

Análise comparativa de métodos de avaliação da eficiência energética em uma edificação comercial no semiárido potiguar

Keliany da Silva Lima
Eng. Elétrica – Centro de Engenharias
Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA)
Mossoró, Brasil
keliany.lima@hotmail.com

Fabiana Karla de O. M. Varella
Departamento de Engenharia e Tecnologia
Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA)
Mossoró, Brasil
fkv@ufersa.edu.br

Resumo — Este trabalho tem como objetivo analisar um restaurante classificado como edificação comercial na cidade de Mossoró – RN e avaliar a sua eficiência energética aplicando as metodologias RTQ-C e INI-C. Para o RTQ-C foi utilizado o método prescritivo, através de cálculos orientados por parâmetros do regulamento, associados às características da edificação. Já para o INI-C foi utilizado o método simplificado, através de metamodelos baseados em redes neurais artificiais. Após as análises da envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar, foi apresentada a classificação geral para cada método. Ambas as metodologias com suas particularidades e considerações foram analisadas e comparadas, tanto em relação ao processo, quanto aos resultados e possibilidades exploratórias. A classificação geral para os dois métodos resultou no Nível B, porém o método simplificado do INI-C mostrou-se mais representativo por apresentar maior variedade de informações e mais parâmetros que proveram, além da classificação da eficiência energética, dados como carga térmica e consumo de energia da edificação, permitindo análises mais específicas.

Palavras-chave — Edificações eficientes, Programa Brasileiro de Etiquetagem, Desempenho, Eficiência energética.

I. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável está em discussão há bastante tempo, e no meio construtivo vem sendo aperfeiçoada a classificação energética por meio de etiquetagem de edificações eficientes visando incentivar as políticas públicas de eficiência energética. Este modelo de construção visa o uso racional de energia, de recursos naturais e combater os desperdícios desses, minimizando resíduos e emissões de CO₂, entre outros benefícios ao meio ambiente.

Neste contexto, em 2003, foi criado o PROCEL Edifica, que avalia a eficiência de edificações em parceria com o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO. Entre 2009 e 2013 foram publicados os Regulamentos Técnicos da Qualidade – RTQs, o RTQ-R para edificações residenciais e RTQ-C para edifícios públicos, comerciais e de serviços, juntamente com documentos auxiliares, como o RAC - Requisitos de Avaliação da Conformidade para eficiência energética de edificações e alguns manuais para aplicação [1].

Recentemente, o PROCEL Edifica e a Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC desenvolveram uma nova proposta de avaliação denominada INI - Instrução Normativa Inmetro. Este método se baseia no consumo da energia primária de edificações a partir da utilização de um metamodelo fundamentado através de redes neurais artificiais [2].

Por todo o exposto, o presente trabalho realizará um estudo de caso analisando um restaurante na cidade de Mossoró/RN, categorizado como edificação comercial, onde serão aplicadas duas metodologias de avaliação, RTQ-C e INI-C, com a finalidade de obter a classificação de desempenho através de cada método mencionado e analisar as diferenças entre o processo de desenvolvimento da avaliação.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

A. Edificações Eficientes

No decorrer de sua vida útil uma edificação consome grande quantidade de energia, água potável e recursos naturais, além de gerar resíduos e emissão de CO₂. Segundo [3], o consumo de eletricidade do setor comercial, no ano de 2019, foi de aproximadamente 17%, e de acordo com [4] a principal fonte de energia utilizada nas edificações comerciais é a eletricidade, com aproximadamente 90% de participação.

Sabe-se que a matriz energética brasileira é composta principalmente por usinas hidrelétricas que podem ter sua geração comprometida em períodos de seca, explicado pela queda do nível de água em seus reservatórios. Levando em consideração a crescente demanda por energia, o investimento em eficiência energética é uma das alternativas para trazer resultados rápidos e bastante relevantes no consumo energético de edificações [3].

Segundo [2], eficiência energética pode ser compreendida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Sendo assim, um edifício é considerado mais eficiente energeticamente do que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais e de conforto ao usuário com menor consumo de energia. As características técnicas da construção, além do microclima, a temperatura externa, a radiação solar, o vento, as trocas

térmicas das paredes e cobertura, a transmissão de calor no interior da edificação pelos usuários, a iluminação e os equipamentos eletrônicos, são variáveis que influenciam no balanço energético de uma edificação [5].

Para realizar a classificação dos edifícios de acordo com sua sustentabilidade, incluindo seus gastos energéticos, surgiram procedimentos de certificação ambiental, sendo os pioneiros o BREEAM - *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* no Reino Unido, o LEED - *Leadership in Energy & Environmental Design* nos Estados Unidos e o HQE - *Haute Qualité Environnementale des Bâtiments* na França [6].

Perante um contexto internacional de preocupações ambientais, em 1985 o governo brasileiro instituiu o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, com a missão de promover o uso racional de energia elétrica em todo país e entre suas principais iniciativas está a criação do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE [7]. Após a crise energética de 2001, a “crise do apagão”, foi também instituída a Lei nº 10.295 [8] de 17 de outubro de 2001, conhecida como Lei de Eficiência Energética (LEE), que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Esta lei é regulamentada pelo decreto 9.864 [9] de 27 de junho de 2019 e dispõe sobre o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética.

A partir do surgimento do PROCEL, da LEE, decretos e diretrizes sobre eficiência energética, foram criados os métodos brasileiros de avaliação em edifícios comerciais, conhecidos como Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C e posteriormente, a Instrução Normativa Inmetro para Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas – INI-C.

B. Regulamento Técnico de Qualidade – RTQ

Em 2009, a Eletrobrás, em parceria com o INMETRO elaborou e publicou os RTQs como método de avaliação para etiquetagem do nível de eficiência energética de edificações. Os regulamentos foram elaborados em dois tipos, RTQ-R, para edificações residenciais, e RTQ-C, para edifícios comerciais, de serviços e públicos [10].

1) Regulamento Técnico de Qualidade para Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas – RTQ-C

Conforme [11], no Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - RTQ-C são estabelecidos critérios para avaliar o desempenho de edificações segundo três sistemas: envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar, visando a obtenção da eficiência energética em conjunto com o conforto ambiental da construção.

Para a edificação ser elegível à etiquetagem, é necessário o cumprimento de pré-requisitos gerais para cada nível de “A” à “E”. Dependendo do nível desejado para o edifício, também são exigidos pré-requisitos específicos da envoltória, do sistema de iluminação e do sistema de

condicionamento de ar. Existem também bonificações que são concedidas às iniciativas que somem eficiência à edificação, podendo receber até um ponto a mais na classificação geral do edifício. As bonificações podem ser sistemas e equipamentos que racionalizem o uso da água, fontes renováveis de energia, sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas que comprovadamente aumentem a eficiência energética da edificação. Além disso, por exemplo, edifícios com elevadores que atingirem nível A receberão 0,5 pontos.

O RTQ-C apresenta duas possibilidades para avaliação dos edifícios: através do método prescritivo e por simulação computacional do desempenho termenergético, que compara o desempenho do edifício proposto para ser etiquetado (real) com um edifício similar (de referência), cujas características devem estar de acordo com o nível de eficiência pretendido [12].

A referência [11] informa que o método prescritivo avalia o sistema de envoltória através de cálculos orientados por parâmetros estabelecidos no regulamento, associado às características da edificação, gerando como resultado o “Índice de Consumo da Envoltória”, um valor adimensional de 1 a 5, que indica critérios de classificação e de desempenho, de A (acima de 4,5 pontos) a E (abaixo de 1,5 pontos). Neste método não é considerada a ventilação natural, nem consumo de equipamentos. Já no método de simulação, a edificação deve ser modelada conforme as características de projeto e a classificação da envoltória é determinada segundo as horas ocupadas em conforto dos ambientes de permanência prolongada não condicionados, ou seja, a quantidade de horas passível de conforto em um ambiente geralmente ocupado por um grande período de tempo sem possuir condicionamento de ar. Apenas este método possibilita considerar a ventilação natural dos ambientes, por isso é recomendado como complementar ao método prescritivo.

C. Instrução Normativa Inmetro – INI

Foram constatadas algumas limitações relacionadas ao atual método prescritivo do RTQ, e através de consultas à literatura e segundo [13], é evidenciada a falta de representação por volumetria da edificação; o uso de parâmetros ponderados para toda edificação; a necessidade de levantamento de dados não significativos na avaliação; o fato de não considerar influências do entorno edificado; o uso de apenas um padrão de carga térmica interna e padrão de uso e ocupação, não considerando a influência da limitação natural e ventilação natural; e por fim, o fato de não englobar várias tipologias muito recorrentes na construção.

Assim, tornou-se necessária a atualização do RTQ-C propiciando o desenvolvimento de um novo método de avaliação que leva em conta uma condição de referência e outra de estudo (real) de acordo com o consumo de energia primária¹ dos sistemas avaliados.

¹ A energia primária refere-se à forma de energia disponível na natureza que não foi submetida a qualquer processo de conversão ou transformação, ou seja, é a energia contida nos combustíveis ainda brutos. Ela pode tanto ser proveniente de fontes renováveis quanto de fontes não

renováveis e, quando não são utilizadas diretamente, podem ser transformadas em fontes de energia secundárias como eletricidade, ou calor, por exemplo [15].

1) Instrução Normativa Inmetro para Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas – INI-C

Visando utilizar o consumo de energia primária como indicador de eficiência, o PROCEL Edifica e o Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações - CB3E lançaram uma nova proposta para a avaliação de eficiência energética das edificações, no caso, a Instrução Normativa Inmetro para a Classe de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas – INI-C.

Este novo método analisa as características de certa edificação real com condições de referência que equivalem à classe energética D e compara com a edificação em estudo e também baseia-se numa proposta de atualização do Zoneamento Bioclimático Brasileiro e da NBR 15220 que segmenta o território nacional em vinte e quatro zonas, para tratar os dados climáticos de cada região, proporcionando um agrupamento mais homogêneo, assim como propõe características de desempenho mais eficientes dentro de cada contexto climático [14].

Como mencionado anteriormente, o método simplificado avalia a envoltória através da criação de metamodelos baseados em redes neurais artificiais. Para isso, os dados da edificação são aplicados à planilha de metamodelo em duas condições – real e referência. A condição real corresponde exatamente à edificação de estudo, enquanto para a de referência se aplicam dentro dos mesmos aspectos de geometria e configuração de zonas térmicas internas (conforme a disposição de ambientes) da construção real, materiais e características de envoltória padronizados, conforme os aspectos construtivos predominantes no contexto brasileiro para o tipo de ocupação estudado. Os valores de consumo de energia anual com refrigeração dos ambientes podem ser obtidos, ou seja, a carga térmica de resfriamento para as duas condições, e estes valores são correlacionados para a definição da classificação de desempenho [15].

O método de simulação baseia-se em um modelo computacional da edificação contraposto a um modelo de referência (conforme parâmetros pré-estabelecidos no método). O objetivo desse método é obter as horas não atendidas de conforto da edificação e correlacionar com a carga térmica anual [15]. Para a utilização do método simplificado da INI-C, certos valores dos parâmetros da edificação devem ser respeitados. Caso algum valor encontre-se fora dos limites expostos, deve-se optar pelo método de simulação computacional. Também é recomendada a simulação para edificações que possuam formas complexas e que possuam soluções de desempenho inovadoras. Por meio de simulações, obtém-se o consumo final por uso dos sistemas individuais em energia elétrica e térmica. Os resultados são então utilizados para calcular o consumo de energia primária da condição real e da condição de referência, e posteriormente é realizada a classificação da edificação.

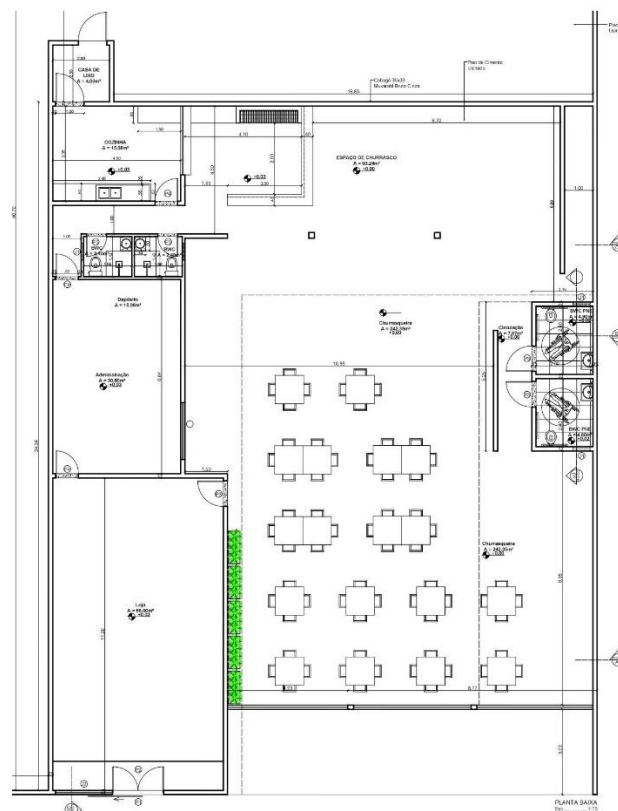
III. METODOLOGIA

Por todo o exposto, esta seção tratará inicialmente sobre a descrição da unidade consumidora onde o trabalho foi realizado e posteriormente serão detalhados os métodos utilizados, que foram o método prescritivo para o RTQ-C através do regulamento [11] automatizado por [16], e o método simplificado para o INI-C através de [17].

A. Unidade comercial

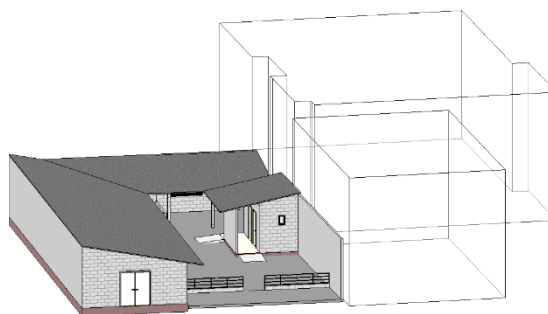
A edificação comercial trata-se de um restaurante, localizado em Mossoró/RN que foi construída em 2020. O empreendimento possui apenas térreo, a planta baixa encontra-se na Fig. 1. O pé-direito do pavimento do prédio é de 4,0 m, a fachada principal está na direção sudoeste, com sombreamento da fachada sudeste devido aos edifícios adjacentes, como ilustrado na Fig. 2. O restaurante em estudo apresenta áreas de circulação, quatro banheiros, loja, sala para administração/depósito, cozinha, espaço de churrasco e um amplo pátio para realização das refeições, denominado de churrasqueira no projeto.

Fig. 1. Planta baixa



Fonte: [18].

Fig. 2. Perspectiva do edifício comercial



Fonte: Autoria própria através do software Revit.

Para que seja possível realizar a classificação de eficiência energética da edificação em estudo, algumas características devem ser observadas. A partir do projeto

fornecido, foram coletadas informações a respeito da geometria da edificação. Os materiais utilizados na edificação, a potência de iluminação e equipamentos foram obtidos por fontes de pesquisa, com o apoio de um questionário direcionado à construtora e visita *in loco*.

B. RTQ-C

1) Classificação geral

Para receber o nível “A” na classificação geral, com o intuito de ratificar a classificação obtida, a edificação precisa atender aos pré-requisitos gerais, que são possuir circuito elétrico separado por uso final e fazer uso de sistemas eficientes de aquecimento de água.

Para a classificação geral as avaliações parciais recebem pesos: 0,30 para envoltória, 0,30 para o sistema de iluminação e 0,40 para o sistema de condicionamento de ar, previstos em (1) [11]:

$$PT = 0,30 \left\{ \left(EqNumEnv * \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} * 5 + \frac{ANC}{AU} * EqNumV \right) \right\} + 0,30 * (EqNumDPI) + 0,40 \left\{ \left(EqNumCA * \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} * 5 + \frac{ANC}{AU} * EqNumV \right) \right\} + b_1^1 \quad (1)$$

Nota: EqNumEnv: equivalente numérico da envoltória;
EqNumDPI: equivalente numérico do sistema de iluminação;
EqNumCA: equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;
EqNumV: equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente;
APT: área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;
ANC: área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada;
AC: área útil dos ambientes condicionados;
AU: área útil;
b: pontuação obtida pelas bonificações, que varia de zero a 1.

A avaliação parcial da envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar fornecerá o seu equivalente numérico (EqNum) respectivo. O número de pontos obtidos irá definir a classificação geral da edificação, de acordo com a Tabela I. As classificações final e parciais são apresentadas na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE.

TABELA I. CLASSIFICAÇÃO GERAL

Classificação final	PT
A	$\geq 4,5$ a 5
B	$\geq 3,5$ a $< 4,5$
C	$\geq 2,5$ a $< 3,5$
D	$\geq 1,5$ a $< 2,5$
E	$< 1,5$

Fonte: [11].

2) Envoltória

O método prescritivo avalia o sistema de envoltória através de cálculos e parâmetros pré-estabelecidos no regulamento, associados às características da edificação para obter o Índice de Consumo da Envoltória (IC_{env}). Os pré-requisitos específicos a serem atendidos pela envoltória necessitam de estudos preliminares. A Tabela II apresenta as condições a serem consideradas.

TABELA II. PRÉ-REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA COBERTURA E PAREDES

Zonas Bioclimáticas	Ucob A (W/m²K)		Ucob B (W/m²K)		Ucob C e D (W/m²K)	
	AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC
ZB 1 e 2	0,5	1,0	1,0	1,5	2,0	
ZB 3 a 8	1,0	2,0	1,5	2,0		

Zonas Bioclimáticas	Upar A (W/m²K)	Upar B (W/m²K)	Upar C e D (W/m²K)
ZB 1 e 2	1,0	2,0	3,7
ZB 3 a 6	3,7		
ZB 7 e 8	2,5 W/m²K, para CT < 80 kJ/m²K		
	3,7 W/m²K, para CT > 80 kJ/m²K		

Nota: Ucob = Transmittância térmica da cobertura [W/m²K];
AC = Ambientes condicionados;
ANC = Ambientes não condicionados;
Upar = Transmittância térmica da parede [W/m²K];
CT = Capacidade térmica [kJ/m²K].
Fonte: Adaptado de [11].

Após verificar os limites, calculam-se os índices Fator Altura (FA) e Fator de Forma (FF) para serem utilizados no cálculo do Índice de Consumo da envoltória (IC_{env}). Este valor é delimitado de acordo com os parâmetros de Indicador de Consumo Máximo da Envoltória (IC_{máxD}) e Indicador de Consumo Mínimo da Envoltória (IC_{mín}), definidos na Tabela III. IC_{máxD} representa o indicador máximo que a edificação deve atingir para obter a classificação D e o IC_{mín} representa o indicador de consumo mínimo para aquela volumetria, e dessa maneira baliza a classificação A [19].

TABELA III. PARÂMETROS DE CÁLCULO DE IC

ICmáx			
PAF _r	FS	AVS	AHS
0,60	0,61	0	0
ICmín			
0,05	0,87	0	0

Nota: PAF_r = Percentual de Área de Abertura na Fachada Total
FS = Fator solar do vidro
AVS = Ângulo vertical de sombreamento
AHS = Ângulo horizontal de sombreamento
Fonte: [11].

Posteriormente é realizado o cálculo do intervalo dentro do qual a edificação deve se inserir. Com o resultado da Equação 2 [11] preenche-se a Tabela IV.

$$i = \frac{(IC_{máxD} - IC_{mín})}{4} \quad (2)$$

TABELA IV. LIMITES DE INTERVALO DE NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA ENVOLTÓRIA

Eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	ICmáxD - 3i + 0,01	ICmáxD - 2i + 0,01	ICmáxD - i + 0,01	ICmáxD + 0,01
Limite inferior	ICmáxD - 3i	ICmáxD - 2i	ICmáxD - i	ICmáxD	-

Fonte: Adaptado de [11].

O cálculo da eficiência pode ser automatizado através de uma ferramenta *online* chamada de Web Prescritivo [16], uma plataforma criada pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina – LABEEE/UFSC.

3) Sistema de iluminação

Os sistemas eficientes são definidos através da Densidade de Potência Instalada (DPI) do sistema de iluminação. Porém, há outros métodos a serem utilizados de forma suplementar, como pré-requisitos específicos para os sistemas de iluminação, para garantir que o sistema de iluminação só funcione quando é de fato necessário [11]. Os pré-requisitos para o sistema de iluminação abordam três aspectos: divisão de circuitos, contribuição de luz natural e desligamento automático do sistema de iluminação, mas estes só serão avaliados após a identificação da eficiência de iluminação.

Existem duas metodologias de avaliação nesta etapa, que são o método da área, que avalia o sistema de maneira geral, este deve ser aplicado quando existirem no máximo três atividades principais no edifício ou quando elas ocupam mais de 30% da área do edifício; e o método das atividades, que avalia o uso individual de cada ambiente, que pode promover bonificações dado o aumento da densidade de potência limite em função do espaço interno dos ambientes. A escolha do método dependerá das atividades desenvolvidas na edificação e nesse estudo será utilizado o método de atividades.

Além dos dados de potência instalada e área do ambiente, é necessário verificar o limite máximo aceitável de Densidade de Potência de Iluminação (DPI_L) para o nível de eficiência pretendido, estes podem ser encontrados na Tabela 4.2 apresentada em [11], de acordo com o ambiente/atividade. A potência limite para cada atividade pode ser obtida multiplicando a área de cada atividade pela DPI_L. A potência limite para o edifício será a soma das potências limites das atividades. Posteriormente, compara-se a potência limite do edifício com a potência instalada no edifício, identificando o EqNum do sistema de iluminação.

4) Sistema de condicionamento de ar

Para determinar a eficiência do sistema de ar condicionado consulta-se a eficiência de cada equipamento e o atendimento ou não dos pré-requisitos. Para isso, é necessário coletar os dados dos condicionadores de ar do edifício, parâmetros como capacidade (BTUs), eficiência (W/W) e quantidade de equipamentos.

Para obter o Nível A de eficiência é preciso que o requisito mínimo de isolamento de tubulação seja atendido, conforme Tabela 5.4 disposta em [11]. Nesta etapa, existem dois métodos para a identificação dos equipamentos, que são, condicionadores de ar do tipo janela e do tipo split com eficiência avaliada pelo PBE/INMETRO e de acordo com as normas brasileiras e/ou internacionais de condicionadores de ar; e condicionadores de ar não etiquetados pelo PBE/INMETRO. Neste estudo será utilizado o primeiro método.

5) Bonificações

Tratam-se de iniciativas que aumentam a eficiência da edificação e propõem incentivo à economia do consumo de energia elétrica mediante o emprego de inovações tecnológicas. Porém, todas deverão ser justificadas e a economia gerada deve ser comprovada. Após justificar e comprovar o aumento da eficiência da edificação, as bonificações podem aumentar em até um ponto na classificação geral [11]. Neste trabalho será utilizado equipamento de racionalização do uso de água. Para comprovar a economia, são necessários dados de estimativa de população para calcular a porcentagem de redução no consumo de água com base no consumo diário de referência, segundo padrões de uso e vazões da Tabela M2 do RTQ-C, e o consumo diário estimado, previsto a partir da vazão real do equipamento.

C. INI-C

1) Classificação geral

O Consumo em Energia Primária (CEP) da edificação em sua condição real e de referência é definido pela soma do Consumo Estimado de Energia Elétrica (CTE_E) e Consumo Estimado de Energia Térmica (CTE_T) multiplicados por seus respectivos fatores de conversão: fator de conversão de energia elétrica em energia primária (fcE = 1.6) e o fator de conversão de energia térmica em energia primária (fcT = 1.1). Onde o (CTE_E) é a soma do Consumo do Sistema de Iluminação (CIL), do Consumo de Energia Elétrica do Sistema de Condicionamento de Ar (CCA_E), do Consumo do Sistema de Aquecimento de Água (CAA_E) e do Consumo de Equipamentos/tomadas (CEQ) com o abatimento da geração local de energia elétrica renovável.

Já o CTE_T compreende o Consumo de Energia Térmica do Sistema de Condicionamento de Ar (CCA_T) e o Consumo de Energia Térmica do Sistema de Aquecimento de Água (CAA_T). Após o cálculo do CEP da condição real e de referência, calcula-se o percentual de redução do consumo de energia primária da edificação em sua condição real e sua condição de referência como descrito na Equação 3 [17]:

$$PRCEP_{REAL-D} = 1 - \frac{CEP}{CEP_{REF}} * 100 \quad (3)$$

Em seguida, através da Equação 4 [17], é calculado o Fator de Forma (FF) da edificação e obtido o Coeficiente de Redução do Consumo de Energia Primária da classe D para a classe A (CRCEP_{D-A}) [17]. Este será utilizado para definir o intervalo (i), descrito na Equação 5 [17], dentro do qual a edificação será classificada. A Tabela V mostra os valores encontrados para a condição real e de referência.

$$FF = \frac{A_{env}}{V_{tot}} \quad (4)$$

$$i = \frac{(CEP_{REF} * CRCEP_{D-A})}{3} \quad (5)$$

TABELA V. LIMITES DE INTERVALO DE NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA GERAL

Eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	>CEP _{REF} - 3i	>CEP _{REF} - 2i	>CEP _{REF} - i	>CEP _{REF}
Limite inferior	<CEP _{REF} - 3i	≤CEP _{REF} - 2i	≤CEP _{REF} - i	≤CEP _{REF}	-

Fonte: Adaptado de [17].

Caso a condição real da edificação apresente carga térmica total anual superior à condição de referência, sua classificação final será E. Para o INI-C, o CEP_{REAL} deve ser comparado ao CEP_{REF} [17].

2) Envoltória

Conforme supramencionado, o método simplificado avalia a envoltória através de metamodelos baseados em redes neurais artificiais. São obtidos a partir dos metamodelos os valores de consumo de energia anual com refrigeração dos ambientes para as duas versões, real e de

referência, e estes valores são correlacionados para definição da classificação de desempenho [15].

Inicialmente é necessário definir a tipologia da edificação e a divisão das zonas térmicas, que podem ser internas ou perimetrais. As zonas devem ser definidas apenas para áreas condicionadas, os dados são verificados nos requisitos mínimos presentes em [17], conforme mostra a Tabela VI.

TABELA VI. REQUISITOS DE DESEMPENHO PARA O INI-C

Parâmetros	Limites	
	Valor mínimo	Valor máximo
Absortância solar da cobertura (α)	0,2	0,8
Absortância solar da parede (α)	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 (CTcob)	0,22 kJ/m²K	450 kJ/m²K
Capacidade Térmica da parede (CTcob)	0,22 kJ/m²K	450 kJ/m²K
Contato com o solo	Sem contato	Em contato
Densidade de Potência de Equipamentos (DPE)	4 W/m²	40 W/m²
Densidade de Potência de Iluminação (DPI)	4 W/m²	40 W/m²
Fator solar do vidro (FS)	0,21	0,87
Pé-direito (PD)	2,6 m	6,6 m
Percentual de abertura da fachada (PAF)	0 %	80 %
Piso com isolamento	Não, se isolamento < 5 mm	Sim, se isolamento > 5 mm
Transmitância térmica da cobertura (Ucob)	0,51 W/m²K	5,07 W/m²K
Transmitância térmica da parede (Upar)	0,5 W/m²K	4,40 W/m²K
Transmitância térmica do vidro (Uvid)	1,9 W/m²	5,7 W/m²

Fonte: [17].

A envoltória, assim como a edificação, é avaliada sob duas condições: real e de referência, porém nessa etapa é comparada a Carga Térmica (CgT_T) anual de resfriamento e não mais o Consumo em Energia Primária (CEP).

A estimativa de carga térmica é realizada através da inserção de dados no metamodelo *online*². Através dessa interface é possível prever a CgT_T para a condição real (CgT_{TREAL}) e para a condição de referência (CgT_{TREF}) inserindo os dados previstos no regulamento.

Após calculada CgT_{TREAL} e CgT_{TREF}, obtêm-se o coeficiente de redução da carga térmica anual da classe D para a classe A, através do FF e do grupo climático no qual a edificação está inserida. Em seguida é realizado o cálculo do intervalo (i) conforme a Equação 6 [17]. Assim, a Tabela VII é preenchida com os valores encontrados para a condição real e de referência, e determina-se a classificação da envoltória.

$$i = \frac{(CgT_{TREF} * CRCgT_{D-A})}{3} \quad (6)$$

TABELA VII. LIMITES DE INTERVALO DE NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA A ENVOLTÓRIA

Eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	>CgT _{TREF} - 3i	>CgT _{TREF} - 2i	>CgT _{TREF} - i	>CgT _{TREF}
Limite inferior	<CgT _{TREF} - 3i	≤CgT _{TREF} - 2i	≤CgT _{TREF} - i	≤CgT _{TREF}	-

Fonte: Adaptado de [17].

3) Sistema de iluminação

Os pré-requisitos para etiquetagem nível A do sistema de iluminação na INI-C são os mesmos do RTQ-C [20].

Inicialmente é preciso identificar as atividades dos ambientes, assim como feito no RTQ-C. Depois, determina-se a Área Iluminada (AI) da edificação para cada

atividade e em seguida, multiplica-se a AI de cada atividade pela DPI_L para encontrar a Potência Limite da atividade (P_L). Soma-se as potências e, por fim, determina-se a potência limite total para a condição de referência D, que será equivalente à Potência Total Instalada (PIT_{REF}). O mesmo procedimento deve ser realizado para a condição equivalente à classe A (PIT_A) [17].

O Consumo do Sistema de Iluminação (CIL) da edificação, será determinado pelo valor da sua Potência Instalada Total (PI_T) aplicada na Equação 8 [17], que relaciona as horas de uso (h) e os dias de ocupação ao ano (N_{ano}).

Por fim, é determinado o intervalo (i) através da Equação 9 [17] para possibilitar a classificação do nível de eficiência com base na Tabela VIII.

$$CIL = PI_T * (h * N_{ano}) \quad (8)$$

$$i = \frac{(PI_{TREF} - PI_{TA})}{3} \quad (9)$$

TABELA VIII. LIMITES DE INTERVALO DE NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA A ILUMINAÇÃO

Eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	>PI _{TREF} - 3i	>PI _{TREF} - 2i	>PI _{TREF} - i	>PI _{TREF}
Limite inferior	<PI _{TREF} - 3i	≤PI _{TREF} - 2i	≤PI _{TREF} - i	≤PI _{TREF}	-

Fonte: Adaptado de [17].

4) Sistema de Condicionamento de Ar

Para os condicionadores de ar classificados pelo INMETRO, a classe de eficiência energética é definida a partir do valor do Consumo total de Energia do Sistema de Condicionamento de Ar na sua condição real (CCA_{REAL}) e na sua condição de referência (CCA_{REF}), calculado pela Equação 7 [17], de acordo com os valores de CgT_T obtido com a envoltória e com a eficiência energética do sistema (SPLV - System Part Load Value).

$$CCA_{(E \text{ ou } T)} = \frac{CgT_T}{SPLV} \quad (7)$$

Para determinar SPLV é necessário calcular uma média entre os diferentes coeficientes de eficiência energética e número de aparelhos. O valor para a condição de referência (Classe D) deve ser obtido, também, através da página eletrônica do INMETRO, conforme Tabela IX.

TABELA IX. CONDICIONADORES DE AR SPLIT HI-WALL

Classes	Coeficiente de eficiência energética (W/W)		
A	3,23	< CEE	
B	3,02	< CEE ≤	3,23
C	2,81	< CEE ≤	3,02
D	2,60	< CEE ≤	2,81

Fonte: [18].

Para que seja elegível à classe “A” de eficiência energética, o sistema de condicionamento de ar deve atender às espessuras mínimas de isolamento térmico de tubulações para a condução de fluidos [17]. Para casos cuja condutividade térmica esteja fora das faixas determinadas,

²Disponível em http://pbeedificacao.com.br/redes/comercial/index_with_angular.html.

artificial, pois nenhum desses possui mais de 250 m². Sendo assim, considera-se que este pré-requisito está atendido.

O método das atividades será utilizado neste estudo, pois utiliza mais de três atividades principais. Para determinar a classificação, os dados foram inseridos na interface *online*, utilizando método de atividade, relacionando os pré-

requisitos específicos com a potência de iluminação e área dos ambientes. Na Fig. 6 tem-se a classificação obtida para a iluminação do edifício juntamente com os dados mencionados anteriormente para cada ambiente, assim foi atingido o Nível **B** com **EqNumDPI = 3,83**. Para melhor compreensão das atividades, consultar Tabela XX.

Fig. 6. Avaliação da iluminação pelo RTQ-C

Iluminação - ☐ Por áreas do edifício ☒ Por atividades do edifício

Pré-requisitos por ambientes										
	☐ Divisão de circuitos	☐	Contribuição da luz natural	Desligamento automático	Atividade	Uso	Área [m²]	Potência [W]		
1	Atende	▼	Atende	▼	Restaurante- salão	▼	Restaurante- salão	▼	66	432
2	Atende	▼	Não atende	▼	Depósitos	▼	Depósitos	▼	30,8	84
3	Atende	▼	Atende	▼	Cozinhas	▼	Cozinhas	▼	15,08	42
4	Atende	▼	Atende	▼	Circulação	▼	Circulação	▼	5,8	18
5	Atende	▼	Não atende	▼	Banheiros	▼	Banheiros	▼	2,4	9
6	Atende	▼	Atende	▼	Banheiros	▼	Banheiros	▼	2,4	9
7	Não atende	▼	Atende	▼	Restaurante- salão	▼	Bar/Lazer	▼	242,35	315
8	Não atende	▼	Atende	▼	Circulação	▼	Circulação	▼	7,87	18
9	Atende	▼	Atende	▼	Banheiros	▼	Banheiros	▼	9,6	18
10	Atende	▼	Atende	▼	Cozinhas	▼	Cozinhas	▼	60,24	69

Calcular Eficiência Limpar

Fonte: Adaptado de [16].

4) Condicionamento de ar

Essa avaliação aplica-se somente aos Ambientes Condicionados (AC) com permanência prolongada já descritos na Tabela VI. O pré-requisito de isolamento de tubulações é atendido para os condicionadores de ar em estudo. As classificações para cada equipamento estão apresentadas junto aos dados. Na Fig. 7 tem-se a classificação do sistema de condicionamento de ar, relacionado aos parâmetros mencionados e à Área Útil (AU) do edifício. A classificação obtida foi de Nível A e **EqNumCA = 5**.

Fig. 7. Avaliação do condicionamento de ar pelo RTQ-C

Condicionalmente do Ar

Pré-Requisitos Gerais

☒ Possui isolamento de tubulações
☐ Não possui isolamento de tubulações

Condicionadores de Ar etiquetados

	- Ambiente	+	Nº. de Unidades	Tipo	Capacidade [BTU/h]	Eficiência [W/W]	Etiqueta
1	Loja	-	3	+	split split split	18000 22000 18000	5.27 3.24 5.274
2	Administração	-	1	+	split	12000	3.5
3	Cozinha	-	1	+	split	12000	3.24

AU m²

AC m²

Fonte: Adaptado de [16].

5) Bonificações

A edificação possui estimativa de população de seis funcionários e uma média de 60 visitantes por dia. O consumo diário de referência encontra-se na Tabela XIII.

TABELA XIII. CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA DE REFERÊNCIA

Funcionários				
Equipamento	Usuário	Uso/dia	Cons. Equip (L)	Consumo (L)
Vaso sanitário	6 Masc.	3	6,08 ^a	109,44
Torneira do banheiro	6 Masc.	3	2,10 ^b	37,8
Pia da churrasqueira	6 Masc.	1	2,10 ^b	12,6

Funcionários				
Equipamento	Usuário	Uso/dia	Cons. Equip (L)	Consumo (L)
Visitantes				
Vaso sanitário	30 Masc.	0,1	6,08 ^a	18,24
	30 Femin.	0,5	6,08 ^a	91,2
Torneira do banheiro	30 Masc.	0,5	2,10 ^b	63
	30 Femin.			
TOTAL				332,28

Nota: ^a-Cálculo do consumo segundo padrões de uso do Tabela M2. e vazões da Tabela M2 [11].

^b. Para uma vazão 0,14 por 15 segundos [11].

Fonte: Autoria propria.

O consumo diário de referência da edificação é de 332,28 litros. Com o emprego do duplo acionamento nos vasos sanitários a vazão será de 3 L/dia (litros por dia) e 6 L/dia. Sendo assim, calcula-se o consumo estimado de água na Tabela XIV.

TABELA XIV. CONSUMO ESTIMADO DE ÁGUA

Funcionários				
Equipamento	Usuário	Uso/dia	Cons. Equip (L)	Consumo (L)
Vaso sanitário	6 Masc.	2	6,0	36
	6 Masc.	1	3,0	36
Torneira do banheiro	6 Masc.	3	2,10	37,8
Pia da churrasqueira	6 Masc.	1	2,10	12,6
Visitantes				
Vaso sanitário	30 Masc.	0,1	6,0	18
	30 Femin.	0,4	3,0	36
	30 Femin.	0,1	6,0	18
Torneira do banheiro	30 Masc.	0,5	2,10	63
	30 Femin.			
TOTAL				257,4

Fonte: Autoria própria.

Comparando os cálculos de consumo de referência e o estimado conclui-se que o emprego do equipamento representa a redução de aproximadamente 22,5% no consumo de água. Este dado também foi inserido em [16], pois tem grande influência na classificação geral.

6) Classificação geral

De posse das variáveis descritas na Tabela XV, é possível calcular a Pontuação (PT) de 0 a 5 que identifica a

classificação geral do edifício. A Fig. 8 mostra **PT = 4,10** que de acordo com a Tabela I (vide), classifica a edificação em Nível **B**. Com base em [11], foi considerado o percentual de horas de conforto – POC para ambientes não condicionados ventilados naturalmente entre $60\% \leq \text{POC} < 70\%$, determinando um **EqNumV = 3**.

TABELA XV. VARIÁVEIS PARA A CLASSIFICAÇÃO GERAL

Parâmetros	Dados
Equivalente numérico da envoltória (EqNumEnv)	3
Equivalente numérico do sistema de iluminação (EqNumDPI)	3,83
Equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar (EqNumCA)	5
Equivalente numérico dos ambientes não condicionados ou ventilados naturalmente (EqNumV)	3
Pontuação obtida pelas bonificações (b)	0,56325

Fonte: Autoria própria.

Fig. 8. Etiqueta geral através do RTQ-C

Fonte: Adaptado de [16].

B. Avaliação conforme INI-C

1) Envoltória

A tipologia adequada é a de edificações de alimentação. As zonas térmicas foram divididas de acordo com os parâmetros que as definem e suas áreas foram calculadas, vale salientar que apenas as áreas condicionadas foram consideradas. As zonas perimetrais são limitadas em espaços de 4,5 m de profundidade [17]. Quando a largura ou o comprimento do espaço a ser analisado for inferior à 9,00 m, têm-se apenas zonas perimetrais. Ao todo, foram consideradas 6 zonas térmicas, sua orientação e PAF estão definidas na Tabela XVI.

TABELA XVI. ZONAS TÉRMICAS

Zona	Orientação	PAF
1	NE	0
2	NO	0
3	SE	0
4	NO	0
5	SE	11,81
6	SO	15,75

Fonte: Autoria própria.

Na Tabela XVII está a relação de parâmetros que diferem a edificação da condição real para a condição de referência. Na Tabela XVIII encontra-se o DPI_L para os ambientes do edifício.

TABELA XVII. VALORES DE REFERÊNCIA DA ENVOLTÓRIA

Parâmetros	Condição real	Condição de referência
PAF (%)	15,75 ^a 11,81 ^b	40
Parede	Bloco de cimento com dois furos (9cm)	Argamassa interna (2,5cm), bloco cerâmico furado (9cm), argamassa externa (2,5cm)
U _{par} (W/m²K)	3,32	2,39

Parâmetros	Condição real	Condição de referência
α_{PAR}	0,715	0,5
CT _{par} (kJ/m²K)	105	150
Cobertura	Telha de fibrocimento, câmara de ar (>5cm) e forro de gesso (3cm)	Telha de fibrocimento, câmara de ar (>5cm) e laje maciça de concreto (10cm)
U _{cob} (W/m²K)	1,94	2,06
α_{COB}	0,5	0,8
CT _{cob} (kJ/m²K)	32	233

Nota: ^aPara a orientação SE na zona 5;

^bPara a orientação SO na zona 6.

Fonte: Adaptado de [17].

TABELA XVIII. LIMITE MÁXIMO ACEITÁVEL DE DENSIDADE DE POTÊNCIA DE ILUMINAÇÃO (DPI_L) PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA PRETENDIDO – MÉTODO DAS ATIVIDADES DA EDIFICAÇÃO

Ambiente/Atividade	DPI _L Nível A (W/m²)	DPI _L Nível B (W/m²)	DPI _L Nível C (W/m²)	DPI _L Nível D (W/m²)
Restaurante-salão	9,60	11,52	13,44	15,36
Bar/Lazer	14,10	16,92	19,74	22,56
Depósitos	5,00	6,00	7,0	8,00
Cozinhas	10,70	12,84	14,98	17,12
Circulação	7,10	8,52	9,94	11,36
Banheiros	5,00	6,00	7,00	8,00

Fonte: Adaptado de [11].

A cidade de Mossoró encontra-se no grupo climático 22 [18] e como visto no RTQ-C, possui um FF de 0,44. Assim encontra-se CRCgT_{D-A} = 0,12 [17]. Com a inserção dos dados no metamodelo obteve-se uma CgT_{TREF} = 19.296,80 kWh/ano para a condição de referência. Pela Equação 9, o intervalo é igual a $i = 771,87$, utilizado para definir os limites para o nível de eficiência na Tabela XIX. O valor obtido na condição real foi CgT_{TREAL} = 18.565,12 kWh/ano, classificando a envoltória no Nível **D**.

TABELA XIX. LIMITES DE INTERVALO DE NÍVEL DE EFICIÊNCIA

Eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	>16.981,2	>17.753	>18.524,9	>19.296,8
Limite inferior	<16.981,2	≤17.753	≤18.524,9	≤19.296,8	-

Fonte: Autoria própria.

2) Condicionamento de ar

Como descrito na metodologia, calcula-se a média de eficiência dos condicionadores de ar descritos na Fig. 7, resultando em uma eficiência média de 4,1, isto classifica o sistema como classe **A**. Ademais verificou-se os requisitos mínimos para validar essa classificação. A verificação foi realizada *in loco*. Com base na Equação 7, obteve-se CCA_{REAL} = 4.528 kWh/ano e CCA_{REF} = 7.147 kWh/ano, utilizando uma média de eficiência de 2,7 para a classe D na condição de referência conforme Tabela VI.

3) Iluminação

Baseado no método das atividades, encontra-se na Tabela XX a AI para cada ambiente passível de avaliação, juntamente com o DPI_L para nível A e nível D.

TABELA XX. ÁREA DE AMBIENTES E SEUS LIMITES MÁXIMOS DE DPIL – MÉTODO DAS ATIVIDADES DO EDIFÍCIO

Ambiente(s)	Atividade exercida	Área (m²)	DPIL Nível A (W/m²)	DPIL Nível D (W/m²)
Loja	Restaurante - salão	66	7,65	15,36
Administração	Depósito	30,8	4,95	8,00
Cozinha e espaço para churrasco	Cozinha	75,35	11,40	17,12
Circulações	Circulação	13,67	7,10	11,36
Banheiros	Banheiros	14,4	9,15	13,73

Fonte: Adaptado de [17].

As Equações 11 e 12 determinam as potências de referência para o nível D e nível A, respectivamente. Pela Equação 9, o intervalo é igual a $i = 386$. Estes dados são utilizados para parametrizar os limites da Tabela XXI.

$$P_{LREF} = \sum (A_i * DPIL_D) = 2.903,15 \text{ W} \quad (11)$$

$$P_{L-A} = \sum (A_i * DPIL_A) = 1.745,17 \text{ W} \quad (12)$$

TABELA XXI. LIMITES DE INTERVALO DE ILUMINAÇÃO

Eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	>1.745,15	>2.131,15	>2.517,5	>2.903,15
Limite inferior	<1.745,15	≤2.131,15	≤2.517,15	≤2.903,15	-

Fonte: Autoria própria.

Realizado o cálculo da potência instalada de iluminação na Tabela XXII, foi possível obter o Nível A para o sistema de iluminação. O atendimento dos requisitos mínimos é o mesmo para o RTQ-C, já descrito.

Segundo [17], o pátio descoberto que permite a ventilação natural configura ambiente externo, logo, a iluminação do ambiente “churrasqueira” não faz parte da avaliação do sistema de iluminação. Já as áreas de permanência transitória estão dispensadas de apresentar a divisão dos comandos de iluminação, logo a classificação não está limitada por este requisito não atendido no ambiente de circulação.

TABELA XXII. POTÊNCIA INSTALADA DE ILUMINAÇÃO

Atividade	Quantidade	Pot. Unit (W)	Pot. Total (W)
Restaurante- salão	10	42	420
	3	4	12
Depósito	2	42	84
Cozinha	2	42	84
	3	9	27
Circulação	4	9	36
Banheiros	4	9	36
TOTAL			699,00

Fonte: Autoria própria.

Por fim, $CIL_{REF} = 8.128,8 \text{ kWh/ano}$ e $CIL_{REAL} = 1.957,2 \text{ kWh/ano}$, conforme Equação 8, utilizando 8 horas de uso e 350 dias de ocupação ao ano.

4) Equipamentos

O consumo de energia elétrica dos equipamentos foi calculado com base na Equação 10. O CEQ, assim como as características dos equipamentos estão dispostos na Tabela XXIII.

TABELA XXIII. CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS

Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Horas (h)	Dias	CEQ (kW/ano)
Freezer horizontal	2	500	8	350	2.800
Freezer vertical	4	300	8	350	3.360
Fogão elétrico	2	4500	5	350	15.750
Computador	2	300	8	350	1.680
Impressora laser	1	900	1	350	315
Fritadeira elétrica	1	3500	4	350	4.900
Liquidificador	1	200	2	350	140
TOTAL					28.945,00

Fonte: Autoria própria.

5) Classificação geral

Como exposto na metodologia, é necessário saber o Consumo Estimado de Energia Elétrica (CTEE) para o cálculo do CEP. A Equação 13 relaciona os consumos de referência, e a Equação 14 realiza a conversão em energia primária. Vale salientar que como não existe aquecimento de água e nem geração de energia elétrica renovável, tem-se CAAE e GEE nulos.

$$CTE_{REF} = CIL + CCA_E + CAA_E + CEQ - GE_E \quad (13)$$

$$CTE_{REF} = 44.220,8 \text{ kWh/ano}$$

$$CEP_{REF} = (CTE_{REF} * fcE) = 70.753,3 \text{ kWh/ano} \quad (14)$$

De mesmo modo, a Equação 15 relaciona os consumos na condição real e a Equação 16 realiza a conversão em energia primária.

$$CTE_{REAL} = CIL + CCA_E + CAA_E + CEQ - GE_E \quad (15)$$

$$CTE_{REAL} = 35.430,2 \text{ kWh/ano}$$

$$CEP_{REAL} = (CTE_{REAL} * fcE) = 56.688,3 \text{ kWh/ano} \quad (16)$$

O percentual de redução do consumo de energia primária da situação real para a de referência é determinado pela Equação 3 e resultou em $PRCEP_{REAL-D} = 20 \%$. Para um FF = 0,44, tem-se que $CRCEP_{D-A} = 0,23$ com base no grupo climático 22 [17]. Sendo assim, o intervalo é calculado através da Equação 5, logo $i = 5.424,4$ e a Tabela XXIV foi preenchida e foram comparados os valores da condição real com os valores limites, classificando a edificação ao Nível B em eficiência energética.

TABELA XXIV. LIMITES PARA A CLASSIFICAÇÃO GERAL

Eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	>54.480,1	>59.904,5	>65.328,9	>70.753,3
Limite inferior	<54.480,1	≤59.904,5	≤65.328,9	≤70.753,3	-

Fonte: Autoria própria.

C. Análise Comparativa

A Tabela XXV apresenta a comparação dos níveis obtidos em cada sistema e para a classificação geral por meio das duas metodologias.

TABELA XXV. COMPARAÇÃO DAS METODOLOGIAS RTQ-C E INI-C

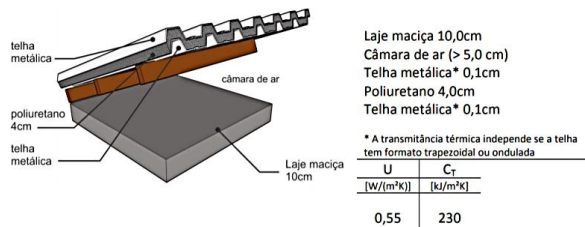
Metodologia	Envoltória	Iluminação	Condicionamento de ar	Geral
RTQ-C	C	B	A	B
INI-C	D	A	A	B

Fonte: Autoria própria.

A classificação da envoltória no RTQ-C foi limitada pelo requisito mínimo de desempenho da cobertura, que foi demonstrado na Fig. 5, em que houve a restrição ao nível C para a transmitância térmica da cobertura em ambientes condicionados. Em termos práticos, a baixa isolamento térmica da cobertura influencia no desempenho geral da edificação, diminuindo a eficiência energética da envoltória.

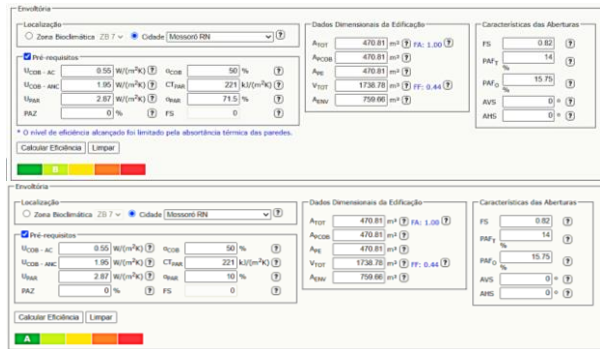
Caso este aspecto seja otimizado com a troca do material do telhado, alterando para o modelo da Fig. 9, a classificação sobe para o nível B. Ou ainda, se também for utilizada uma tinta com menor absorvância solar, como a cor branca, será possível atingir o nível “A”, como demonstrado na Fig. 10.

Fig. 9. Proposta para otimizar a eficiência da envoltória



Fonte: [11].

Fig. 10. Novo nível de eficiência para otimização da envoltória



Fonte: Adaptado de [16].

Analisando a avaliação da envoltória no segundo método, nota-se um considerável aumento de parâmetros com relação ao primeiro. Considerações sobre o piso, a existência de contato com o solo e a aplicação de isolamento térmico, bem como sobre a capacidade térmica da cobertura. Além disso, existe ainda a influência de equipamentos elétricos e horas de ocupação, a influência de orientação solar e outros fatores, dados que corroboram com o aumento considerável da carga térmica.

Houve aumento do nível no sistema de iluminação, a justificativa para tal pode ser apontada pelo maior detalhamento de informações necessárias para o INI-C, como DPI, DPE e outros. Já o sistema de condicionamento de ar manteve-se no mesmo nível para os dois métodos,

visto que nos dois casos os equipamentos receberam classificação a partir do INMETRO.

Uma vantagem do RTQ-C sobre o INI-C é a pontuação acrescida por meio da bonificação referente ao uso racional de água na edificação. Bonificações ainda não alteram a classe de eficiência no INI-C, sendo assim, não foram calculadas.

Pode-se observar que os métodos têm critérios em comum, requer tempo similar para desenvolvimento, com exceção de cálculos de área, com maior complexidade por conta das zonas térmicas na segunda metodologia. Percebe-se também maior riqueza de detalhes nos resultados produzidos, já que o RTQ-C se restringe apenas à classe de eficiência, enquanto o INI-C gera valores quantitativos no quais se baseia a classificação.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista a representatividade das edificações como uma parcela importante do consumo nacional, é vital a consideração de estratégias para utilizar de forma eficiente a energia consumida. O uso de técnicas visando a eficiência energética de edifícios traz vários benefícios, tais como agregar valor ao imóvel eficiente, promover inovação tecnológica, mudar a cultura de projetos no Brasil, gerar indicadores de consumo de energia, aumentar o nível de eficiência energética do país e, principalmente, evitar necessidade de expansão do parque gerador.

Para a realização deste trabalho foi escolhida uma edificação comercial com intensa jornada de trabalho por se tratar de um restaurante. As duas metodologias foram aplicadas e comparadas, e enquanto o método prescritivo do RTQ-C prevê apenas a análise dos sistemas de envoltória, de iluminação e de condicionamento de ar, o método simplificado da INI-C além da análise desses três sistemas, prevê ainda a análise do consumo energético dos equipamentos elétricos utilizados [20].

Vale salientar que no RTQ-C, utilizava-se a divisão do Brasil em oito Zonas Bioclimáticas. Na INI-C, a divisão foi efetuada em maior quantidade de grupos, que de certo modo tornou a avaliação mais representativa as variáveis climáticas das regiões. Outra vantagem da INI-C em relação ao RTQ-C é a distinção da tipologia da edificação para avaliação energética. Assim, pode-se fazer uma análise para cada tipo específico, já que são definidos vários dados característicos da tipologia. Destaca-se como deficiência de ambos a impraticabilidade na consideração de ventilação natural.

Conclui-se que a segunda metodologia obtém resultados mais próximos da realidade em sua avaliação, já que precisa de mais informações e parâmetros de entrada para avaliação, além da maior complexidade do modelo. Seus resultados são mais evidentes, pois representam a carga térmica da edificação que pode ser relacionada ao consumo de energia para refrigeração dos ambientes. O fato de calcular o consumo e não ponderar, com coeficientes pré-determinados, permite uma análise mais específica.

A metodologia utilizada neste trabalho pode estar limitada pela possibilidade da INI-C sofrer alterações, pois a proposta esteve recentemente em consulta pública, portanto, suscetível a eventuais mudanças nos próximos

anos. Também não houve nenhum cálculo de ventilação natural, apenas algumas ponderações para classificação geral no RTQ-C e para considerações na avaliação do sistema de iluminação no INI-C.

Foi realizado um estudo a respeito da aplicabilidade de programas para a simulação, visto que há possibilidade de modelar o edifício através do *Revit* e importar o arquivo no *DesignBuilder* para realizar a análise do desempenho. Da mesma forma pode ser feito no *Sketchup* em conjunto com o *EnergyPlus*, este método é comumente encontrado nas bibliografias. O primeiro exige conhecimento de interoperabilidade BIM e o segundo conta com pouca didática, ambos necessitam de dispêndio de muitas horas para implementação e modelagem do edifício. Apesar do método de simulação não ter sido aplicado neste trabalho, é indicada a sua utilização através dos *softwares* citados, considerando que irá resultar em uma melhor análise energética do edifício. É recomendável a reaplicação do método após publicação oficial da INI-C, a fim de observar as possíveis alterações.

REFERÊNCIAS

- [1] PBEEDIFICA, Interface Web. **Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas**. 2018. Disponível em: <http://pbeedifica.com.br/redes/comercial/index_with_angular.html#>. Acesso em: 20 abr. 2020.
- [2] LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997.
- [3] BEN 2020, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2020, ano base 2019**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.
- [4] AIE E EPE. **Atlas da Eficiência Energética do Brasil 2019**. Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-461/Atlas%20da%20Efici%C3%Aancia%20Ener%C3%A9tica%20do%20Brasil%20\(002\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-461/Atlas%20da%20Efici%C3%Aancia%20Ener%C3%A9tica%20do%20Brasil%20(002).pdf)>. Acesso em: 19 jun. 2020.
- [5] EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE. General For Energy, 1995. Disponível em: <https://ec.europa.eu/energy/en/studies?field_associated_topic_tid=45>. Acesso em: 28 mai. 2020.
- [6] GONÇALVES, J. C. S.; BODE, K. **Edifício ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
- [7] MISK, A. F. **Avaliação de medidas de eficiência energética na envoltória de um edifício de escritórios por meio de um método simplificado**. 2019. 76 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/202840>>. Acesso em: 02 jun. 2020.
- [8] BRASIL. Lei nº. 10.295, de 17 de outubro de 2001. **Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia**. Poder legislativo, Brasília, DF, 17 out 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10295.htm>. Acesso em 26 mai. 2020.
- [9] BRASIL. Decreto nº 9.864, de 27 de junho de 2019. **Regulamenta a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dispõe sobre o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética**. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 27 jun. 2019. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-9.864-de-27-de-junho-de-2019-179415481>>. Acesso em: 26 mai. 2020.
- [10] ELETROBRAS/PROCEL; INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial; CB3E - Centro Brasileiro de eficiência energética em edificações. **Manual para etiquetagem de edificações públicas**: gestor público. Florianópolis, 2014.
- [11] INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C)**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiqueta_gem/comercial/>. Acesso em: 23 abr. 2020.
- [12] FOSSATI, M.; LAMBERTS, R. **Eficiência energética da envoltória de edifícios de escritórios de Florianópolis: discussões sobre a aplicação do método prescritivo do RTQ-C**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 59-69, abr./jun. 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/ac/v10n2/a04.pdf>>. Acesso em: 28 mai. 2020.
- [13] COSTENARO, A. V. **Classificação energética de salas comerciais e alternativa para obtenção de consumo energético nulo. Estudos de caso: cafeteria e escritório localizados em Florianópolis**. 2019. 91 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/197581>>. Acesso em: 02 jun. 2020.
- [14] LAMBERTS, R.; CLETO, L. T. **Certificação de Sistemas PBE Edifica**. In: Seminário Programa Brasileiro de Etiquetagem em Eficiência Energética para Sistemas de Refrigeração e Ar-condicionado. 2019. Anais Eletrônicos. Disponível em: <http://abrava.com.br/wp-content/uploads/2018/08/Seminario-PBE-RAC-03-PBEEDIFICA-Lamberts-e-Tomaz_compressed-1.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2020.
- [15] CB3E E PROCEL EDIFICA. Atividades Gerais Entre Núcleos, 2018. **Novo método de avaliação energética de edificações com base em energia primária**. Disponível em: <<http://cb3e.ufsc.br/etiquetagem/desenvolvimento/atividades-2012-2016/trabalho-1/pesquisas>>. Acesso em: 15 jun. 2020.
- [16] LABEEE/UFSC - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina. **Web Prescritivo**. 2013. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>>. Acesso em: 14 out. 2020.
- [17] Portaria nº 248, de 10 de julho de 2018. INMETRO - Aperfeiçoamento do Regulamento Técnico da Qualidade para a Classe de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. **INIC – C**. Rio de Janeiro, 2018.
- [18] ASSIS, Thiago. **[Planta baixa]**. Whatsapp. 04 ago. 2020. 12:19. 1 mensagem de Whatsapp.
- [19] LEITE, E. F. W.; HACKENBERG, A. M. **Eficiência energética da envoltória: comparação dos métodos de avaliação RTQ-C e INI-C através de estudo de caso**. R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 9, n. esp., p. 532-552, mai. 2020. Disponível em: <http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/8716>. Acesso em: 13 out. 2020.
- [20] PIMENTEL, B. P.; BARBOSA, A. T. R. Etiquetagem energética de uma edificação militar pelas metodologias dos regulamentos brasileiros RTQ-C e INI-C. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 9, n. esp., p. 631-647, mai. 2020. Disponível em: <http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/9195>. Acesso em: 13 ago. 2020.
- [21] ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações**. Parte 2: Métodos de cálculo de transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2008.
- [22] ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações**. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.