para cada um dos sistemas individuais e classificação geral. Em posse desses dados, realizou-se a classificação geral da edificação e a classificação individual dos sistemas de iluminação, envoltória e condicionamento de ar. Os resultados são apresentados e discutidos a seguir.

Tabela 4 – Coeficiente de redução do consumo de energia primária da classificação D para A ( $CRC_{EPD-A}$ ), com base no fator de forma e classificação climática.

Classificação climática	Coeficiente de redução do consumo de energia primária da classificação D para A ( $CRC_{EPD-A}$ )			
	$FF \leq 0,20$	$0,20 < FF \leq 0,30$	$0,30 < FF \leq 0,40$	$0,40 < FF \leq 0,50$
ZB 1	0,33	0,34	0,31	0,30
ZB 2	0,32	0,33	0,30	0,28
ZB 3	0,31	0,32	0,29	0,27
ZB 4	0,30	0,31	0,31	0,29
ZB 5	0,31	0,32	0,30	0,28
ZB 6	0,28	0,30	0,28	0,26
ZB 7				0,27
ZB 8				

Fonte: INI-C (INMETRO, 2022a).

#### 4.1 Sistema de iluminação

Para a classificação do sistema de iluminação, elaborou-se uma tabela com os limites da redução de consumo de iluminação para cada nível de eficiência energética. Considerando que o valor encontrado para  $RedCIL$  foi de 54,22%, e que o limite inferior para classificação A é de 43,87%, o sistema de iluminação poderia ser classificado como A, conforme demonstrado na Tab. 5.

Tabela 5 – Limites do percentual de redução de consumo de iluminação para a classificação do sistema de iluminação.

Classe de eficiência energética	A	B	C	D	E
Limite superior de $RedCIL$	-	$\leq 43,87\%$	$\leq 29,25\%$	$\leq 14,62\%$	$< 0$
Limite inferior de $RedCIL$	$> 43,87\%$	$> 29,25\%$	$> 14,62\%$	$\geq 0$	-

Contudo, como anteriormente citado, a INI-C estabelece critérios prévios para a obtenção da classificação A no sistema de iluminação. Dentre eles, o sistema de iluminação da edificação opera exclusivamente com mecanismos manuais para ligar e desligar as luzes de maneira independente em cada ambiente. A ausência de um controle para acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima das aberturas resulta na impossibilidade de atender às exigências e restringe a classificação do sistema a no máximo B. Dessa forma, o sistema de iluminação da edificação foi classificado com o nível de eficiência energética B.

Levando em consideração apenas o circuito elétrico e o conjunto de interruptores de acionamento de luminárias, modificações que viabilizem alcançar um nível superior de eficiência para o sistema de iluminação são bastante factíveis e economicamente viáveis. Ao implementar controles conforme as especificações requeridas, é possível elevar a classificação do sistema para o nível A.

## 4.2 Envoltória

Para a classificação do nível de eficiência energética da envoltória, considerou-se o percentual de redução de carga térmica total anual da edificação em condições reais, em comparação com a edificação na condição de referência para classificação D. O coeficiente que representa a diferença entre uma classe e outra foi estabelecido em 5%, e o *RedCgTT* encontrado foi de 20,91%. Com base nesses valores, a envoltória da edificação foi classificada como de eficiência energética A, conforme indicado na Tab. 6.

Parte dos motivos que levaram à atribuição da classificação A à eficiência energética da envoltória pode ser creditada à baixa transmitância térmica das paredes externas, dos pisos dos pavimentos intermediários e pavimento térreo, quando comparados à edificação na condição de referência estabelecida pela INI-C. A resistência térmica desses elementos construtivos contribuiu significativamente para a redução na carga térmica total da edificação. Há também influência da densidade de potência de iluminação, que foi determinada em 7,1 W/m<sup>2</sup>, menos da metade do valor estabelecido como referência para a tipologia. Como mencionado antes, não há informações sobre a potência dos reatores das lâmpadas fluorescentes, e a *DPI* é um valor presumido para toda edificação, podendo não refletir a realidade.

Tabela 6 – Limites do percentual de redução da carga térmica total anual para a classificação da envoltória.

Classe de eficiência energética	A	B	C	D	E
Limite superior de <i>RedCgTT</i>	-	≤ 15%	≤ 10%	≤ 5%	< 0
Limite inferior de <i>RedCgTT</i>	> 15%	> 10%	> 5%	≥ 0	-

## 3.3 Sistema de condicionamento de ar

A classificação do sistema de condicionamento de ar foi determinada considerando o percentual de redução do consumo de refrigeração da edificação real em relação à edificação na condição de referência. Encontrou-se um *RedCR* de 38,82%. Os limites dos intervalos de classificação foram determinados para a zona bioclimática 3, conforme apresentado na Tab. 4. Considerando os limites de classificação energética para cada nível e o percentual de redução de consumo de refrigeração, o sistema de condicionamento de ar recebeu classificação B. A Tab. 7 apresenta esses limites.

Tabela 7 – Limites do percentual de redução do consumo de refrigeração para a classificação do sistema de condicionamento de ar.

Classe de eficiência energética	A	B	C	D	E
Limite superior de <i>RedCR</i>	-	≤ 51%	≤ 34%	≤ 17%	< 0
Limite inferior de <i>RedCR</i>	> 51%	> 34%	> 17%	≥ 0	-

Embora a INI-C disponha de uma série de pré-requisitos para a classificação do sistema de condicionamento de ar, estes não foram avaliados, uma vez que as exigências são exclusivamente aplicáveis ao nível de eficiência energética A. Além disso, como discutido anteriormente, as informações disponíveis sobre os equipamentos são escassas, restringindo-se apenas às suas capacidades e, assim, impedindo uma análise mais aprofundada.

## 3.4 Classificação geral

Por fim, determinou-se o nível de eficiência energética do prédio do Departamento de Engenharia Mecânica da UFRGS. A Tab. 8 apresenta os intervalos entre os níveis de classificação. Ao considerar o percentual de redução do consumo de energia primária da edificação, que alcançou 35,34%, a edificação poderia ser enquadrada no nível de eficiência energética A. No entanto, é importante ressaltar que esse resultado não é válido, pois a edificação não atende aos pré-requisitos necessários para a classificação A no sistema de iluminação, e os requisitos do sistema de condicionamento de ar não puderam ser avaliados. Portanto, a classificação geral da edificação atingiu o nível máximo de B.

Tabela 8 – Limites do percentual de redução do consumo energia primária para a classificação geral da edificação.

Classe de eficiência energética	A	B	C	D	E
Limite superior de <i>RedCEP</i>	-	≤ 32%	≤ 21,33%	≤ 10,67%	< 0
Limite inferior de <i>RedCEP</i>	> 32%	> 21,33%	> 10,67%	≥ 0	-

Tendo em vista que a envoltória recebeu classificação A, mudanças para melhorar a avaliação geral do edifício do nível B para o nível A tornam-se mais factíveis. Uma vez que, dentre os itens avaliados, modificações na envoltória seriam as mais desafiadoras. Principalmente quando se leva em consideração o valor histórico da edificação.

A implementação de um controle para acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima às aberturas elevaria a classificação do sistema de iluminação para A, retirando a restrição à classificação geral imposta por este sistema em específico.

Porém, para que o edifício pudesse, de fato, receber a classificação geral A, ainda seria necessário uma intervenção no sistema de condicionamento de ar. Um levantamento completo dos aparelhos poderia proporcionar uma classificação mais precisa do sistema, permitindo identificar quais dispositivos atendem às exigências físicas da INI-C. Além disso, ao conhecer os verdadeiros valores de CEEER ou IDRS das máquinas instaladas, seria possível determinar quais delas podem ser substituídas para elevar a eficiência energética do sistema.

#### **4. CONCLUSÃO**

A edificação alcançou um percentual de redução de energia primária de 35,34%, valor suficiente para a classificação A. No entanto, os pré-requisitos de elegibilidade dos sistemas individuais também se aplicam à classificação geral. Por não atender aos critérios no sistema de iluminação e por não ser possível verificá-los no sistema de condicionamento de ar, a classificação geral da edificação limitou-se a B.

Para elevar a classificação geral do edifício para o nível A, é preciso uma intervenção nos sistemas de iluminação e de condicionamento de ar, de forma que os mesmos atendam aos pré-requisitos de elegibilidade. Para o primeiro, é necessário a implementação de um controle de acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima às aberturas. Essa intervenção apresenta relativo baixo grau de complexidade, se mostrando uma alternativa viável.

Quanto ao sistema de condicionamento de ar, é fundamental realizar um levantamento completo para verificar as características físicas, recursos e o CEEER de cada unidade instalada, com o objetivo de substituir as máquinas incompatíveis por modelos mais modernos que estejam em conformidade com as exigências da INI-C. Contudo, dado que essa alternativa representa um custo adicional, seria necessário conduzir um estudo de viabilidade econômica para avaliar a sua implementação.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações Parte 2 – Componentes e elementos construtivos das edificações – Resistência e transmitância térmica – Métodos de cálculo (ISO 6946:2017 MOD). Rio de Janeiro: ABNT, 2022.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005a.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005b
- ANDRADE, Henrique José Caravita de. Análise da Eficiência Energética em Edificações Usando os Métodos RTQ-C e BRASIL; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME; Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Balanço Energético Nacional 2023: Ano base 2022. 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-687/BEN2023.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2023.
- BRESOLIN, Cirilo Seppi; RIBEIRO, Rafaela Lisboa. UFRGS. Plantas Baixas Instituto Parobé. [mensagem eletrônica pessoal] Mensagem recebida por: <matheusrisi@gmail.com>. em: 13 dez. 2023.
- CAMPOS, Paloma Melo. Análise comparativa do método prescritivo do RTQ-R e simplificado da INI-R para a etiquetagem de uma edificação multifamiliar. 2021. 34 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.
- CAROTENUTO, Adriano Roberto da Silva. Análise do Desempenho Termoenergético de um Prédio Histórico de Elevada Inércia Térmica. 2009. 223 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- CTEPAROBÉ. Parobé: A trajetória de uma escola centenária. Disponível em: [https://www.cteparobe.com.br/pagina/78\\_Historia-da-Cidade.html](https://www.cteparobe.com.br/pagina/78_Historia-da-Cidade.html). Acesso em: 14 nov. 2023.
- FILION, L. J. Visão e relações: elementos para um metamodelo empreendedor. Revista de administração de empresas, São Paulo, v.33, n.6, p.50-61, dez. 1993. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rae/a/mCZRRzTqZv3tPQQsn-McVNjt/?format=pdf>. Acesso em: 13 jan. 2024.
- HITACHI. Set Free Eco Flex II Série FSNB2. São Paulo, 2016. 192 p. Disponível em: [https://www.jci-hitachi.com.br/static/site/files/HCAT-SETAR016\\_Rev00\\_Mai2016\\_Eco\\_Flex\\_II5.pdf](https://www.jci-hitachi.com.br/static/site/files/HCAT-SETAR016_Rev00_Mai2016_Eco_Flex_II5.pdf). Acesso em: 12 jan. 2024.
- INMETRO. Condicionadores de ar – índices antigos (CEE). 2023a. Disponível em: [https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/condicionadores-de-ar/tabela\\_inmetro\\_cee.xlsx/view](https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/condicionadores-de-ar/tabela_inmetro_cee.xlsx/view). Acesso em: 12 jan. 2024.

- INMETRO. Condicionadores de ar – índices novos (IDRS). 2023b. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/condicionadores-de-ar/condicionadores-de-ar-indices-novos-idrs.xlsx/view>. Acesso em: 12 jan. 2024.
- INMETRO. Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas. 2022a. Publicado através da portaria nº 309, de 06 de setembro de 2022.
- INMETRO. Manual INI-C: Método Simplificado. Versão Dezembro/2022. 2022b. Disponível em: [https://pbeedifica.com.br/sites/default/files/manuais/Manual\\_INI-C\\_Definicoes-AGO-23.pdf](https://pbeedifica.com.br/sites/default/files/manuais/Manual_INI-C_Definicoes-AGO-23.pdf). Acesso em: 11 out. 2023
- INMETRO. Requisitos de Avaliação da Conformidade para Condicionadores de Ar. 2021b. Publicado através da portaria nº 269, de 22 de junho de 2021.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R.. Eficiência Energética na Arquitetura. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2014. Disponível em: [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia\\_energetica\\_na\\_arquitetura.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf). Acesso em: 22 nov. 2021.
- PBE EDIFICA, Programa Brasileiro de Etiquetagem. Portaria Consolidada. 2022. Disponível em: <https://pbeedifica.com.br/portariaconsolidada>. Acesso em: 16 nov. 2023.
- RIBEIRO, Rafaela Lisbôa. Avaliação do desempenho energético de um prédio histórico utilizando o RTQ-C. 2022. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.
- ROSA, Fernanda Pioli da. Classificação e análise de viabilidade econômica de uma edificação com base no desempenho energético. 2021. 90 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021.
- SILVA, Matheus Ribeiro da. Classificação de eficiência energética de uma edificação: aplicação da INI-C no prédio da engenharia mecânica. 2024. 30 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024.
- SILVA, Michel Klein Pinheiro da. Análise econômica de medidas de eficiência energética em um prédio histórico de Florianópolis, de acordo com a nova etiquetagem comercial Procel Edifica. 2019. 73 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.
- MISK, André Ferreira. Avaliação de medidas de eficiência energética na envoltória de um edifício de escritórios por meio de um método simplificado. 2019. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

#### FORMAT INSTRUCTIONS FOR PAPERS SUBMITTED TO MERCOFRIO 2024

**Abstract.** *This paper seeks to obtain a precise and updated evaluation of the energy efficiency of the building of the Department of Mechanical Engineering, at the Federal University of Rio Grande do Sul, through the simplified method proposed by the new Inmetro Normative Instruction for the Energy Efficiency Classification of Commercial, Service, and Public Buildings (INI-C). The objective is to classify it according to the criteria established by INI-C, identifying areas with potential for improvement. By comparing the actual consumption of the building with a reference building, as also the lighting, air conditioning and envelope systems are evaluated, which are requirements for obtaining the overall Energy Efficiency Classification (ENCE). The lighting system shows a consumption reduction percentage of 54.22%, qualifying it as class A. However, it does not meet the natural light contribution prerequisite and receives a class B rating. With a thermal load reduction percentage of 20.91%, the envelope is classified with an energy efficiency class A. This result is partly due to the low thermal transmittance of the external walls and floors compared to the reference model. The air conditioning system, on the other hand, shows a consumption reduction percentage of 38.82% receiving class B energy efficiency rating. However, it is worth noting that information about the machines is scarce, and the result is based on an estimated average CEER of 3.36. The building has a primary energy consumption reduction percentage of 35.34%, earning a class B rating. This value is sufficient to reach class A; however, the building does not meet the prerequisites in the lighting system, and it is not possible to verify the prerequisites of the air conditioning system. To improve the overall classification of the building, interventions are necessary in both systems. Changes to the lighting system are relatively easy to implement, while changes to the air conditioning system are more costly and require a feasibility study.*

**Keywords:** *Energy Efficiency, INI-C, ENCE.*