

## **ESTUDO DE ESTIMATIVA DE CUSTO PARA A OBTENÇÃO DA ETIQUETA PBE EDIFICA EM UM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR NA CIDADE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ- SC**

**Júlia Vitoria Dallabona Zain (1); Carolina Rocha Carvalho (2)**

(1) Engenheira Civil, juliadzain@gmail.com

(2) Mestre, Arquiteta e Urbanista, Professora do Curso de Engenharia Civil e de Arquitetura e Urbanismo,  
carolina.carvalho@univali.br  
Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI, Curso de Engenharia Civil, Itajaí-SC

### **RESUMO**

A partir do lançamento do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), em 2010, observou-se uma preocupação na indústria da construção civil em aplicar tais critérios sem comprometer a viabilidade econômica do empreendimento e assegurar a qualidade dos imóveis. Este artigo tem como objetivo estimar o custo ao aplicar estratégias que visem elevar o nível de eficiência energética de um edifício residencial na cidade de Balneário Camboriú (SC) utilizando o método prescritivo do RTQ-R. A metodologia foi definida em três etapas: (i) Avaliar a eficiência energética de uma edificação residencial através do método prescritivo do RTQ-R; (ii) Identificar as estratégias para elevar seu nível de eficiência energética; (iii) Analisar o impacto econômico da adoção das estratégias escolhidas. As análises foram obtidas através da aplicação do método prescritivo, onde foram levantados os pontos com classificações insatisfatórias e aplicaram-se seis medidas corretivas: mudança da cor da fachada, tamanho das aberturas das janelas, utilização de persianas integradas, instalação de aquecedores de água, composição das paredes e melhor isolamento da laje de cobertura. As medidas isoladamente surtiram pouco efeito na classificação final do empreendimento, porém quando combinadas possibilitam a obtenção de classificação A na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). O impacto financeiro para a aplicação das modificações foi baixo e considerado viável.

Palavras-chave: Eficiência energética em edificações, RTQ-R, Construção civil.

### **ABSTRACT**

Since the publication of Technical Regulation on the Quality Level of Energy Efficiency of Residential Buildings (RTQ-R) in 2010, there was a concern in the construction industry to apply such criteria without compromising the economic viability of the project and to ensure the quality of real estate. This article aims to evaluate the technical-economic impact of applying strategies that aim to raise the energy efficiency of a residential building in the city of Balneário Camboriú (SC) using the prescriptive method of RTQ-R. The methodology was defined in three steps: (i) To evaluate the energy efficiency of a residential building through the prescriptive method of RTQ-R; (ii) Identify strategies to raise its level of energy efficiency; (iii) Analyze the economic impact of adopting the chosen strategies. The analyzes were obtained through the application of the prescriptive method, where the points with unsatisfactory classifications were collected and six corrective measures were applied: changing the color of the façade, the size of the window openings, the use of integrated shutters installation of a water heating system, Composition of the walls and better insulation of the covering slab. The measures alone had little effect on the final classification of the project, but when combined they make it possible to obtain classification A in the National Energy Conservation Label (ENCE). The financial impact for the application of the modifications was low and considered feasible.

Keywords: Energy efficiency in buildings, RTQ-R, Building.

## 1. INTRODUÇÃO

A crise energética mundial ocorreu em 1973, entretanto a crise energética Brasileira data de 2001, mas apenas em 2009 foi publicado o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) foi lançado em 2010, como parte do Programa de Etiquetagem Brasileiro do INMETRO. O RTQ-R vigente foi promulgado através da Portaria nº 018 publicada no dia 16 de janeiro de 2012 (BRASIL, 2012).

O RTQ-R visa estabelecer parâmetros para a determinação do nível de eficiência energética de edificações residenciais, apresentando duas metodologias para a avaliação: método prescritivo ou simulação.

O método prescritivo avalia a eficiência energética de uma edificação através da análise da envoltória e do sistema de aquecimento de água, com seus indicadores ponderados para definir a classificação do nível de eficiência energética. As variáveis envolvidas na avaliação da eficiência da envoltória são:

- **Características do ambiente:** dimensões, contato do piso com pilotis, contato do piso com solo;
- **Características das esquadrias:** orientação, dimensões, tipo de vidro, sombreamento, fator de ventilação;
- **Características das paredes:** orientação, dimensões, absorvância solar, capacidade térmica, transmitância térmica;
- **Características da cobertura:** dimensões, absorvância solar, contato com ambiente externo, capacidade térmica, transmitância térmica.

Por meio do método prescritivo, a avaliação da envoltória resulta em três indicadores: Indicador de Grau-Hora de Resfriamento (GHR), Consumo Relativo para Aquecimento (CA) e Consumo Relativo para Refrigeração (CR). Esses indicadores são gerados por meio de equações distintas para cada ZB e a pontuação obtida por eles correspondem a três Equivalentes Numéricos que serão posteriormente utilizados para o cálculo da pontuação final. Os EqNum são calculados a partir de algumas informações da edificação, conforme constam:

- **EqNumEnvAmb<sub>Resf</sub>:** Equivalente numérico referente ao GHR. Representa o desempenho da envoltória no verão;
- **EqNumEnvAmb<sub>A</sub>:** Equivalente numérico referente ao CA. Representa o desempenho da envoltória no inverno;
- **EqNumEnvAmb<sub>Refrig</sub>:** Equivalente numérico referente ao CR. Representa o desempenho da envoltória quando condicionada artificialmente.

O território brasileiro é dividido em 8 Zonas Bioclimáticas (ZB) com regiões agrupadas em função das condicionantes climáticas (NBR 15220/2005). Em função da classificação climática, o método prescritivo apresenta diferentes equações dependendo da ZB em que a edificação está inserida.

Objetivando uma maior conscientização da sociedade, há muitas iniciativas, públicas e privadas, em se buscar a eficiência energética, aliada ao conforto ambiental dos espaços, que tomam força em função da preocupação com relação às mudanças climáticas e conscientização da população. Além destes fatores há ainda o crescimento das cidades que mantém o mercado imobiliário em déficit com relação aos espaços disponíveis, onde a preocupação com eficiência energética ganha destaque em publicidade e propagandas para comercializar os imóveis.

Desta forma a aplicação de estratégias e medidas para a conservação de energia deve ser economicamente viável para a sua aplicação na indústria da construção e no mercado imobiliário, para que o custo extra seja absorvido sem se tornar um impasse econômico.

A busca por qualidade de vida e conforto vem se tornando cada vez maior na sociedade (LAMBERTS et al, 2014). Segundo o Balanço Energético Nacional (2016), o Brasil apresentou um crescimento de aproximadamente 22% no consumo elétrico em edificações de uso comercial e público entre 2000 e 2012 e estima-se um crescimento de 4,8% ao ano até o ano de 2020.

A adoção de medidas pode ser realizada ainda em fase de projeto, ou depois da edificação construída. Desta forma, a indústria da construção civil vem se adequando para atender a um novo nicho de mercado, onde a aplicação de produtos especializados e adequados ao clima local possam reduzir a energia necessária e o custo operacional do edifício produzido. (LAMBERTS et al, 2014)

Levando esses aspectos em consideração, o presente trabalho mostra como se dá o processo de classificação da etiqueta PBE Edifica, aliada ao crescimento da eficiência energética na construção civil, por meio de sugestão de medidas para um melhor desempenho energético, balizando sua aplicação com o custo de suas implementações.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é estimar o custo ao aplicar estratégias que visem elevar o nível de eficiência energética de um edifício residencial na cidade de Balneário Camboriú (SC) utilizando o método prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R).

## 3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em três etapas principais:

1. Avaliação da eficiência energética de uma edificação residencial através do método prescritivo do RTQ-R.
2. Identificação de estratégias para elevar seu nível de eficiência energética.
3. Estimativa de custo com a adoção das estratégias escolhidas.

### 3.1. Avaliação da Eficiência Energética de uma Edificação Residencial

A avaliação da eficiência energética de um edifício residencial multifamiliar foi realizada através do método prescritivo apresentado pelo RTQ-R por meio do equivalente numérico de cada unidade habitacional autônoma. Já as unidades autônomas possuíram sua pontuação proveniente da avaliação da envoltória, do sistema de aquecimento de água e das suas bonificações.

As análises da avaliação da eficiência energética das UHs foram realizadas através da inserção das características dos ambientes na planilha eletrônica disponibilizada pelo PROCEL. Com isto, obtiveram-se os indicadores de Graus-Hora de Resfriamento (GHR), Consumo Relativo para Aquecimento (CA) e Consumo Relativo para Refrigeração (CR) para cada ambiente de permanência prolongada, e classificação do sistema de aquecimento de água para a Unidade Autônoma (UH). Assim, com as medidas de eficiência energética de cada APP, a classificação do sistema de aquecimento de água e a pontuação das bonificações, obteve-se a classificação de cada UH e da edificação residencial multifamiliar. Assim, foi possível identificar por ambiente os itens que impactaram na eficiência energética da UH e consequentemente da Edificação.

#### 3.1.1. Caracterização da UH

A edificação selecionada encontra-se na cidade de Balneário Camboriú, localizada na Zona Bioclimática 3, ZB3. O edifício avaliado possui 30 UHs, distribuídas do 7º ao 21º pavimento, duas por andar, uma com orientação leste, norte e sul e outra com orientação oeste, norte e sul. As unidades habitacionais autônomas possuem a mesma planta, diferindo para a realização das análises somente na orientação solar, e no caso da cobertura, o componente arquitetônico de vedação horizontal e seu contato com o meio externo. Para avaliar as UHs foram realizados 6 análises distintas, conforme apresentado na Tabela 1. As unidades possuem medição individualizada de luz e água.

Tabela 1– Características das UHs.

Unidade Habitacional Autônoma	Quantidade	Orientação	Pavimento	Laje da cobertura com contato externo
UH - 1	3	Leste	6º ao 8º	Não
UH - 2	3	Oeste	6º ao 8º	Não
UH - 3	11	Leste	9º ou superior	Não
UH - 4	11	Oeste	9º ou superior	Não
UH - 5	1	Leste	9º ou superior	Sim
UH - 6	1	Oeste	9º ou superior	Sim

Cada UH é composta por duas suítes, duas demi-suítes, circulação, sala, cozinha, área de serviço e dois lavabos, possuindo cinco (5) ambientes de permanência prolongada, conforme apresentado na Figura 1.

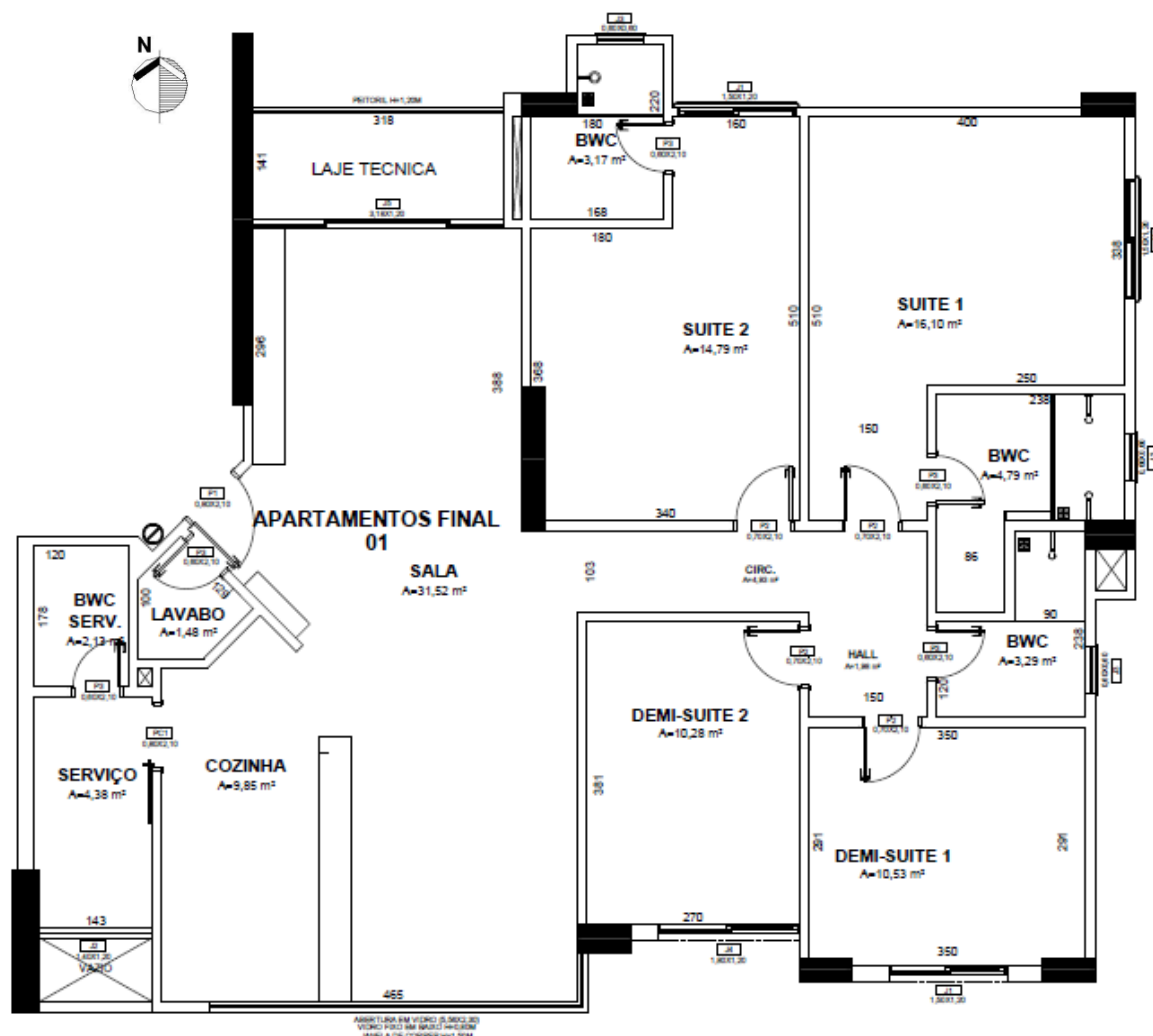


Figura 1 – Planta Baixa da Unidade Habitacional Autônoma 1.

Fonte: autores

As paredes externas da edificação são bege/amarelo claro e possuem 14 cm de espessura, constituídas de blocos cerâmicos de espessura de 11 cm, com 1,5cm de reboco em cada face e 1 cm de argamassa para o assentamento. As paredes internas são de cor branca e possuem 12 cm de espessura, constituídas de blocos cerâmicos de espessura de 9 cm, com 1,5cm de reboco em cada face e 1cm de argamassa para o assentamento. E por fim, as lajes que compõem os pavimentos-tipo são nervuradas, bidirecionais e mistas, com espessura de 30 cm e enchimento em EPS e possuem cor de concreto. As características térmicas dos componentes arquitetônicos foram obtidas através de valores apresentados no anexo V do RAC (BRASIL, 2013a) e de cálculos seguindo metodologia apresentada na NBR 15220 (2005). A tabela 2 apresenta valores de absorvância solar, transmitância térmica e capacidade térmica dos componentes arquitetônicos. Os valores de absorvância solar foram extraídos do estudo de Dornelles et al (2013).

Tabela 2– Características e dimensões de esquadrias externas.

Componente Arquitetônico	Absorvância solar	Transmitância térmica [W/m²K]	Capacidade Térmica [kJ/m²K]
Paredes externas:	0,4	2,65	140,01
Paredes internas:	0,2	2,26	134,04
Cobertura:	0,7	1,71	123,85

Cada unidade habitacional autônoma possui um total de 10 aberturas externas que variam em suas áreas e sistemas de abertura, distribuídas conforme apresentado na Tabela 3. Nenhuma das unidades autônomas possui dispositivos especiais, tais como venezianas moveis, brises ou peitoris ventiláveis.

Tabela 3 – Características e dimensões de esquadrias externas.

Aberturas	Largura	Altura	Espessura esquadria	Área	Quant	Tipo
J1	1,50 m	1,20 m	0,03 m	1,80 m²	3	Correr - 2folhas
J2	1,40 m	1,20 m	0,03 m	1,68 m²	1	Correr - 2folhas
J3	0,60 m	0,60 m	0,03 m	0,36 m²	3	Basculante
J4	1,80 m	1,20 m	0,03 m	2,16 m²	1	Correr - 2folhas
J5	3,18 m	1,20 m	0,03 m	3,82 m²	1	Correr - 2folhas
J6	5,56 m	1,50 m	0,03 m	8,34 m²	1	Correr
Abertura 1	5,56 m	0,80 m	0,03 m	4,45 m²	1	Fixa – Somente iluminação

### 3.1.2. Caracterização de demais sistemas

A construtora entrega os imóveis sem equipamentos de aquecimento de água, havendo apenas ponto elétrico próximo ao chuveiro, indicando o possível uso de chuveiros elétricos. As UHs são comercializadas sem equipamentos de condicionamento de ar e lâmpadas, ficando a critério do usuário o aparelho a ser escolhido e sua eficiência. Não há sistema de uso da água da chuva ou economizadores de água para as UHs, tampouco há ventiladores de teto.

## 3.2. Identificação de estratégias para elevar seu nível de eficiência energética

Foram identificadas cinco medidas que influenciam na eficiência energética de cada UH, e assim foram analisadas para avaliar os impactos de suas implantações na envoltória.

### 3.2.1. Medida 1 – Pintura externa

A primeira medida adotada para aumentar a eficiência energética da edificação é modificar a cor externa. Originalmente a edificação possui pintura externa bege/amarelo claro, com absorvância solar de  $\alpha=0,4$ , e a proposta é modificar sua pintura para uma cor mais clara, com  $\alpha=0,3$ .

### 3.2.2. Medida 2 – Persianas Integradas nas esquadrias dos ambientes de permanência prolongada

A edificação não possui nenhum sistema de sombreamento das esquadrias, sendo assim, esta medida foi proposta para todas as aberturas dos ambientes de permanência prolongada.

### 3.2.3. Medida 3 – Modificações nas aberturas

Conforme análise do modelo referencial, a Demi-Suíte e a Suíte 2 tiveram suas áreas de abertura modificadas para atender ao pré-requisito de ventilação natural mínimo (8% conforme RTQ-R) com dimensões conforme especificadas na tabela 4. Além da modificação nos dois cômodos, a maior parte das janelas foram modificadas para 3 folhas aumentando maior área de ventilação.

Tabela 4– Características e dimensões de esquadrias externas.

Cômodo	Abertura original	Fator de ventilação	Número de folhas original	Abertura mínima sugerida	Fator de ventilação	Número de folhas sugerido
Suíte 1	1,50 X 1,20	0,46	2	1,80 X 1,20	0,67	3
Suíte 2	1,50 X 1,20	0,46	2	1,80 X 1,20	0,67	3
Demi-suíte 1	1,50 X 1,20	0,46	2	1,60 X 1,20	0,46	2
Demi-suíte 2	1,80 X 1,20	0,46	2	1,80 X 1,20	0,67	3

### 3.2.4. Medida 4 – Modificação dos componentes arquitetônicos externos

As paredes externas foram substituídas por outra de nova composição, composta pelo mesmo bloco cerâmico e reboco externo de 1,5cm. A mudança se deu na parte interior, onde, junto ao bloco, foi fixada uma camada de lã de rocha com 1,5 cm de espessura, e uma placa de gesso acartonado de 1,25cm de espessura. A nova mudança diminuiu em, aproximadamente, 45% a transmitância térmica da parede, a qual passou a possuir um novo valor de 1,19 W/(m².K). Esta alteração modificou também sua Capacidade Térmica, que passou a ser de 131,76 kJ/(m².K), conforme calculado através de aplicação da metodologia apresentada na NBR 15220 (2005).

Visando melhoria do conforto térmico dos apartamentos da cobertura, a laje que inicialmente era nervurada e contava com uma coloração acinzentada foi substituída por uma Laje nervurada com blocos de EPS e telha fibrocimento (modelo 25 do anexo V do RAC, BRASIL, 2013a). A telha de fibrocimento recebeu pintura da cor branca, com absorvância solar de 0,20.

Diagrama 3D de uma laje nervurada com telha de fibrocimento. A laje nervurada é mostrada em cinza, com blocos de poliestireno (EPS) em branco preenchendo os vazios. A telha de fibrocimento é mostrada em marrom sobre a laje. Uma câmara de ar é indicada entre a telha e a laje. As dimensões e materiais são detalhados no texto adjacente.

Descrição:

25

Laje nervurada - Altura 22,5cm (altura da nervura 15cm, largura da nervura 10cm, espessura da lâmina 7,5cm, Distância entre vãos 50cm)  
Vazios com preenchimento de poliestireno 40 x 40cm  
Câmara de ar (> 5,0 cm)  
Telha de fibrocimento

U	C <sub>T</sub>
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
1,31	238

Figura 2 – Proposta de componente arquitetônico horizontal.

Fonte: INMETRO, 2010

### 3.2.5. Medida 5 – Adoção de Sistema de Aquecimento a Gás

O sistema de aquecimento de água elétrico foi substituído por um sistema de aquecimento a gás do tipo instantâneo. A UH possui seis torneiras, sendo uma em cada suíte, uma para as demi-suítes, uma para o lavabo, uma para o banheiro da área de serviço e a última utilizada na pia da cozinha, que foi dimensionada com vazão de 8 l/min; e um total de 4 chuveiros, considerando vazão de 16 l/min. Foi calculada a potência do equipamento conforme metodologia descrita no RTQ-R e então dimensionado um sistema de aquecedor a gás tipo instantâneo com demanda de potência igual ou superior a 97,32kW.

## 3.3. Estimativa de custo com a adoção das estratégias escolhidas

Com o intuito de analisar comparativamente o custo de uma obra sem parâmetros e a mesma obra com adoção de medidas receberem melhor classificação na ENCE, fez-se, então, um orçamento baseado no CUB (Custo Unitário Básico), conforme apresentado pelo Sinduscon (2016), com valores de referência mensais e por estado. Desta forma, o custo da edificação foi calculado através da multiplicação entre a área da edificação e o valor do custo unitário, obtendo-se assim, o valor total da obra.

A partir deste valor, foi levantado em projeto o custo que a adoção das medidas acarretaria, para então comparar seu impacto no custo total da obra analisando juntamente com a elevação do nível de eficiência energética na edificação.

## 4. RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa. Primeiramente é apresentada a avaliação de eficiência energética da edificação atual (modelo inicial), seguida pela aplicação de medidas de forma isolada, e aplicadas em conjunto. Ao final é apresentado o impacto do custo da adoção das medidas.

## 4.1. Modelo Inicial

Os equivalentes numéricos de cada ambiente de permanência prolongada foram ponderados pelas áreas obtendo-se assim a classificação para cada UH, conforme apresentado na tabela 5.

Como os apartamentos são entregues sem nenhum sistema de aquecimento de água, foi considerada a pior classificação: nível E, com equivalente numérico 1.

A adoção das bonificações referentes à iluminação natural (0,30 pontos) e de medição individual de água quente (0,1 ponto) acrescentou 0,4 pontos à Pontuação Total. A classificação final é calculada a partir da classificação da envoltória, do aquecimento de água e das bonificações, conforme tabela 5.

Tabela 5– Análise da Eficiência Energética das UHs.

Identificação	UH-1	UH-2	UH-3	UH-4	UH-5	UH-6
	L 1 ao 9	O 1 ao 9	L acima 9	O acima 9	L cobertura	O cobertura
Envoltória Verão	C	C	C	C	E	E
	2,68	2,68	2,68	2,68	1,3	1,3
Envoltória Inverno	B	B	B	B	C	C
	3,63	3,63	3,63	3,63	3	3
Aquecimento de Água	E	E	E	E	E	E
	1	1	1	1	1	1
EqN Envoltória	C	C	C	C	D	D
	3,02	3,02	3,02	3,02	1,91	1,91
Env Refrig Artif	C	C	C	C	C	C
	2,75	2,75	2,75	2,75	2,87	2,87
Bonificações	0,4	0,4	0,52	0,52	0,52	0,52
Classificação Final	C	C	C	C	D	D
	2,71	2,71	2,83	2,83	2,11	2,11

A classificação da edificação multifamiliar é realizada através da ponderação da área útil dos apartamentos e suas respectivas equivalentes numéricos, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6– Avaliação da Eficiência Energética da Edificação Residencial Multifamiliar.

Unidade Habitacional Autônoma	EqNum	Quant	Classificação Final da Edificação Residencial Multifamiliar	
UH-1	2,71	3	2,76	C
UH-2	2,71	3		
UH-3	2,83	11		
UH-4	2,83	11		
UH-5	2,11	1		
UH-6	2,11	1		

## 4.2. Adoção de Medidas Isoladas

### 4.2.1. Medida 1 – Pintura externa

A pintura externa original era bege ( $\alpha=0,4$ ). A modificação da cor para uma tinta de tom mais claro com uma absorvância de 0,3 não surte efeito direto na classificação dos ambientes para o caso em questão, porém, representa uma redução de aproximadamente 150 pontos no indicador de Graus-hora de resfriamento, ponto mais crítico encontrado para o empreendimento utilizado. A tonalidade da pintura foi definida segundo valores de absorvância solar coletados na pesquisa de Dornelles et al (2013).

Essa medida não apresenta custo adicional à edificação, visto que a pintura é necessária como acabamento.

### 4.2.2. Medida 2 – Persianas Integradas nas esquadrias dos ambientes de permanência prolongada

A instalação de janelas com persianas integradas é o fator isolado que mais impacta na diminuição do indicador de graus-hora para resfriamento, chegando a um decréscimo aproximado de 50% no ambiente mais beneficiado, e também o mais impactante para a diminuição do consumo relativo para resfriamento. As



melhorias ocorrem somente na envoltória de verão, já que a entrada de radiação no inverno beneficia o aquecimento do ambiente, não representando qualquer mudança nesse indicador.

O custo da implantação das persianas apresentou um aumento de 0,83% do valor da obra, contudo considera-se uma medida eficiente visto que a melhoria do nível de eficiência energética da envoltória é o mais representativo.

#### *4.2.3. Medida 3 – Modificação nas aberturas*

A modificação das áreas de abertura e ventilação possibilitaram a obtenção de nível A e B para os ambientes, por meio do cumprimento dos pré-requisitos de aberturas estabelecidos, sendo esse o parâmetro mais relevante para a realização dessa modificação. Além disto, a medida melhora o desempenho para a envoltória de inverno (aquecimento) e de verão (resfriamento). A proposta de modificação apresentou um acréscimo de 2,56% do CUB, totalizando 0,03% do valor total da obra.

#### *4.2.4. Medida 4 – Modificação dos componentes arquitetônicos externos*

A alteração na composição da parede representa melhoria no consumo relativo para aquecimento, representando um decréscimo médio de 10% nas APPs. Apesar do alto impacto, ambas as suítes continuam com classificação C para a envoltória de inverno, pois não respeitam o pré-requisito de iluminação natural, limitando a classificação máxima.

Apesar da grande melhoria, o impacto financeiro dessa modificação é o maior dentre todas as efetuadas, acrescendo 1,62% ao valor estipulado para a edificação.

A influência da mudança da cobertura somente será observada na UH-5 e UH-6. O impacto financeiro é consideravelmente pequeno (0,03%) visto que a diminuição do GHR para as UHs foi de aproximadamente 32%. O impacto na envoltória de verão é muito representativo, chegando a elevar até 2 níveis de eficiência energética para a sala.

#### *4.2.5. Medida 5 – Adoção de Sistema de Aquecimento a Gás*

A escolha do equipamento foi realizada através de consulta às tabelas de consumo disponibilizadas no site do INMETRO. Foi selecionado um aquecedores de água a gás instantâneo, que possui potência de 55KW, sendo necessária a utilização de dois aparelhos por apartamento. A instalação do aparelho eleva a classificação do aquecimento de gás para nível A, mesma classificação do equipamento.

Observou-se que a instalação do sistema de aquecimento de água representou um acréscimo de 1,4 pontos na pontuação total, elevando-a para nível B. O valor unitário do equipamento foi orçado em R\$ 3.350,00 a unidade, assim, seria acrescentado R\$ 6.700,00 por unidade habitacional aumentando o valor de cada UH em 1,30% por cada apartamento.

#### *4.2.6. Bonificações*

As bonificações resultaram em um acréscimo na pontuação por consequência do aumento na área de ventilação e o uso da persiana integrada, aumentando em 0,28 pontos no item. O aumento da abertura de janelas proporcionou à fachada norte uma porosidade maior a 12%, previamente inexistente, adicionando 0,12 pontos à classificação. O uso da persiana integrada, além de elevar nível da envoltória, adiciona 0,16 pontos à classificação das bonificações por servir como um dispositivo especial.

#### *4.2.7. Aplicação combinada das medidas*

Nenhuma das medidas isoladas aumentou a classificação final, por exceção da instalação do aquecedor de água, porém a combinação das mesmas junto às bonificações elevou o empreendimento ao nível A em eficiência energética. Todas as unidades atingiram nível máximo na classificação final e consequentemente, o empreendimento atingiu nível A em eficiência energética, conforme apresentado na Tabela 7.

A área total construída é de 8569,24m<sup>2</sup>, onde aproximadamente 313,00 m<sup>2</sup> são destinados aos pavimentos tipo. E o valor de CUB utilizado para estimar o custo da edificação foi R\$1.813,52, referente ao mês de junho de 2016 no estado de Santa Catarina para uma construção de alto padrão com mais de 16 pavimentos. O custo estimado para o empreendimento de 8569,24 m<sup>2</sup> no mês de junho de 2016 no estado de Santa Catarina é de R\$15.080.148,55. A aplicação das seis medidas planejadas para se obter o nível A em eficiência energética da etiqueta PBE Edifica gerou um custo extra de R\$ 744.959,82, aumentando em 4,94% o valor total da obra.



Tabela 7– Avaliação da Eficiência Energética da Edificação Residencial Multifamiliar.

Identificação	UH-1	UH-2	UH-3	UH-4	UH-5	UH-6
Envoltória Verão	B	B	B	B	B	B
	4,30	4,17	4,30	4,17	4,30	4,30
Envoltória Inverno	B	B	B	B	B	B
	4,37	4,37	4,37	4,37	4,00	4,00
Aquecimento de água	A	A	A	A	A	A
	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Equivalente numérico da envoltória	B	B	B	B	B	B
	4,32	4,25	4,32	4,25	4,19	4,19
Envoltória se refrigerada artificialmente	C	C	C	C	C	C
	3,38	3,38	3,38	3,38	3,38	3,38
Bonificações	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
Classificação Final	A	A	A	A	A	A
	5,24	5,19	5,24	5,19	5,15	5,15

## 5. CONCLUSÕES

Dentre todas as medias aplicadas, a modificação da tonalidade da pintura externa do edifício, ainda que apresente uma diminuição de aproximadamente 6,9% no GHR e 4,3% no CR, foi a única que não apresentou custos extras à edificação, logo foi considerada como a medida que possui melhor custo/benefício.

A adição de persianas integradas também representou grande decréscimo na envoltória de verão e consumo relativo para refrigeração. Apesar de representar 23,62% dos custos extras, a sua aplicação é indispensável para uma melhora significativa da edificação avaliada segundo os métodos apresentados pelo RTQ-R.

O aumento das aberturas externas eleva o consumo relativo para refrigeração dos ambientes. Observa-se que as fórmulas do método prescritivo não consideram para a região, em qualquer momento, as características térmicas dos vidros utilizados nas aberturas, fato que impossibilita a aplicação de uma mudança compensatória e abrindo espaço para melhorias para a avaliação das UHs pelo método prescritivo, considerando que o grande ganho de calor pode ocorrer por meio de fechamentos transparentes, dependendo da orientação solar e horas de exposição.

A modificação da composição das paredes apresentou o maior custo dentre todas as medidas escolhidas, representando 46,3% do valor adicional, contudo considerou-se uma medida a ser repensada e substituída por outra de menor custo visto que o seu impacto na avaliação da envoltória é consideravelmente pequeno.

Por fim, as medidas aplicadas à envoltória têm pouco ou nenhum impacto na pontuação final quando isoladas. O processo desconsidera as melhorias realizadas quando as mesmas não elevam a classificação do Indicador de Graus Hora para Resfriamento, Consumo relativo para Aquecimento e Refrigeração, não acrescentando em nada na pontuação final.

A mudança do sistema de aquecimento de água elétrico para o aquecimento a gás isoladamente representou grande impacto na pontuação final, elevando-a a 4,11 pontos. Para esse estudo, somente a aplicação do sistema a gás aproxima as unidades habitacionais a atingirem nível de eficiência energética A, com diferença de apenas 0,39 pontos para a sua obtenção.

O impacto percentual financeiro obtido não foi considerado alto, porém não se acredita que o retorno financeiro seja viável. Sugere-se para futuros trabalhos a realização de simulações computacionais que estimem o consumo real da edificação e possibilitem calcular o tempo de retorno financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.220 Desempenho térmico das edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- BALANÇO ENERGÉTICO BRASILEIRO (BEN). Relatório Síntese. Rio de Janeiro, 2015 Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final\\_2015\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2015_Web.pdf)> Acesso em: 06 de março de 2016.
- BRASIL (2012). Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria 18, de 16 de janeiro de 2012. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.** Rio de Janeiro, 2012.

- \_\_\_\_\_. (2013a) Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria 50, de 01 de janeiro de 2013. Requisitos para Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações**. Rio de Janeiro, 2013.
- \_\_\_\_\_. (2013b) Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Aquecedores de água a gás instantâneo**. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/aquecedorAgua\\_2015.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/aquecedorAgua_2015.pdf)>. Acesso em: 27 maio. 2016.
- \_\_\_\_\_. (2015). Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional – BEN 2015. Brasília: 2015. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: outubro de 2015.
- DORNELLES, K. A.; CARAM, R. M.; SICHIERI, E. P. Absortância Solar e Desempenho Térmico de Tintas Frias Para Uso no Envelope Construtivo. Brasília, 2013.
- ELETROBRAS; PROCEL. Manual para Aplicação do RTQ-R. 2012. Disponível em: <[http://pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Manual\\_de\\_aplica%C3%A7%C3%A3o\\_do\\_%20RTQ-R-v01.pdf](http://pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Manual_de_aplica%C3%A7%C3%A3o_do_%20RTQ-R-v01.pdf)> Acesso em: 06 de outubro de 2015.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência Energética na Arquitetura. 3ª ed. Eletrobras/Procel, 2014. 382 p.
- PBEEDIFICA. Etiquetagem. 2015a Disponível em: <<http://pbeedifica.com.br/etiquetagem>>. Acesso em: 15 de outubro de 2015.
- \_\_\_\_\_. Planilhas e Catálogos. 2015f Disponível em: < <http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/comercial/planilhas-catalogos>>. Acesso em: 15 out. 2015.
- SINDUSCON. Sobre o CUB. 2015. Disponível em: < <http://sinduscon-fpolis.org.br/index.asp?dep=45&nomeDep=sobre-o-cub> >. Acesso em: 15 maio. 2016.