

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Paloma Melo Campos**

**ANÁLISE COMPARATIVA DO MÉTODO PRESCRITIVO DO  
RTQ-R E SIMPLIFICADO DA INI-R PARA A ETIQUETAGEM  
DE UMA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR**

Porto Alegre  
Dezembro 2021

**PALOMA MELO CAMPOS**

**ANÁLISE COMPARATIVA DO MÉTODO PRESCRITIVO DO  
RTQ-R E SIMPLIFICADO DA INI-R PARA A ETIQUETAGEM  
DE UMA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil  
da Escola de Engenharia da Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientador: Maurício Carvalho Ayres Torres**  
**Coorientador: Gabriel de Grandi**

Porto Alegre  
Dezembro 2021

**PALOMA MELO CAMPOS**

**ANÁLISE COMPARATIVA DO MÉTODO PRESCRITIVO DO  
RTQ-R E SIMPLIFICADO DA INI-R PARA A ETIQUETAGEM  
DE UMA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR**

Porto Alegre, dezembro de 2021

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Maurício Carvalho Ayres Torres**  
Arq. e Urb., Dr. em Engenharia Civil UPC Barcelona

**Eng. Gabriel De Grandi**  
Mestrando em Engenharia Civil, PPGCI UFRGS

**Eng.<sup>a</sup> Ruane Fernandes de Magalhães**  
Ma. em Engenharia Civil UFRGS

**Arq.<sup>a</sup> e Urb.<sup>a</sup> Gabriela Sartori**  
Ma. em Engenharia Civil UFRGS

## RESUMO

Com o intuito de agregar valor aos seus empreendimentos, as incorporadoras vêm aderindo às certificações ambientais, como o GBC Brasil Condomínio, que atuam para potencializar o desempenho da edificação e otimizar a utilização de recursos. Nesse sentido, um dos fatores abordados por essas certificações é a eficiência energética das edificações. Com a crise do petróleo ocorrida na década de 70, o assunto eficiência energética ganhou relevância, quando muitos países passaram a pesquisar novas fontes de energia e o uso racional passou a ser encarado como a opção mais vantajosa, na medida em que a redução do consumo evitaria a instalação de novos parques geradores. De acordo com o Balanço Energético Nacional desenvolvido pela EPE nos últimos anos, o consumo de energia no setor residencial apresentou comportamento crescente. A taxa de crescimento foi ainda maior de 2019 para 2020, em função do contexto de Pandemia de Covid-19. Nesse cenário, o assunto eficiência energética para edificações residenciais ganhou ainda mais importância com a intenção de proporcionar maior conforto e reduzir despesas. Atualmente, o método nacional vigente para avaliação de eficiência energética de edificações residenciais é o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), desenvolvido a partir da Portaria nº 18/2012. Entretanto, estão sendo discutidas ações de melhorias para o método através da Consulta Pública nº 18/2021, que constituirão a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INI-R) e que deverá ser publicada oficialmente em breve. Nesse contexto, com o objetivo de avaliar o nível de eficiência energética de um edifício residencial localizado em Porto Alegre, projetado com a intenção de ser certificado pelo GBC Brasil Condomínio, o presente trabalho realizou a análise comparativa entre os métodos de avaliação de eficiência energética das unidades autônomas e áreas de uso comum através do método prescritivo do RTQ-R e simplificado da INI-R. Além disso, os créditos da certificação que estão relacionados com o RTQ-R foram analisados, enquanto novos requisitos para os critérios da certificação foram discutidos para quando a INI-R entrar em vigor. A avaliação do objeto de estudo pelo método prescritivo do RTQ-R indicou que o nível de eficiência energética para a edificação multifamiliar é B, devido ao não atendimento do pré-requisito do sistema de aquecimento de água. Dessa maneira, essa não-conformidade inviabilizaria a obtenção da Certificação GBC Brasil Condomínio, sendo necessária nova avaliação do projeto para que o critério obrigatório seja atendido. A análise comparativa entre os métodos verifica que a atualização do método de avaliação surge da necessidade de corrigir limitações e distorções do RTQ-R, evidenciando que a INI-R proposta se trata de um método mais moderno, que adota um modelo de avaliação com base na comparação de consumos de energia primária, amplamente adotado em outras certificações e métodos de avaliações.

Palavras-chave: Eficiência energética. Edificações residenciais. Desempenho Energético.

Certificações ambientais

## LISTA DE FIGURAS

<a href="#"><u>Figura 1 - Fluxograma do método aplicado</u></a> .....	8
<a href="#"><u>Figura 2 - Render do Empreendimento Terrá</u></a> .....	8
<a href="#"><u>Figura 3 - Planta baixa do pavimento tipo</u></a> .....	8
<a href="#"><u>Figura 4 - Planta baixa do térreo</u></a> .....	9

## LISTA DE TABELAS

<a href="#"><u>Tabela 1 - Créditos da Categoria Energia e Atmosfera da Certificação GBC Condomínio que utilizam a avaliação do RTQ-R como requisito</u></a> .....	3
<a href="#"><u>Tabela 2 - Características Térmicas dos sistemas de vedações externas e cobertura do objeto de estudo</u></a> .....	10
<a href="#"><u>Tabela 3 - Avaliação do atendimento dos pré-requisitos da UH</u></a> .....	11
<a href="#"><u>Tabela 4 - Eficiência energética das envoltórias para verão por APP e da UH</u></a> .....	12
<a href="#"><u>Tabela 5 - Eficiência energética das envoltórias para inverno por APP e da UH</u></a> .....	12
<a href="#"><u>Tabela 6 - Avaliação das bonificações das UHs</u></a> .....	13
<a href="#"><u>Tabela 7 - Pontuação do equivalente numérico da envoltória, equivalente numérico do sistema de aquecimento de água, bonificações e pontuação final das unidades autônomas</u></a> .....	13
<a href="#"><u>Tabela 8 - Equivalente numéricos e potência total a ser instalada para sistema avaliado nas áreas de uso comum</u></a> .....	14
<a href="#"><u>Tabela 9 - Limites de aplicação do método simplificado do INI-R e características do objeto de estudo</u></a> .....	15
<a href="#"><u>Tabela 10 - Consumo de energia elétrica e térmica da condição real e de referência por sistema avaliado</u></a> .....	16
<a href="#"><u>Tabela 11 - Resultados da avaliação dos critérios da Certificação GBC Brasil Condomínio utilizando o RTQ-R</u></a> .....	20

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CB3E	Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações
CONPET	Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
ENCE	Escola Nacional de Ciências Estatísticas
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GBC	<i>Green Building Council</i>
INI-R	Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
MME	Ministério de Minas e Energia
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RTQ-R	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

APP	Área de Permanência Prolongada
AUC	Áreas de Uso Comum
CAUH,real	Consumo de energia elétrica para aquecimento da UH no modelo real
CgTA	Carga Térmica de Aquecimento
CgTR	Carga Térmica de Refrigeração
CgTT	Carga Térmica Total
CRUH,real	Consumo de energia elétrica para refrigeração da UH no modelo real
EA PR1	Critério obrigatório 1 da Categoria Energia e Atmosfera da Certificação GBC Brasil Condomínio
EA PR2	Critério obrigatório 2 da Categoria Energia e Atmosfera da Certificação GBC Brasil Condomínio
EA CR2	Crédito 2 da Categoria Energia e Atmosfera da Certificação GBC Brasil Condomínio
EA CR3	Crédito 3 da Categoria Energia e Atmosfera da Certificação GBC Brasil Condomínio
EqNumAA	Equivalente numérico do sistema de aquecimento de água
EqNumB <sub>F</sub>	Equivalente numérico das bombas centrífugas
EqNumElev	Equivalente numérico dos elevadores
EqNumEnv	Equivalente numérico da envoltória
EqNumIllum	Equivalente numérico do sistema da sauna
EqNumS	Equivalente numérico do sistema de iluminação artificial



PAA	Potência instalada para aquecimento de água
PB	Potência instalada para bombas centrífugas
PEq	Potência instalada para equipamentos
PHFT	Percentual de horas de ocupação dentro da faixa de temperatura
Pllum	Potência instalada para iluminação
OS	Potência instalada para a sauna
PT <sub>AC</sub>	Pontuação total do nível de eficiência da área de uso comum
RedCAA	Percentual de redução do consumo de energia primária para atender a demanda de água quente da UH
RedCEP	Percentual de redução do consumo de energia primária das áreas de uso comum na condição real em relação à condição de referência
Tomáx	Temperaturas anuais máxima
Tomín	Temperaturas anuais mínima
UH	Unidade Habitacional Autônoma

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>2</b>
1.1	Eficiência energética em Edificações Residenciais .....	3
1.2	Certificação GBC Brasil Condomínio.....	3
1.3	Regulamento Técnico Da Qualidade Para O Nível De Eficiência De Edificações Residenciais - RTQ-R.....	4
1.4	Instrução Normativa Inmetro para Classe de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – INI-R .....	5
<b>2</b>	<b>MÉTODO.....</b>	<b>7</b>
2.1	Objeto de Estudo .....	8
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>10</b>
3.1	Avaliação da eficiência energética da edificação através do método prescritivo do RTQ-R .....	10
3.1.1	Unidades Autônomas.....	10
3.1.2	Áreas de Uso Comum.....	14
3.2	Avaliação da eficiência energética da edificação através do método simplificado da INI-R 15	
3.2.1	Unidades Autônomas.....	15
3.2.2	Áreas de Uso Comum.....	15
3.3	Análise comparativa entre os métodos prescritivo do RTQ-R e do simplificado do INI-R para avaliação da eficiência energética.....	17
3.3.1	Unidades Autônomas.....	17
3.3.2	Áreas de Uso Comum.....	19
3.4	Avaliação dos critérios da Certificação GBC Brasil Condomínio que utilizam os métodos do PBE Edifica como requisito .....	20
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>21</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>22</b>

# **ANÁLISE COMPARATIVA DO MÉTODO PRESCRITIVO DO RTQ-R E SIMPLIFICADO DA INI-R PARA A ETIQUETAGEM DE UMA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR**

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PRESCRIPTIVE METHOD OF THE RTQ-R AND SIMPLIFIED INI-R FOR THE LABELING OF A MULTIFAMILY BUILDING**

### **RESUMO**

Com o intuito de agregar valor aos seus empreendimentos, as incorporadoras vêm aderindo às certificações ambientais, como o GBC Brasil Condomínio, que atuam, entre outros, para potencializar o desempenho energético da edificação e otimizar a utilização de recursos. De acordo com o Balanço Energético Nacional dos últimos anos, o consumo de energia no setor residencial apresentou comportamento crescente. No contexto de Pandemia da Covid-19, a taxa de crescimento foi ainda maior e o assunto eficiência energética para edificações residenciais ganhou ainda mais importância. Atualmente, o método vigente para avaliação de eficiência energética é o RTQ-R e estão sendo discutidas ações de melhorias que serão publicadas na INI-R. Nesse contexto, o trabalho realizou a análise comparativa entre os métodos de avaliação de eficiência energética das unidades autônomas e áreas de uso comum através do método prescritivo do RTQ-R e simplificado da INI-R do projeto de uma edificação multifamiliar de alto padrão localizada na cidade de Porto Alegre, que foi concebido com a intenção de ser certificado pelo GBC Brasil Condomínio. Além disso, os créditos da certificação que estão relacionados com o RTQ-R foram analisados, enquanto novos requisitos para os critérios da certificação foram discutidos para quando a INI-R entrar em vigor.

Palavras-chave: Eficiência energética. Edificações residenciais. Desempenho energético. Certificações ambientais.

### **ABSTRACT**

To add value to their projects, developers have been adhering to environmental certifications, such as the GBC Brasil Condomínio, which work, among others, to enhance the building's energy performance and optimize the use of resources. According to the National Energy Balance of recent years, energy consumption in the residential sector has increased. In the context of the Covid-19 Pandemic, the growth rate was even higher, and the issue of energy efficiency for residential buildings gained even more importance. The current method for evaluating energy efficiency is the RTQ-R, and improvement actions are being discussed that will be published in the INI-R. In this context, the work carried out a comparative analysis between the methods for evaluating the energy efficiency of autonomous units and areas of collective use through the prescriptive approach of RTQ-R and the simplified INI-R of the project of a high standard multifamily building located in the city of Porto Alegre. The building was intended to be certified by the GBC Brasil Condomínio. In addition, certification credits related to the RTQ-R were reviewed, while new requirements for the certification criteria were discussed for when the INI-R comes into effect.

Keywords: Energy efficiency. Residential buildings. Energy performance. Environmental certifications.

## 1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil tem buscado, atualmente, maior responsabilidade ambiental, por meio de ações sustentáveis, visando à redução dos impactos ambientais e à preservação dos recursos naturais (OLIVEIRA; SPOSTO; BLUMENSCHHEIN, 2012). Para isso, as incorporadoras e construtoras vêm aderindo às certificações ambientais, com a finalidade de agregar valor aos seus empreendimentos.

No Brasil, a Certificação GBC Brasil Condomínio foi desenvolvida pelo *Green Building Council* Brasil, com a intenção de fornecer ferramentas para projetar, construir e operar edificações residenciais sustentáveis e com alto desempenho. Essa certificação ambiental aborda a construção sustentável como um todo, tratando de aspectos relativos à importância do desempenho integrado das questões de implantação e seleção do terreno, economia de água, eficiência energética, suporte ao uso de energias renováveis, escolha e gerenciamento dos materiais, qualidade ambiental interna, requisitos sociais, inovação e especificidades regionais (GBC BRASIL, 2017).

O uso eficiente da energia abordado na certificação GBC Brasil Condomínio não significa apenas uma redução nas despesas, mas também redução nos impactos ambientais. Com a crise do petróleo ocorrida na década de 70, o uso racional de energia passou a ser encarado como a opção mais vantajosa, na medida em que a redução do consumo evitaria a instalação de novos parques geradores (LABEEE, [s.d.]).

Nesse contexto, entre as décadas de 1980 e 1990 começaram a ser criados os programas brasileiros de conservação como o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (Conpet) e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Em 2001, foi criada a Lei 10.295, conhecida como Lei de Eficiência Energética, revisada pelo Decreto 9.864 em 2019, que determina a existência de níveis mínimos de eficiência energética de aparelhos consumidores de energia, bem como de edificações construídas, com base em indicadores técnicos pertinentes (ELETROBRAS et al., 2013).

Além da legislação, na década de 2000 também foi criada a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que presta serviços ao Ministério de Minas e Energia (MME) na área de estudos e pesquisas destinadas a orientar o desenvolvimento do setor energético brasileiro. De acordo com o Balanço Energético Nacional desenvolvido por ela nos últimos anos, o consumo de energia no setor residencial vem aumentando. É importante ressaltar que a combinação de fatores como afastamento do trabalho, home office e aquisição de eletrodomésticos para o aumento do conforto nas residências, em função da pandemia de Covid-19, provocou o grande aumento da taxa de variação de consumo de eletricidade de 2019 para 2020 (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2021).

Em 2020, devido à pandemia da covid-19, a busca por mais conforto se uniu à necessidade de reduzir despesas, contexto em que o assunto eficiência energética ganhou mais importância (PROCEL, [s.d.]). Por isso, torna-se ainda mais relevante a avaliação da eficiência energética de edificações principalmente na etapa de projeto, permitindo a concepção de projeto orientado a desempenho, em que alterações possam ser propostas com o viés de torná-lo ainda mais eficiente. Nesse sentido, as abordagens das certificações ambientais e o programa de etiquetagem das edificações, coordenado pelo INMETRO, servem de norteadores a fim de potencializar o desempenho da edificação e otimizar a utilização de recursos.

### 1.1 Eficiência energética em Edificações Residenciais

Para Lamberts et al. (2014), a arquitetura deve ser vista como um elemento que precisa ter eficiência energética. A eficiência energética na Arquitetura pode ser entendida como um atributo inerente à edificação representante de seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia. Portanto, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia.

O consumo de energia em edificações está relacionado aos ganhos ou perdas de calor pela envoltória da edificação que, junto à carga interna gerada pela ocupação, pelo uso de equipamentos e pela iluminação artificial, resultam no consumo dos sistemas de condicionamento de ar (CARLO, 2008).

O processo de etiquetagem auxilia na avaliação de eficiência energética edificações. Em edifícios residências, os sistemas avaliados são a envoltória e o sistema de aquecimento de água, além dos sistemas presentes nas áreas comuns dos edifícios multifamiliares, como iluminação, elevadores, bombas centrífugas etc. A etiqueta pode ser concedida em dois momentos: na fase de projeto e após a construção do edifício. Um projeto pode ser avaliado pelo método prescritivo ou pelo método da simulação, enquanto o edifício construído deve ser avaliado através de inspeção in loco (PROCEL, [s.d.]).

### 1.2 Certificação GBC Brasil Condomínio.

A Certificação GBC Brasil Condomínio está dividida em oito categorias, cada umas delas apresentando um conjunto de pré-requisitos e créditos. Os itens definidos como pré-requisitos são obrigatórios para a obtenção da certificação; e os itens definidos como créditos, quando atendidos contabilizam pontos que irão definir o nível de certificação a ser obtida.

Ao todo, a certificação ambiental engloba 110 pontos discutidos através de créditos e o empreendimento poderá alcançar o nível verde, prata, ouro ou platina, de acordo com a pontuação alcançada.

O GBC Brasil reconhece o PBE Edifica como um método efetivo de medir a eficiência energética de uma edificação ao requerer o seu cumprimento dentro de alguns dos créditos abordados na categoria Energia e Atmosfera. Nela, um crédito e dois pré-requisitos são avaliados conforme o método de avaliação das unidades autônomas e um crédito é avaliado conforme o método de avaliação das áreas de uso comum do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). As descrições dos critérios estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Créditos da Categoria Energia e Atmosfera da Certificação GBC Condomínio que utilizam a avaliação do RTQ-R como requisito

Critério		Requisitos	Pontuação
EA PR1	Desempenho Mínimo da Envoltória	Atender a todos os pré-requisitos descritivos no RTQ para o Item 3.1.1, para transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar das superfícies; Ventilação Natural; Iluminação Natural	Obrigatório
EA PR2	Fontes de Aquecimento de Água Eficientes	Utilizar fontes de aquecimento de água eficientes conforme a metodologia descrita na etiquetagem do PBE Edifica - RTQ-R e apresentar o Equivalente Numérico referente. Item 3.2 – Sistema de Aquecimento de Água 3.2.1 – Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água	Obrigatório
EA CR2	Obter a etiqueta PBE Edifica	Todos os condomínios residenciais que obtiverem a etiqueta PBE Edifica para as áreas comuns no nível A ou B, que	2 a 3 pontos

		comprova a eficiência da edificação por meio da análise dos sistemas pelo órgão competente, atenderão ao crédito, conforme abaixo: PBE Edifica nível B – 2 pontos PBE Edifica nível A – 3 Pontos	
EA CR3	Desempenho Aprimorado da Envoltória	Calcular a eficiência do condomínio residencial, atendendo ao nível A ou nível B da ENCE geral da Etiqueta PBE Edifica, sem necessariamente receber a Etiqueta. Opção 1: Método Prescritivo Calcular o equivalente numérico (EqNumEnv) estabelecido pelas equações descritas no RTQ, para determinar o desempenho térmico da envoltória, para que atenda ao nível A (2 pontos) ou B (1 pontos) de eficiência da ENCE geral. Opção 2: Método de simulação Simular duas condições da edificação: uma para a edificação ventilada naturalmente, e outra para a edificação condicionada artificialmente, conforme requisitos descritos no RTQ, atendendo ao nível A (3 pontos) ou nível B (2 pontos)	1 a 3 pontos

Fonte: Adaptado de GBC BRASIL (2017)

### 1.3 Regulamento Técnico Da Qualidade Para O Nível De Eficiência De Edificações Residenciais - RTQ-R

Até o momento, a avaliação de eficiência energética de edificações residenciais pode ser feita pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), desenvolvido a partir da Portaria nº 18/2012 e disponibilizado pelo PBE Edifica.

O Regulamento Técnico do INMETRO (2012) apresenta os critérios para classificação completa do nível de eficiência energética do edifício residencial através de classificações parciais da envoltória e do sistema de aquecimento de água. A classificação é realizada na escala da unidade habitacional (UH), da edificação unifamiliar, de edificações multifamiliares e das áreas comuns de edificações multifamiliares (ALBUQUERQUE; AMORIM, 2012). Essa classificação pode ser avaliada por dois métodos distintos: através de um método prescritivo ou por simulações computacionais.

A classificação do nível de eficiência das UHs pelo método prescritivo é o resultado da distribuição dos pesos dos equivalentes numéricos da envoltória e do sistema de aquecimento de água, utilizando um coeficiente  $\alpha$  de acordo com a região na qual a edificação se localiza, além de uma parcela referente a bonificações, conforme indicada na Equação 1. O coeficiente considerado para a região sul é 0,65.

$$PT_{UH} = (\alpha \times EqNumEnv) + [(1 - \alpha) \times EqNumAA] + Bonificações \quad \text{[Equação 1]}$$

Onde:

$PT_{UH}$ : pontuação total do nível de eficiência da unidade habitacional autônoma;

$\alpha$ : coeficiente adotado de acordo com a região geográfica na qual a edificação está localizada;

EqNumEnv: equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória da unidade habitacional autônoma quando ventilada naturalmente;

EqNumAA: equivalente numérico do sistema de aquecimento de água;

Bonificações: pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação

De acordo com a pontuação final obtida, é atribuída uma classificação que varia do nível A (mais eficiente) ao E (menos eficiente).

Além dos critérios de avaliação, o regulamento técnico também apresenta pré-requisitos gerais e específicos aos sistemas, que quando não atendidos impossibilitam a obtenção dos níveis de eficiência A ou B para o sistema em avaliação.

A classificação do nível de eficiência de áreas de uso comum (AUC) é o resultado da distribuição dos pesos entre a avaliação das áreas de uso comum e eventual através da Equação 2. Os equivalentes numéricos de cada sistema são determinados pela ponderação das classificações energéticas de cada equipamento em função da potência total.

$$PT_{AC} = 0,7 \times \frac{\left( \frac{EqNumIllum_F \times PIlum_F + EqNumB_F \times PB_F}{PIlum_F + PB_F} \right) + EqNumElev}{2} + 0,3 \times \left( \frac{EqNumIllum_E \times PIlum_E + EqNumEq_E \times PEq_E + EqNumAA_E \times PAA_E + EqNumS_E \times PS_E}{PIlum_E + PEq_E + PAA_E + PS_E} \right) + Bonificações \quad \text{[Equação 2]}$$

Onde:

$PT_{AC}$ : pontuação total do nível de eficiência da área de uso comum;

$EqNumIllum$ : equivalente numérico do sistema de iluminação artificial;

$PIlum$ : potência instalada para iluminação;

$EqNumB$ : equivalente numérico das bombas centrífugas;

$PB$ : potência instalada para bombas centrífugas;

$EqNumEq$ : equivalente numérico dos equipamentos;

$PEq$ : potência instalada para equipamentos;

$EqNumElev$ : equivalente numérico dos elevadores;

$EqNumAA$ : equivalente numérico do sistema de aquecimento de água;

$PAA$ : potência instalada para aquecimento de água;

$EqNumS$ : equivalente numérico da sauna

As áreas de uso comum e uso eventual são analisadas através das avaliações dos sistemas de iluminação artificial, bombas centrífugas, elevadores, equipamentos, aquecimento de água, sauna e as bonificações.

Entretanto, atualmente, estão sendo discutidas ações de melhorias para o RTQ-R através da Consulta Pública nº 18 de 2021, que constituirão a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INI-R) e que deverá ser publicada oficialmente em breve.

#### **1.4 Instrução Normativa Inmetro para Classe de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – INI-R**

Dentre as propostas de melhoria para o regulamento de edificações residenciais está a alteração da RTQ-R para a INI-R. Nesta nova publicação, há a inclusão de um novo método de avaliação, baseado em uma lista de verificação de requisitos, chamado de método prescritivo. Assim, o atual método prescritivo do RTQ-R passa a ser chamado de método simplificado na INI-R (OLINGER et al., 2019).

A proposta de alteração do RTQ-R está sendo discutida na Consulta Pública nº 18, de 12 de julho de 2021. Esse texto esteve aberto a sugestões e críticas por 45 dias, contados a partir do dia 26/06/21. Passados 24 meses, a partir da publicação oficial da Portaria, a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) de Projeto para edificações residenciais novas e a ENCE de Edificação Construída para edificações existentes e que não tenham sido submetidas à inspeção de projeto com base no RTQ-R deverão ser emitidas somente com base na INI-R ora aprovada.

A nova proposta para a avaliação das edificações residenciais baseia-se no consumo de energia primária, comparando a edificação em sua condição real com a mesma edificação adotando-se características de referências, que equivalem à classe C de eficiência energética. A nova etiqueta foi planejada para fornecer informações relativas ao consumo anual e mensal de

energia primária por sistema final, além de trazer novas informações complementares como a quantificação das emissões de dióxido de carbono e o potencial de economia de água potável a partir de sistemas que promovem a redução de seu consumo (PBE EDIFICA, [s.d.]). Além disso, a INI-R inclui a possibilidade de avaliação de edificações de energia quase zero (NZEBs) – que são edificações eficientes (Classe A de eficiência) que geram, a partir de energia renovável produzida nos limites da edificação ou do lote em que a edificação está inserida, pelo menos 50% de sua demanda anual de energia – e edificações de energia positiva (EEP) – em que a geração é superior à demanda anual, gerando um excedente (CBIC, 2021).

A classificação de eficiência energética das unidades habitacionais (UHs) deve ser realizada por meio do seu percentual de redução do consumo estimado de energia primária ( $Red_{CEP}$ ), comparando-se o modelo real com o modelo de referência. Os sistemas individuais avaliados para chegar nesse percentual é a envoltória e o aquecimento de água; o sistema de condicionamento de ar auxilia na determinação do consumo da envoltória, mas não é classificado na INI-R. Assim como no RTQ-R, a UH e os sistemas individuais são classificados da classe A (mais eficiente) à E (menos eficiente). O novo regulamento não avalia edificação multifamiliar como um todo.

A classificação das áreas de uso comum é realizada por meio do percentual de redução do consumo estimado de energia primária apresentado na Equação 3, comparando-se a condição real com a sua condição de referência. Para isso, são avaliados os consumos de energia elétrica e térmica de cinco sistemas individuais: iluminação, bombas, elevadores, sistema de condicionamento de ar e sistema de aquecimento de água.

$$Red_{EP,AUC} = \left( \frac{C_{EP,AUC,ref} - C_{EP,AUC,real}}{C_{EP,AUC,ref}} \right) \times 100 \quad \text{[Equação 3]}$$

Onde:

$Red_{CEP,AUC}$ : percentual de redução do consumo de energia primária das áreas de uso comum na condição real em relação à AUC na condição de referência;

$C_{EP,AUC,ref}$ : consumo anual de energia primária das áreas de uso comum, de uso eventual e frequente, na condição de referência;

$C_{EP,AUC,real}$ : consumo anual de energia primária das áreas de uso comum, de uso eventual e frequente, na condição real

As certificações ambientais e as avaliações sobre a eficiência energética de edifícios são assuntos amplamente discutidos em revistas técnicas e no meio acadêmico. Por um lado, os aspectos mais abordados sobre certificações estabelecem comparativos entre os diferentes tipos ou comparativos com normas técnicas, além de discutir sobre os impactos e relevância em certificar uma edificação. Por outro lado, há diversas publicações sobre análises dos métodos de avaliação da eficiência energética de edificações, do RTQ-R e da INI-R, além das aplicações desses métodos.

Embora a INI-R não tenha sido publicada oficialmente até então, já existem trabalhos acadêmicos que abordam a nova atualização do método do INMETRO. ROSA (2018) analisou o desempenho energético da envoltória de um prédio residencial multifamiliar de alto padrão na Cidade de Florianópolis utilizando o método simplificado da INI-R, e NETO (2018) avaliou o nível de eficiência energética de casa geminadas utilizando o mesmo método.

Em algumas publicações, os assuntos certificações ambientais e eficiência energética são discutidos juntos. TESSARO; PIACENTINI (2016) apresentaram a implantação da certificação ambiental LEED com ênfase nos critérios de eficiência energética, e OLIVEIRA (2018) realizou uma comparação dos critérios de eficiência energética entre as certificações



ambientais. Percebe-se que ainda não há estudos que analisem comparativamente os métodos prescritivo do RTQ-R e simplificado da INI-R. Essa análise seria de grande relevância durante o andamento da consulta pública nº 18 e no decorrer dos 24 meses subsequentes à publicação da nova instrução, em que os dois métodos de avaliação irão coexistir.

Assim, este trabalho tem como objetivo a análise comparativa entre os métodos de avaliação de eficiência energética das unidades autônomas e das áreas de uso comum através do método prescritivo do RTQ-R e simplificado da INI-R, bem como seus impactos na pontuação da Certificação GBC Brasil Condomínio.

## 2 MÉTODO

Para alcançar os objetivos deste trabalho, o método empregado foi dividido em cinco etapas. Primeiramente, foram avaliados os critérios da categoria Energia e Atmosfera da certificação GBC Brasil Condomínio que utilizam o método de avaliação do RTQ-R como requisito.

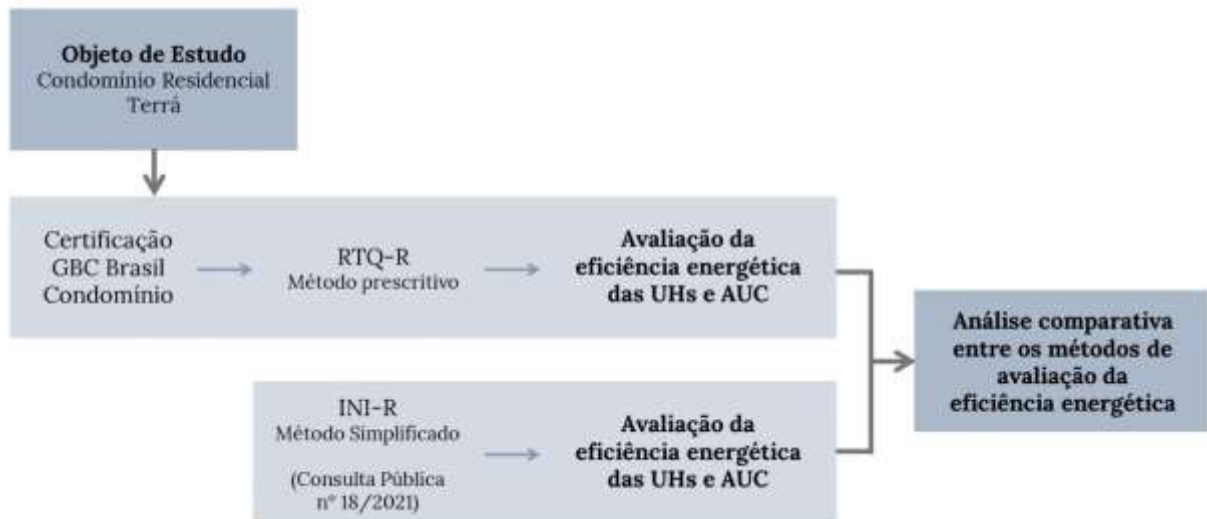
A segunda etapa foi a avaliação de eficiência energética das unidades autônomas e das áreas de uso comum do objeto de estudo através do método prescritivo do RTQ-R. Dentro desta etapa, foi necessária a utilização da ABNT - NBR 15220, partes 2 e 3, para determinação da zona bioclimática em que o empreendimento está localizado e cálculo das características térmicas das paredes externas e cobertura, respectivamente. A avaliação da eficiência energética das UHs foi realizada com a Planilha de Cálculo do Desempenho da UH disponibilizada pelo Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E). Para isso, as unidades autônomas foram agrupadas de maneira a apresentar o mesmo conjunto de características. Depois de obtidas as eficiências energéticas de todas as UHs, foi realizada a avaliação da edificação multifamiliar através da ponderação das classificações de suas unidades autônomas. A terceira etapa parte para a avaliação de eficiência energética das UHs e das AUC através do método simplificado da INI-R no estado em que se encontra a instrução. Para isso, foi utilizado o texto proposto na Consulta Pública Nº 18, de 12 de julho de 2021. A intenção inicial do trabalho seria avaliar a eficiência energética das unidades autônomas do objeto de estudo através do método simplificado da INI-R. Entretanto, foi verificado que algumas características da edificação se encontram fora dos limites estipulados para possibilitar a aplicação desse método.

A quarta etapa é a análise comparativa entre os métodos prescritivos do RTQ-R e simplificado da INI-R para avaliação das unidades autônomas e áreas de uso comum. As incompatibilidades encontradas nos limites de aplicabilidade do método simplificado geram distorções na avaliação de eficiência energética da edificação; portanto, nessa etapa optou-se por realizar a análise comparativa entre os procedimentos de avaliação das UHs, sem que a INI-R tenha sido aplicada. As avaliações das AUC puderam ser analisadas quanto aos procedimentos de cálculo e quanto aos resultados.

Por fim, a última etapa relaciona os resultados obtidos com os critérios da Certificação GBC Brasil Condomínio avaliados.

A Figura 1 apresenta o fluxograma do método aplicado no trabalho.

Figura 1 - Fluxograma do método aplicado



Fonte: A Autora

## 2.1 Objeto de Estudo

A fim de proceder com os objetivos do trabalho foi utilizado um projeto real, gentilmente cedido pelas incorporadoras Frass e Grupo Krystal, que se encontra em etapa inicial de obra, com previsão de término para 2023.

O objeto de estudo é o projeto do empreendimento Terrá, um edifício residencial multifamiliar de alto padrão, situado na cidade de Porto Alegre - RS. A edificação é composta por dez pavimentos de áreas privativas, com dois apartamentos a cada andar – sendo tipo os pavimentos de 3 a 9 – além das áreas condominiais localizadas no subsolo, térreo e terraço na cobertura.

Ao todo, o empreendimento compreende 18 unidades privativas com áreas que variam entre 133 e 155 m<sup>2</sup>, contempladas com infraestrutura condominial que inclui estacionamento, academia, bicicletário, salão de festas, *meeting place*, brinquedoteca, piscina e *rooftop*.

O projeto foi pensando com o objetivo de ser certificado ambientalmente pelo GBC Brasil Condomínio. Em função disso, algumas soluções foram adotadas durante a concepção do projeto com o intuito de deixá-lo mais sustentável e eficiente, como painéis fotovoltaicos para alimentação de parte da energia consumida pela área condominial; especificação de vidros com alto desempenho térmico; especificação de lâmpadas e equipamentos eficientes; sistemas de descarga com acionamento duplo, torneiras com restritores de vazão; aproveitamento de água pluvial para irrigação do jardim; etc.

As áreas privativas do 2º e 10º andar se diferem dos pavimentos tipo. No 2º andar, os apartamentos possuem espaço Garden, por isso as esquadrias das suítes master e 1 são compostas por portas-janelas; já no 10º andar os pés-direitos são mais altos em relação ao pavimento tipo. Características específicas da edificação, que serão relevantes para alcançar os objetivos, serão trazidas no decorrer do trabalho. As Figuras 2, 3 e 4 apresentam, respectivamente, o render do projeto, a planta baixa do pavimento tipo e a planta baixa do térreo, onde se localiza boa parte das áreas de uso comum. A fachada principal do empreendimento, que aparece em destaque no render, está voltada para a orientação solar noroeste.

Figura 2 - Render do Empreendimento Terrá



Fonte: INCORPORADORA FRASS (2021)

Figura 3 - Planta baixa do pavimento tipo

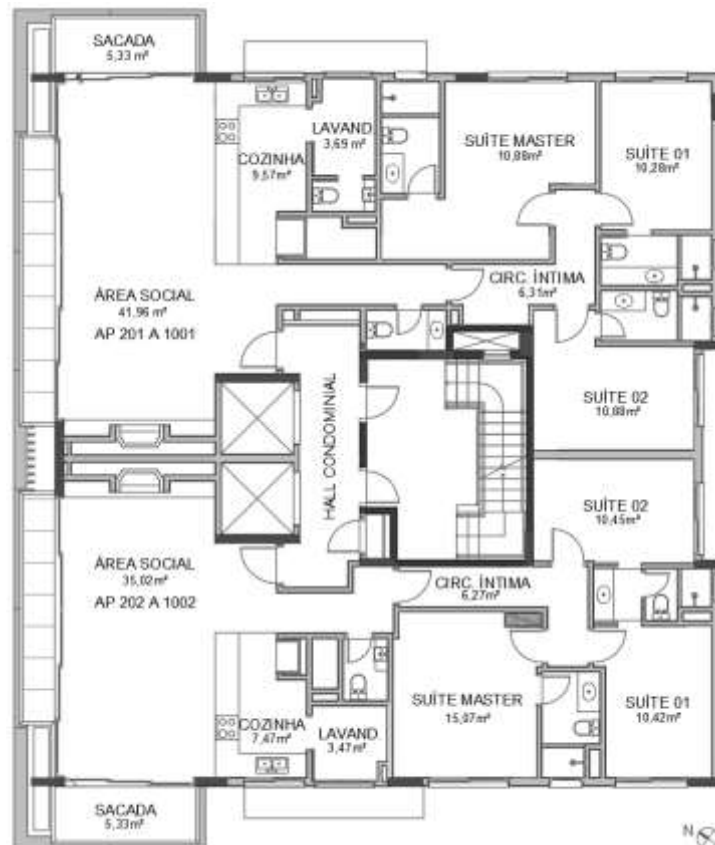
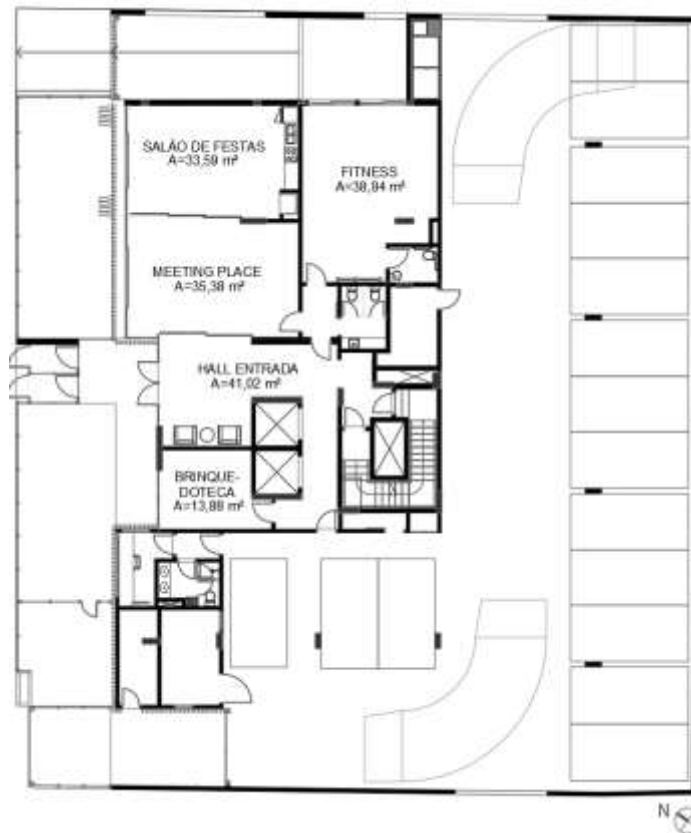


Figura 4 - Planta baixa do térreo



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Avaliação da eficiência energética da edificação através do método prescritivo do RTQ-R

##### 3.1.1 Unidades Autônomas

De acordo com a NBR 15220 (2003), Porto Alegre se encontra na Zona Bioclimática 3.

O sistema de vedação vertical da edificação é composto por blocos cerâmicos de dimensões 19x19x29 cm, argamassa de assentamento com espessura de 1 cm e reboco com espessura de 2 cm na face externa e 2 cm na face interna. O revestimento da fachada é de pastilha cerâmica na cor cinza. A cobertura da edificação consiste em terraço de uso condominial contendo áreas de estar, piscina e espaços vegetados. Os espaços vegetados são especificados como ecotelhado com altura de terra em torno de 42 cm destinado ao plantio de vegetação sobre laje de concreto. O terraço condominial consiste em uma laje impermeabilizada com revestimento de porcelanato 90x90.

As características térmicas dos sistemas construtivos da edificação em estudo foram calculadas conforme o método de cálculo apresentado na NBR 15220-2 (2005), cujos resultados estão indicados na Tabela 2.

Tabela 2 - Características Térmicas dos sistemas de vedações externas e cobertura do objeto de estudo

Sistema Construtivo	Transmitância Térmica – U [w/(m <sup>2</sup> K)]	Capacidade Térmica – CT [kJ/(m <sup>2</sup> K)]	Abstortância Solar – $\alpha$
Sistema de vedação vertical - Paredes Externas	1,82	217	0,607
Cobertura - Terraço Condominial	0,75	738	0,65
Cobertura - Ecotelhado	0,78	1257	0,2

Fonte: A autora

O único pré-requisito não atendido faz parte do sistema de aquecimento de água. Ele indica que, para obtenção dos níveis A e B, o projeto de instalações hidrossanitárias deve comprovar que nas tubulações não metálicas para água quente, a espessura mínima do isolamento deve ser de 1 cm, para qualquer diâmetro nominal de tubulação, com condutividade entre 0,032 e 0,040 W/mK. As tubulações especificadas no projeto são de PPR e não há especificação de isolamento térmico. Neste caso, esse pré-requisito não é atendido e sistema de aquecimento de água se limita a obtenção de no máximo nível de eficiência energética C. A avaliação dos pré-requisitos está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Avaliação do atendimento dos pré-requisitos da UH

Sistema abrangido	Pré-requisito	Avaliação do pré-requisito	Limitação de classificação energética para o sistema
Geral	Medição individualizada de água e eletricidade	Atendido	Não há
Envoltória da UH – Por APP	Características térmicas do sistema de vedação e cobertura	Atendido	Não há
	Ventilação natural	Atendido	Não há
	Iluminação natural	Atendido	Não há
Envoltória da UH	Ventilação cruzada	Atendido	Não há
	Ventilação natural	Atendido	Não há
Aquecimento de água	Resistência térmica dos reservatórios de água quente	Não se aplica	
	Isolamento de tubulações metálicas	Não se aplica	
	Isolamento de tubulações não metálicas	Não atendido	Nível C
	Sistema de aquecimento solar	Não se aplica	
	Sistema de aquecimento a gás	Atendido	Não há

Fonte: A autora

A avaliação da envoltória das unidades autônomas na planilha de desempenho inicia com a avaliação dos Ambientes de Permanência Prolongada (APPs). No objeto de estudo, cada UH é composta por quatro APPs: living (sala de estar + cozinha), suíte master, suíte 1 e suíte 2. O equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória considera apenas ventilação natural nesse método. O nível de eficiência da envoltória quando condicionada artificialmente é de caráter informativo, utilizada somente para obter a bonificação de condicionamento artificial de ar (OLINGER et al., 2019) e, portanto, não será apresentada neste estudo.

Com os resultados das avaliações das APPs das 18 unidades autônomas do objeto de estudo, indicados nas Tabelas 4 e 5, verificou-se que as envoltórias para verão e inverno apresentaram o mesmo nível de eficiência energética quando se tratava das mesmas APPs, submetidas às mesmas condições e orientações solares. As divergências de resultados aparecem apenas nas UHs 1001 e 1002, que possuem pés-direitos mais altos e estão imediatamente abaixo da cobertura, sendo assim expostas a condições diferentes das demais.

A última coluna das Tabelas 4 e 5 apresenta os resultados das envoltórias para verão e inverno para cada UH, que é a ponderação dos resultados das APPs.

Tabela 4 - Eficiência energética das envoltórias para verão por APP e da UH

ENVOLTÓRIA PARA VERÃO					UH
UHs	Suíte 2	Suíte 1	Suíte master	Living	
201	B	B	B	D	C
202	B	B	B	C	C
301	B	B	B	D	C
302	B	B	B	C	C
401/501	B	B	B	D	C
402/502	B	B	B	C	C
601/701/801	B	B	B	D	C
602/702/802	B	B	B	C	C
901	B	B	B	D	C
902	B	B	B	C	C
1001	B	C	B	D	C
1002	B	A	B	C	C

Fonte: A autora

Tabela 5 - Eficiência energética das envoltórias para inverno por APP e da UH

ENVOLTÓRIA PARA INVERNO					UH
UHs	Suíte 2	Suíte 1	Suíte master	Living	
201	A	A	A	A	A
202	A	B	B	B	B
301	A	A	A	A	A
302	A	B	B	B	B
401/501	A	A	A	A	A
402/502	A	B	B	B	B
601/701/801	A	A	A	A	A
602/702/802	A	B	B	B	B
901	A	A	A	A	A
902	A	B	B	B	B
1001	B	A	A	A	A
1002	A	B	B	B	B

Fonte: A autora

A suíte 2 apresentou nível de eficiência B para a envoltória para verão e A para inverno em todas as UH que não estão voltadas para a cobertura. Na UH 1001, essa mesma APP apresentou nível de eficiência B para a envoltória para inverno porque a cobertura imediatamente acima consiste em ecotelhado, que possui baixa absorvância solar (0,2).

Em todas as UHs não voltadas para a cobertura, a suíte 1 apresentou nível B de eficiência para a envoltória de verão. Na UH 1001, essa mesma APP apresentou nível de eficiência C em função absorvância do terraço condominial (0,65), que é o sistema construtivo imediatamente acima. Na UH 1002, a suíte 1 apresentou nível de eficiência A em função da baixa absorvância do ecotelhado. É importante ressaltar que as características térmicas, como a absorvância solar, apresentam efeitos inversos nos resultados de envoltória para verão e para inverno.

As suítes 1 e suítes master das UHs terminadas em 01 apresentaram nível de eficiência A para a envoltória para inverno e as mesmas APPs das UHs terminadas em 02 apresentaram nível de eficiência B para a mesma envoltória. Isso aconteceu porque as APPs das UHs terminadas em 01 estão voltadas para a fachada norte, conforme definição do RTQ-R, e as APPs das UHs terminadas em 02 estão para sul.

As bonificações possíveis de serem atendidas são: ventilação natural, iluminação natural, uso eficiente de água, condicionamento artificial de ar, iluminação artificial, ventiladores de teto, refrigeradores e medição individualizada. A tabela 6 apresenta a pontuação máxima e a pontuação alcançada com cada uma das bonificações.

Tabela 6 - Avaliação das bonificações das UHs

Bonificação	Pontuação máxima	Pontuação alcançada
Ventilação natural	0,4	0,12
Iluminação natural	0,3	0,2
Uso racional de água	0,2	0,06
Condicionamento artificial de ar	0,2	Não se aplica
Iluminação artificial	0,1	Não se aplica
Ventiladores de teto	0,1	Não se aplica
Refrigeradores	0,1	Não se aplica
Medição individualizada	0,1	0,1
<b>Total</b>	<b>1,5</b>	<b>0,48</b>

Fonte: A autora

Toda a demanda de aquecimento de água das UHs é fornecida por um sistema de aquecimento tipo instantâneo a gás. Para todas as UHs, os aquecedores instantâneos possuem ENCE A; assim, o nível eficiência alcançado para o sistema de aquecimento de água é A. Entretanto, em função do não atendimento ao pré-requisito de isolamento das tubulações não metálicas, o nível de eficiência obtido é C.

A pontuação do equivalente numérico da envoltória, equivalente numérico do sistema de aquecimento de água, bonificações e pontuação final das unidades autônomas foi apresentada na Tabela 7 e indica que, utilizando a Equação 1, o nível de eficiência energética para todas os casos é B. O limitador para obtenção do nível A foi o não atendimento de um dos pré-requisitos do sistema de aquecimento de água. Para o projeto de instalação de água quente poderia ter sido especificado um isolamento de 1 cm de materiais isolantes, como lã de rocha, que representaria um custo insignificante em comparação ao custo total das instalações. Neste caso, o pré-requisito passaria a ser atendido e o nível de eficiência energética dos sistemas de aquecimento de água seria A para todas as UHs, por consequência, o nível de eficiência energética final também seria A, para todos os casos.

Tabela 7 - Pontuação do equivalente numérico da envoltória, equivalente numérico do sistema de aquecimento de água, bonificações e pontuação final das unidades autônomas

Tabela 7 - UHS	EQUIVALENTE NUMÉRICO DA ENVOLTÓRIA		AQUECIMENTO DE ÁGUA		BONIFICAÇÕES	PONTUAÇÃO FINAL	
201	B	3,63	C	3	0,48	B	3,89
202	B	3,7	C	3	0,48	B	3,93
301	B	3,63	C	3	0,48	B	3,89
302	B	3,7	C	3	0,48	B	3,93
401/501	B	3,63	C	3	0,48	B	3,89
402/502	B	3,7	C	3	0,48	B	3,93
601/701/801	B	3,63	C	3	0,48	B	3,89
602/702/802	B	3,7	C	3	0,48	B	3,93
901	B	3,63	C	3	0,48	B	3,89
902	B	3,7	C	3	0,48	B	3,93
1001	B	3,51	C	3	0,48	B	3,81
1002	B	3,78	C	3	0,48	B	3,99

Fonte: A autora

A classificação de eficiência energética da edificação multifamiliar é obtida pela ponderação dos níveis de eficiência energética pela área útil da UH. Como todas as UHs obtiveram nível de eficiência B, o edifício multifamiliar também obteve nível de classificação energética B.

### 3.1.2. Áreas de Uso Comum

Toda a iluminação artificial especificada no projeto, tanto para as áreas de uso frequente quanto eventual, são de LED e apresentam nível A de eficiência energética.

Nas áreas comuns de uso frequente também são avaliadas as bombas e os elevadores existentes na edificação. O objeto de estudo possui um pressurizador, duas bombas de recalque para consumo e duas bombas de recalque para águas pluviais; em ambos os casos, apenas uma das bombas fica em funcionamento contínuo e a segunda atua como bomba reserva. Todos esses equipamentos apresentam nível A de eficiência energética. As informações a respeito do consumo energético dos elevadores foram repassadas pelo fornecedor - a edificação possui dois elevadores idênticos cujo nível de eficiência energética é B.

Nas áreas de uso eventual também são avaliados os equipamentos, o sistema de aquecimento de água e a sauna. Os aparelhos de refrigerador, fogão, lava louças, forno, televisão e aparelhos de ar-condicionado entregues instalados possuem selo Procel ou Conpet com nível de eficiência energética A. O sistema de aquecimento de água compreende apenas um chuveiro elétrico localizado na guarita, que possui potência igual 4400W; portanto, possui nível de eficiência energética D. O objeto de estudo não possui sauna, por isso, esse item não foi avaliado.

A Tabela 8 apresenta os resultados de equivalentes numéricos e potência total instalada por sistema avaliado.

Tabela 8 - Equivalente numéricos e potência total a ser instalada para sistema avaliado nas áreas de uso comum

Uso da Área Comum	Sistemas	EqNum	Potência Total
Frequente	Iluminação Artificial	5	3.019,75
	Bombas	5	22.458,21
	Elevadores	4	-
Eventual	Iluminação Artificial	5	1.322,84
	Equipamentos	5	22.981
	Aquecimento de Água	2	4.400
	Sauna	-	-



Fonte: A autora

A bonificações avaliadas são referentes ao uso racional de água, iluminação natural e ventilação natural em áreas de uso frequente. Quando atendidas, podem somar até 1 ponto na pontuação final das áreas comuns.

Os banheiros das áreas de uso comum possuem sistema de acionamento duplo. Entretanto, ainda assim a economia no consumo anual de água é desprezível em relação ao consumo anual de água. A garagem do empreendimento está localizada no subsolo, em função disso, não apresenta dispositivos de iluminação natural e ventilação natural. Além disso, o acabamento de teto da garagem é em concreto aparente, que possui refletância solar menor do que 60%. Sendo assim, nenhuma das bonificações foram atendidas.

De acordo com a Equação 2, a pontuação total do nível de eficiência das áreas de uso comum é 4,51. Para pontuações acima de 4,5, a classificação de eficiência energética é A.

### 3.2 Avaliação da eficiência energética da edificação através do método simplificado da INI-R

#### 3.2.1 Unidades Autônomas

A INI-R inicia sua avaliação apresentando as condições para a aplicação dos métodos simplificado e de simulação. O método simplificado tem sua aplicação restrita às edificações que tenham os seus parâmetros construtivos compreendidos entre os intervalos descritos nas Tabelas 6.1 e 6.2 da Consulta Pública nº 18 (2021). Os casos não compreendidos por esses limites devem ser avaliados pelo método de simulação.

Após a análise dos limites de aplicabilidade, verificou-se que o objeto de estudo apresentou algumas características fora dos limites estipulados como condição para aplicação do método simplificado da INI-R, apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Limites de aplicação do método simplificado do INI-R e características do objeto de estudo

Característica	Limites de aplicação do método simplificado do INI-R		Modelo real
	Mínimo	Máximo	
Capacidade Térmica da Cobertura – Ecotelhado (kJ/m <sup>2</sup> .K)	25	500	1.257
Capacidade Térmica da Cobertura – Terraço Condominial (kJ/m <sup>2</sup> .K)	25	500	738
Capacidade Térmica do Piso (kJ/m <sup>2</sup> .K)	25	440	504
Pé direito da UH	Constante		Variável

Fonte: Adaptado de INMETRO (2021)

Dessa maneira, não é possível aplicar o método simplificado da INI-R para a avaliação de eficiência energética do objeto de estudo, sendo necessária a utilização do método de simulação computacional.

#### 3.2.2. Áreas de Uso Comum

O consumo de energia elétrica do sistema de iluminação da AUC na condição real e de referência é determinado pela multiplicação entre a potência de iluminação total instalada e o seu tempo de uso, considerando os horários e dias de ocupação conforme as Tabelas G.1 e G.3 da Consulta Pública nº 18 (2021). Para a condição de referência, a potência de iluminação considerada foi a limite para a classificação D de eficiência energética conforme descrição da instrução normativa.

A estimativa de consumo energético relativo ao bombeamento de água é feita em função da estimativa de consumo de água. Para este cálculo não devem ser consideradas as bombas para fins decorativos, elevatórias de esgoto e bombas instaladas em piscinas; portanto, foi avaliada apenas a bomba de recalque para consumo do objeto de estudo. O consumo de água médio estimado foi de 540 m<sup>3</sup>/mês, a bomba especificada para a condição real possui potência de 10 CV e classificação de eficiência energética nível A. Para a edificação de referência, a classificação energética da bomba é C e a potência foi calculada a partir de um incremento em função da potência da bomba na condição real, resultando em 10,8 CV.

Conforme informado anteriormente, as informações a respeito do consumo energética dos elevadores foram repassadas pelo fornecedor, a edificação possui dois elevadores idênticos cujo nível de eficiência energética é B. O consumo energético do elevador na condição de referência foi calculado a partir de um incremento em função do consumo de condição real.

Estão previstos aparelhos de ar-condicionado tipo cassetes de 35.000 BTU/h para o salão de festas, meeting place e academia, e tipo high wall de 18.000 BTU/h para a brinquedoteca e guarita. Todos os aparelhos possuem classificação energética nível A. O consumo do sistema de condicionamento de ar na condição de referência considera o consumo nominal referente a um equipamento classe C.

O sistema de aquecimento de água, conforme já informado, contempla apenas um chuveiro elétrico localizado na guarita. Como condição de referência para sistemas sem acumulação, é considerado o chuveiro elétrico.

A Tabela 10 apresenta os resultados de consumo de energia elétrica e térmica da condição real e de referência por sistema avaliado.

Tabela 10 - Consumo de energia elétrica e térmica da condição real e de referência por sistema avaliado

Sistemas	Condição Real		Condição de Referência	
	Consumo de Energia Elétrica (kWh/ano)	Consumo de Energia Térmica (kWh/ano)	Consumo de Energia Elétrica (kWh/ano)	Consumo de Energia Térmica (kWh/ano)
Iluminação artificial	13.928,5	-	26.937,0	-
Bombas	50.244,6	-	54.264,1	-
Elevadores	973,7	-	1.217,2	-
Sistema de condicionamento de ar	14.793,6	-	16.569,6	-
Sistema de aquecimento de água	1.427,6	0	1.427,6	0
Equipamentos	6.735,0	-	6.735,0	-

Fonte: A autora

O consumo de energia primária das áreas de uso comum é obtido pela soma dos consumos estimados de energia elétrica e térmica, multiplicado pelo seu respectivo fator de conversão. Para a edificação, está prevista a instalação de 16 módulos de painéis fotovoltaicos sobre a laje e 10 sobre o pergolado, totalizando um potencial de geração de 12.183 kWh/ano. Portanto, para cálculo do consumo de energia primária na condição real foi subtraído esse potencial de energia primária gerada pela energia renovável.

O consumo anual de energia primária da AUC na condição real resultou em 121.472,14 kWh/ano e na condição de referência resultou em 117.440,9 kWh/ano. Pela Equação 3 tem-se que o percentual de redução do consumo estimado de energia primária para as AUC é 29%. Na

Tabela 9.2 da Consulta Pública nº18 (2021), verifica-se que a edificação apresentou classificação energética nível A para as áreas de uso comum.

### **3.3 Análise comparativa entre os métodos prescritivo do RTQ-R e do simplificado do INI-R para avaliação da eficiência energética**

Sabe-se que a INI-R se trata de uma instrução normativa que ainda está em fase de consulta pública e finalização para publicação oficial. Em função disso, até pouco tempo o Fórum para dúvidas no site do PBE Edifica ainda não havia sido aberto e o Manual de Aplicação e edifícios exemplos até então não foram publicados. Sendo assim, para desenvolver o trabalho enfrentou-se algumas dificuldades em compreender, analisar e aplicar o método.

Frente a isso, buscou-se esclarecimentos na bibliografia e foram feitas tentativas de contato com profissionais envolvidos no assunto. Gentilmente, teve-se retorno da Professora Michele Fossati, que é professora de Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), coordenadora do Núcleo de Edificações Residenciais do Centro Brasileiro em Eficiência Energética em Edificações e que está participando ativamente da elaboração da nova INI-R.

Para avaliação da classificação de eficiência energética das unidades autônomas e das áreas de uso comum, a INI-R propõe uma melhoria do indicador de desempenho de edificação, que tem o objetivo de auxiliar o consumidor na tomada de decisão no momento da escolha do seu imóvel. O RTQ-R, no entanto, classifica o desempenho energético utilizando o equivalente numérico, que é um indicador de consumo que não fornece uma ideia de grandeza relacionada ao consumo real da edificação. Esta limitação do RTQ-R não permite que a economia gerada por medidas de eficiência energética empregadas na edificação seja quantificada (LABEEE, [s.d.]). A proposta da INI-R, apresentada na Consulta Pública nº18, avalia o desempenho energético das edificações baseada no consumo de energia primária, comparando a edificação considerando suas características reais com a mesma edificação adotando-se características de referências, que equivalem à classe C de eficiência energética. Os sistemas individuais avaliados permanecem os mesmos do RTQ-R – a envoltória e o sistema de aquecimento de água. Entretanto, na nova proposta a avaliação do sistema de condicionamento de ar auxilia na determinação do consumo da envoltória, conforme comentado anteriormente.

A nova proposta não avalia as bonificações. De acordo com as respostas obtidas pelo fórum para dúvidas, disponibilizado no site do PBE Edifica, as bonificações do RTQ-R não eram quantificáveis do ponto de vista energético. Sendo assim, na INI-R esses itens passaram a ser contempladas no metamodelo, que será explicado em seguida.

#### **3.3.1 Unidades Autônomas**

Fossati (2021) enfatizou sobre a importância da inclusão das condições para aplicação dos métodos prescritivo e simplificado propostos pela INI-R, que representam grande avanço em relação ao método anterior. No método prescritivo do regulamento técnico de 2012, eram avaliadas edificações muito diferentes das edificações de referência utilizadas para formulação das equações; assim, em muitos casos essas equações não respondiam bem. Portanto, os limites de aplicabilidade representam uma diminuição nas distorções durante a avaliação.

O metamodelo do RTQ-R foi baseado em estudos que utilizaram métodos estatísticos para compreender o comportamento de milhares de simulações computacionais e chegar em uma regressão linear múltipla, capaz de avaliar a envoltória de edificação (ELI et al., 2020). Em um estudo comparando os resultados do metamodelo do RTQ-R com simulações, A.P. Melo (2016) constatou que esse metamodelo pode gerar resultados precisos para edificações com tipologias mais comuns, similares às adotadas na base de dados, e para tipologias mais incomuns, o ideal seria o método de simulação. Além disso, esse metamodelo vigente apresenta outras limitações:

subestima os efeitos positivos da ventilação natural ao superestimar o consumo de aquecimento, apresenta excessiva sensibilidade a capacidade térmica da envoltória (VAN DER KNAAP, 2011), e impossibilita o uso da ventilação natural em conjunto com o condicionamento artificial.

Com essas limitações, viu-se necessário o aprimoramento do método. O CB3E desenvolveu o novo metamodelo, que compõe a INI-R, por meio da aplicação de redes neurais artificiais. Esse metamodelo considera o uso da ventilação natural e do sistema de condicionamento de ar, resultando na análise da carga térmica de aquecimento, resfriamento e horas de conforto (ELI et al., 2020). Devido ao grande número de dados e a presença de relações não-lineares complexas, o metamodelo foi baseado em redes neurais artificiais, que consiste no processo iterativo de ajuste dos pesos das conexões entre os dados de entrada e os dados de saída (MAZZAFERRO et al., 2018). Ainda assim, para edificações mais complexas o metamodelo não responde bem e é recomendado que a avaliação seja realizada através de simulações computacionais.

Nesse contexto, os limites de aplicabilidade do método simplificado da INI-R classificam a edificação a ser avaliada em tipologias comuns ou incomuns. Para as tipologias mais comuns, a avaliação da envoltória por esse método é realizada através do metamodelo baseado em redes neurais artificiais, proposto por A.P. Melo (2016) e desenvolvido pelo CB3E (2018), que se mostraram muito mais eficientes do que o modelo de regressão linear utilizado no atual RTQ-R.

De acordo com o PBE EDIFICA [s.d.] a nova proposta de avaliação propõe a compatibilização da instrução normativa do INMETRO com a norma de desempenho NBR 15575-1 (2021). Assim, o metamodelo, baseado em redes neurais, segue as recomendações da nova atualização da norma de desempenho térmico. Nela são incluídos novos dados para a avaliação do projeto. Entre eles estão as características dos elementos transparentes, que tem por objetivo melhor caracterizar o desempenho das esquadrias que são fatores tão importantes para a envoltória quanto as vedações verticais; características térmicas do piso; e o ângulo vertical de obstrução do entorno, que caracteriza o contexto a que a edificação está inserida, mas que não era avaliado pelo método prescritivo do RTQ-R, apenas de simulação. Esse novo método de avaliação apresentou inúmeras evoluções em relação a abordagem de método prescritivo do RTQ-R. A destacar:

- Simulação anual de temperaturas como um todo, que permite incluir as variações climáticas que ocorrem ao longo dos 365 dias do ano;
- Inclusão da avaliação das cargas internas da edificação, como pessoas, iluminação e equipamentos, bem como a definição dos horários de maior ocupação. No método prescritivo do RTQ-R a avaliação era realizada como se a edificação ainda não tivesse sido ocupada;
- Novos indicadores de desempenho: percentual de horas de ocupação dentro de uma faixa de temperatura operativa que varia com o clima (PHFT), temperaturas anuais máximas e mínimas (Tomáx e Tomín) e cargas térmicas de refrigeração e aquecimento (CgTR e CgTA), que permitem a avaliação simultânea do uso de ventilação natural e do sistema de condicionamento de ar.

A avaliação do sistema de aquecimento de água através do RTQ-R é avaliada através de um equivalente numérico global obtido pela combinação das porcentagens de demanda de aquecimento de água de cada sistema multiplicado pelo respectivo equivalente numérico. Pela INI-R, passa a ser avaliado na INI-R em função do percentual de redução do consumo de

energia primária necessário para atender a demanda de água quente da edificação, comparando o consumo da edificação real com a edificação de referência. A avaliação desse consumo permite que a energia térmica e elétrica, que pode ter origem de diversas fontes, seja contabilizada (LABEEE, [s.d.]).

Outra diferença entre os métodos trazida por Fossati (2021) é que a nova instrução não avalia a edificação multifamiliar como um todo, ou seja, não há ponderações relacionadas aos resultados das UHs isoladas. Essa evolução se justifica porque a intenção é que os proprietários dos imóveis tenham os resultados de eficiência da sua unidade e não o valor global do edifício multifamiliar.

### **3.3.2. Áreas de Uso Comum**

Os sistemas individuais avaliados em cada um dos métodos, de maneira geral, se mantem os mesmos, mas em todos os casos houve alterações no método de avaliação já que a INI-R propõe que a classificação de eficiência energética seja obtida em função do consumo estimado de cada sistema e não em função do equivalente numérico como era no RTQ-R. Os sistemas avaliados em ambos os métodos são: iluminação artificial, bombas, elevadores, condicionadores de ar, equipamentos eletrodomésticos e aquecimento de água. No RTQ-R também eram avaliadas as saunas, quando existentes, mas esse item deixou de ser avaliado na atualização.

Ao avaliar as estimativas de consumo dos sistemas individuais, a INI-R avalia não só a potência dos sistemas instalados, mas também a estimativa de ocupação desses sistemas. Essa situação melhor caracteriza a condição real do objeto de estudo, pois avalia a edificação já ocupada e não o momento antes da ocupação.

Outra evolução importante no novo método de avaliação da AUC é a inclusão do potencial de geração de energia renovável. No Regulamento técnico de 2012, a geração de energia renovável não era avaliada na classificação de eficiência energética. Entretanto, o Balanço Energético Nacional de 2012 para cá evidencia que a taxa de geração de energia renovável, como a fotovoltaica, tem aumentado muito inclusive no setor residencial (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE.). Dessa maneira, a atualização do método de avaliação de eficiência energética e a consideração da geração de energia renovável se torna imprescindível.

A avaliação das áreas de uso comum resultou que a classificação da AUC A através de ambos os métodos, embora a pontuação obtida através do RTQ-R tenha sido o limite entre as classificações A e B. No primeiro método, os sistemas individuais recebem ponderações em função do uso (seja eventual ou frequente) e da potência; sendo assim, não é levado em consideração o impacto na classificação de eficiência energética devido ao período de utilização de cada sistema. No segundo método, a ponderação é realizada em função da quantidade de consumo e economia em relação a condição de referência; ou seja, sistemas com consumos mais altos apresentam maior impacto no nível de classificação de eficiência energética; neste caso os resultados apresentaram maior sensibilidade aos sistemas que são mais utilizados na edificação.

A Tabela 11 apresenta o quadro resumo da análise comparativa entre os métodos de avaliação da eficiência energética de edificações residenciais.

Tabela 11 - Quadro resumo da análise comparativa entre os métodos de avaliação da eficiência energética de edificações residenciais

Assunto	RTQ-R	INI-R
Indicador de desempenho	A avaliação é realizada utilizando o equivalente numérico, que não é quantificável do ponto de vista energético.	A avaliação é realizada a partir das estimativas de consumo de energia da edificação real em relação a condição de referência. Assim, essa avaliação pode servir de indicador para auxiliar consumidores durante a escolha de um imóvel.
Bonificações	As bonificações avaliadas não são quantificáveis do ponto de vista energética.	As bonificações não são avaliadas separadamente, sendo assim, os assuntos tratados na RTQ-R foram incorporados no metamodelo.
Limites de aplicabilidade do método simplificado	São avaliadas edificações muito diferentes das edificações de referência utilizadas para formulação das equações do método prescritivo, nesse caso as equações não respondem bem.	Inclusão da avaliação dos limites para aplicação do método, que garante que apenas edificações similares às utilizadas para elaboração do metamodelo sejam avaliadas através do método simplificado, diminuindo distorções.
Metamodelo	Metamodelo baseado em regressões lineares múltiplas que respondem bem apenas para edificações mais comuns.	Metamodelo baseado em redes neurais artificiais capaz de responder bem também em situações complexas.
Compatibilização com a NBR	Método de avaliação diverge da norma de desempenho.	Compatibilização do método de avaliação com a norma de desempenho NBR 15575-1 (2021).
Classificação da edificação multifamiliar	Classificação da eficiência da edificação multifamiliar através da ponderação das classificações da UH.	A edificação multifamiliar não é avaliada como um todo, porque há a intenção de que cada consumidor conheça o resultado da sua unidade.
Avaliação da AUC baseado no consumo de energia	Classificação ponderada pela potência dos equipamentos instalados.	Classificação ponderada pelo consumo estimado de cada equipamento instalado. Nesse caso, os sistemas mais utilizados têm maior impacto nos resultados de classificação.
Consideração da geração de energia	Não é avaliada no RTQ-R.	Inclusão do potencial de geração de energia renovável na avaliação.

Fonte: A autora

### 3.4 Avaliação dos critérios da Certificação GBC Brasil Condomínio que utilizam os métodos do PBE Edifica como requisito

A partir dos resultados obtidos com a aplicação do método prescritivo do RTQ-R, obteve-se que o critério obrigatório de Desempenho Mínimo da Envoltória, da Certificação GBC Brasil Condomínio, é atendido dado que o condomínio Terrá atende aos pré-requisitos de características térmicas, ventilação natural e iluminação natural descritas no item 3.1.1 do regulamento Técnico.

O critério obrigatório de Fontes de Aquecimento de Água Eficientes não é alcançado em função do não atendimento do pré-requisito de isolamento das tubulações de água quente não metálicas descrito no RTQ-R. Essa situação inviabilizaria a submissão da certificação ao empreendimento. Entretanto, uma alternativa para atender ao critério obrigatório, conforme já mencionado, seria incluir a especificação de isolamentos para as tubulações.

A avaliação das áreas de uso comum através do RTQ-R apresentou nível de eficiência energética A; portanto, a pontuação máxima do crédito para obter a etiqueta PBE Edifica é alcançada, caso a incorporadora opte pela etiquetagem da edificação.

Pelo método prescritivo do RTQ-R, a edificação apresentou nível de eficiência energética B para a avaliação da envoltória. Assim, a pontuação adquirida com o crédito de Desempenho Aprimorado da Envoltória é 1 ponto.

A Tabela 12 apresenta os critérios avaliados no trabalho e a pontuação obtida.

Tabela 12 - Resultados da avaliação dos critérios da Certificação GBC Brasil Condomínio utilizando o RTQ-R

Critério		Pontuação	Pontuação Alcançada
EA PR1	Desempenho Mínimo da Envoltória	Obrigatório	Atendido
EA PR2	Fontes de Aquecimento de Água Eficientes	Obrigatório	Não atendido
EA CR2	Obter a etiqueta PBE Edifica	2 a 3 pontos	3 pontos
EA CR3	Desempenho Aprimorado da Envoltória	1 a 3 pontos	1 ponto

Fonte: A autora

Com o advento da alteração do método de avaliação de eficiência energética de edificações residenciais do RTQ-R para a INI-R, passados os 24 meses em que os métodos irão coexistir, haverá a necessidade de atualizar os critérios da certificação que reconhecem o PBE Edifica como um método efetivo. Para isso, o GBC Brasil deverá propor uma adaptação desses créditos de maneira a adequar a certificação conforme a nova instrução normativa, visto que a INI-R apresenta alterações em relação ao RTQ-R que impactam diretamente no atendimento dos requisitos.

A iniciar, a INI-R, no estado atual, não apresenta pré-requisitos de envoltória; neste caso os critérios obrigatórios de Desempenho Mínimo da Envoltória e Fontes de Aquecimento de Águas Eficientes, precisarão ser reavaliados de modo a não serem atendidos pelo cumprimento de pré-requisitos. Além disso, a nova INI-R não avalia a edificação multifamiliar como um todo; portanto, o crédito Desempenho Aprimorado da Envoltória deverá avaliar ponderações dos níveis de eficiência energética das UHs, que represente a edificação como um todo e relacione às pontuações possíveis de serem obtidas com esse crédito.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crise em função do esgotamento dos recursos de fontes geradoras não-renováveis e o aumento do consumo de energia elétrica no setor residencial torna cada vez mais relevante a avaliação de eficiência energética dessas edificações principalmente na etapa de projeto, a fim de possibilitar a concepção de projeto orientado a desempenho, que permite intervenções para garantir a execução de edificações mais eficientes.

Comparando-se os resultados das avaliações das áreas de uso comum através dos dois métodos, verificou-se que a nova proposta permite uma avaliação mais aprofundada, porque os sistemas avaliados são ponderados em função da quantidade de consumo de energia. Ou seja, quanto maior for a utilização do sistema e, ao mesmo tempo, maior for a economia em relação a condição de referência, maior será o impacto no percentual global de redução de energia primária; conseqüentemente, maior será o nível de classificação de eficiência energética.

As limitações já verificadas no método de avaliação atual – RTQ-R - e a difusão de alternativas renováveis para a geração de energia, não contempladas pelo método vigente, evidenciam a necessidade de atualização do método de avaliação de eficiência energética dos edifícios. Reconhece-se assim, a importância de um novo método que denote um caráter dinâmico e atualizado de avaliação de eficiência energética, com base na comparação de consumo, já utilizado em outras certificações.

A nova proposta de avaliação, tratada pela Consulta Pública nº 18 (2021) e que constituirá a INI-R, torna tangível a avaliação de eficiência energética porque utiliza características quantificáveis da edificação – os sistemas individuais são avaliados quanto ao consumo de energia elétrica e térmica, que posteriormente são convertidos em energia primária. Essa evolução é muito importante, pois pode auxiliar na tomada de decisão dos consumidores no momento de compra de um imóvel. Além disso, a nova instrução normativa apresenta resultados mais condizentes com a edificação, graças a redução de distorções possibilitada pelos limites de aplicabilidade do método simplificado, visto que esse método é utilizado apenas em edificações cujas características respondem bem ao metamodelo.

Para trabalhos futuros, sugere-se um estudo comparativo entre os métodos utilizando um projeto perfeitamente dentro dos limites de aplicabilidade do método simplificado, para permitir uma comparação integral entre o RTQ-R e a INI-R. Sugere-se também a análise comparativa dos regulamentos através do método de simulação. Diante da falta de informações sobre o novo método até o momento, levanta-se a possibilidade de realizar a avaliação de eficiência energética do edifício exemplo, disponível no site do PBE Edifica, utilizando a INI-R que servirá de referência para futuras análises. Ademais, verifica-se a necessidade do desenvolvimento de novos critérios de avaliação da Certificação GBC Brasil Condomínio utilizando a instrução normativa, para quando o RTQ-R cair em desuso.

## REFERÊNCIAS

ABNT - NBR 15220-2. NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações — Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**, p. 1–34, 2005.

ABNT - NBR 15220. Desempenho térmico de edificações — Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**, p. 1–23, 2003.

ABNT - NBR 15575-1. Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**, p. 1–135, 2021.

ALBUQUERQUE, M. S. C. DE; AMORIM, C. N. D. Iluminação natural: indicações de profundidade-limite de ambientes para iluminação natural no Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais - RTQ-R. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 2, p. 37–57, 2012.



MELO, A.p. et al. Development and analysis of a metamodel to represent the thermal behavior of naturally ventilated and artificially air-conditioned residential buildings. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 112, p.209-221, jan. 2016. Elsevier BV.

CB3E. **Edificação Residenciais**. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/manuais>>. Acesso em 10/11/2021

CB3E. **Planilhas e Catálogos para o RTQ-R**. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/node/218>>. Acesso em: 10/08/2021

CBIC. **Melhorias na regulamentação de eficiência energética de edificações residenciais**, 2021. Disponível em: <<https://cbic.org.br/inovacao/2021/08/27/artigo-melhorias-na-regulamentacao-de-eficiencia-energetica-de-edificacoes-residenciais/>>. Acesso em 16/10/2021

ELETROBRAS, S. P. et al. Lei de Eficiência Energética. p. 49–51, 2013.

ELI, L. G. et al. Análise de Sensibilidade do Metamodelo da Etiquetagem Brasileira: Edificações Residenciais. v. 2020, 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. Balanço Energético Nacional - BEN 2021. **Rio de Janeiro**, 2021.

FOSSATI, Michele. Comunicação Pessoal, 20 de setembro de 2021.

GBC BRASIL. Guia de Certificação GBC Brasil Condomínio. **GBC BRASIL**, 2017.

INMETRO. RTQ-R. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. 2012

INMETRO. Consulta Pública Nº 18, de 12 de julho e 2021. 2021.

LABEEE. **Eficiência Energética em Edificações**. Disponível em: <<https://labeee.ufsc.br/linhas-de-pesquisa/eficiencia-energetica-em-edificacoes>>. Acesso em: 18/10/2021

LABEEE. **Novo método de avaliação energética de edificações com base em energia primária**, [s.d.]. Disponível em: <<https://labeee.ufsc.br/novo-metodo-avaliacao-cb3e>>. Acesso em 20/10/2021

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência Energética na Arquitetura. v. 3ª Edição, 2014.

MAZZAFERRO, L. et al. Desenvolvimento do metamodelo para a etiquetagem de edificações residenciais. **XVII Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído**, n. November, 2018.

NETO, A. B. Análise Da Eficiência Energética De Uma Edificação Residencial Através Da Nova Proposta Brasileira De Etiquetagem De Edificações. p. 64, 2018.

OLINGER, M. S. et al. Definição de Escalas de Eficiência Energética da Envoltória em Edificações Residenciais: Etiquetagem Brasileira. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, n. Esp., p. 1–8, 2019.

OLIVEIRA, JORGE A. DE C.; SPOSTO, R. M.; BLUMENSCHNEIN, R. N. GEPROS : Gestão da Produção, Operações e Sistemas. **Revista GEPROS**, v. 0, n. 2, p. 11, 2012.

OLIVEIRA, M. M. D. E. Estudo Comparativo dos Certificados Verdes no Âmbito da Eficiência Energética. 2018.

PBE EDIFICA. **Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INI-R)**, [s.d.]. Disponível em: <<https://pbeedifica.com.br/nova-ini/inir>>. Acesso em 15/09/2021

PBE EDIFICA. **PBE - Programa de Etiquetagem Brasileiro**, [s.d.]. Disponível em: <<https://pbeedifica.com.br/sobre>>. Acesso em 16/10/2021

PROCEL. **Relatório de Resultados do Procel 2021 - ano base 2020**, [s.d.]. Disponível em: <<http://www.eletrobras.com/pci/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=&params=itemID=%7B692C8EE2-0F26-4806-9A14-19F19B11DF76%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>>. Acesso em 18/10/2021

ROSA, H. R. Avaliação Da Eficiência Energética De Uma Edificação Multifamiliar Por Meio Da Ini-R. p. 74, 2018.

TESSARO, A. P.; PIACENTINI, M. Implantação do Sistema Internacional de Certificação LEED com ênfase em Eficiência Energética em um Edifício no município de de Caçador - SC. p. 54–62, 2016.

VAN DER KNAAP, A. N. Building Performance Simulation to Support Building Energy Regulation: a case study for residential buildings in Brazil. Eindhoven, 2011. Tese. Master Building Services, Department of the Built Environment, Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 2011.