



ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA DE SUBPREFEITURA DA CIDADE DE JOINVILLE-SC ATRAVÉS DO MÉTODO INI-C

DOI: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v9e02020165-185>



Ricardo Giovani Tambosi¹
Ana Mirthes Hackenberg²

RESUMO

O presente artigo propõe a análise e classificação da envoltória de uma edificação de uso público destinada ao uso exclusivo de escritórios ocupada pela subprefeitura do bairro Pirabeiraba da cidade de Joinville-SC, através do novo método em desenvolvimento INI-C. O estudo foi realizado seguindo as etapas descritas pelo documento disponibilizado pelo Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E). O resultado final desta pesquisa classificou a edificação analisada em nível A em eficiência energética de envoltória, o que demonstra uma excelente qualidade de uso e ocupação dos ambientes e conforto aos usuários e colaboradores.

Palavras-chave: Envoltória. INI-C. Eficiência energética.

¹ Engenheiro Civil e Mestrando. Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). ricardo.tambosi@gmail.com

² PhD, Professora do Dpto de Engenharia Civil. Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). ana.hackenberg@udesc.br

ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF JOINVILLE-SC CITY SUBPREFECTURE WRAP THROUGH THE INI-C METHOD

ABSTRACT

This paper proposes the analysis and classification of the envelope of a public use building for the exclusive use of offices occupied by the Pirabeiraba sub-city of Joinville-SC, through the new method under development INI-C. The study was conducted following the steps described in the document provided by the Brazilian Center for Energy Efficiency in Buildings (CB3E). The final result of this research classified the analyzed building in level A in envelope energy efficiency, which demonstrates an excellent quality of use and occupancy of the environments and comfort for users and employees.

Keywords: Wrap. INI-C. Energy efficiency.

1 INTRODUÇÃO

O homem tem melhores condições de vida e de saúde quando seu organismo pode funcionar sem ser submetido a fadiga ou estresse, inclusive térmico. Uma das principais funções da arquitetura é oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto térmico humano no interior das edificações, independente das condições climáticas externas (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Lambert, Dutra e Pereira (2014) afirmam que um bom projeto arquitetônico deveria incluir análises sobre o desempenho energético, pois cada decisão tomada durante o projeto influencia no desempenho térmico e luminoso da edificação. Para que o projeto tenha um bom desempenho, é importante que estas decisões sejam baseadas no conhecimento das várias variáveis e conceitos que envolvam a eficiência energética e o conforto ambiental.

Confirmando esta ideia, Bogo e Pickler (2017) acrescentam que no que se refere ao conforto ambiental, uma melhor relação da edificação com o clima é importante e deve ser uma condicionante de projeto.

Para Krüger e Mori (2012, p.90):

“o desconhecimento de soluções arquitetônicas adequadas para a otimização das condições de conforto (ou diminuição do desconforto) em edificações acaba resultando em ambientes termicamente desfavoráveis. Situações em

que a simples permanência no ambiente, seja ele local de trabalho ou de moradia, torna-se uma experiência bastante desagradável do ponto de vista do conforto de seus ocupantes. Indo-se um pouco mais além na análise das consequências, poder-se-á verificar a diminuição do rendimento nas atividades a serem realizadas, no caso de ambientes de trabalho, ou mal-estar físico, no caso de moradias”.

Visando um projeto mais confortável aos seus usuários, Frota e Schiffer (2001) expõem que a partir das variáveis climáticas do conforto térmico, vem sendo desenvolvida uma série de estudos que procuram determinar as condições de conforto térmico e os vários graus de conforto ou desconforto por frio ou por calor. Silva e Ghisi (2014) afirmam que há necessidade em tornar as edificações mais eficientes por meio de regulamentações e normas. Complementando essa ideia, Carlo e Lamberts (2010) reiteram que a certificação energética de edifícios é uma tendência mundial, já adotada por diversos países e em desenvolvimento por outros.

No escopo técnico dessas certificações, as ferramentas de análise ajudam a encontrar soluções de desempenho térmico, eficiência energética, otimização de sistemas, sendo uma boa prática no mercado de edificações (RAFTERY; KEANE; O'DONNELL, 2011 apud SILVA; GHISI, 2014).

Buscando essas melhores soluções e condições de desempenho das edificações, foram criados, através do Programa Procel Edifica, os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios, divididos em Residenciais (RTQ-R) e Comerciais, de Serviço e Públicos (RTQ-C). A partir deles, pode-se avaliar e comparar os diferentes tipos de edificações e determinar parâmetros para os níveis de eficiência energética mínimos desejáveis.

O objetivo deste estudo é avaliar a eficiência energética da envoltória de uma subprefeitura, por meio da nova proposta em desenvolvimento do RTQ-C (chamado INI-C).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada para realização desta pesquisa baseou-se nos critérios de análise somente da envoltória das edificações descrito no documento em desenvolvimento da nova proposta do RTQ-C, disponibilizado pelo Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

2.1 Pré-requisitos

Os pré-requisitos são aqueles que tornam a edificação elegível à etiquetagem, caso estes critérios não sejam atendidos, a classificação final será E (menos eficiente) e não passará pelo restante do processo. A Tabela 1 apresenta todos os critérios com os seus respectivos limites mínimos e máximos.

Tabela 1: Pré-requisitos de envoltória

Parâmetros	Limites ¹	
	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/m ² K	450 kJ/m ² K
Capacidade Térmica da parede (CTpar)	0,22 kJ/m ² K	450 kJ/m ² K
Contato com o solo	Sem contato (ex.: sobre pilotis ou em balanço)	Em contato
Densidade de Potência de equipamentos (DPE)	4 W/m ²	40 W/m ²
Densidade de Potência de iluminação (DPI)	4 W/m ²	40 W/m ²
Fator solar do vidro (FS)	0,21	0,87
Percentual de abertura zenital	0%	3%
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/m ² K	5,07 W/m ² K
Transmitância térmica da parede externa (Upar)	0,50 W/m ² K	4,40 W/m ² K
Transmitância térmica do vidro (Uvid)	1,9 W/m ²	5,7 W/m ²

Fonte: CB3E (2017)

Após o conhecimento dos limites admissíveis, encaminha-se para a determinação dos valores de cada um dos itens para comparação.

2.1.1 Absortância (α)

Segundo PROCEL (2013) a absortância é, “uma propriedade do material referente à parcela da radiação absorvida pelo mesmo, geralmente relacionada à cor”, ou seja, a absortância é a quantidade de radiação que um material absorve a partir da quantidade de radiação total incidida nele. A Tabela 2 mostra a absortância de alguns materiais e cores como referência.

Tabela 2: Absortância (α) de alguns materiais e cores

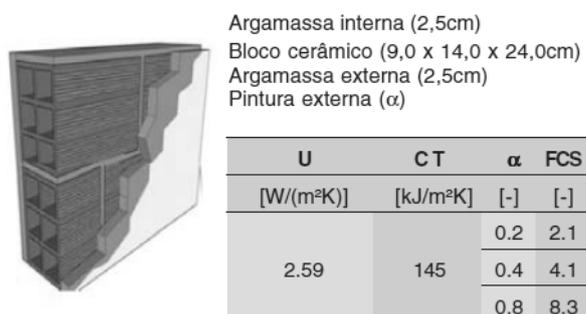
Tipo de superfície		α
Chapa de alumínio (nova e brilhante)		0,05
Chapa de alumínio (oxidada)		0,15
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)		0,25
Caiçãõ nova		0,12 / 0,15
Concreto aparente		0,65 / 0,80
Telha de barro		0,75 / 0,80
Tijolo aparente		0,65 / 0,80
Reboco claro		0,30 / 0,50
Revestimento asfáltico		0,85 / 0,98
Vidro incolor		0,06 / 0,25
Vidro colorido		0,40 / 0,80
Vidro metalizado		0,35 / 0,80
Pintura:	Branca	0,20
	Amarela	0,30
	Verde clara	0,40
	“Alumínio”	0,40
	Verde escura	0,70
	Vermelha	0,74
	Preta	0,97

Fonte: NBR 15220-2 (2003)

2.1.2 Capacidade térmica

Segundo ALMEIDA (2013), “Capacidade térmica define-se como a quantidade de calor que um determinado corpo deve trocar para que sua temperatura sofra uma variação unitária”. Seus valores variam de acordo com a composição da estrutura, a Figura 1 apresenta algumas características térmicas de parede, inclusive a capacidade térmica, denominada como “CT”.

Figura 1: Propriedades térmica de parede



Fonte: CEF (2010, p. 98)

2.1.3 Densidade de potência de equipamentos (DPE)

Segundo CB3E (2017), é a razão entre o somatório da potência de equipamentos instalados e a área de um ambiente ou zona térmica. De acordo com o

uso da edificação, são fixados valores estimativos para este critério, a Tabela 3 apresenta os valores relacionados a edifícios de escritórios.

Tabela 3: Densidade de potência de equipamentos em edifícios de escritório

Uso típico	Edificações de escritórios	
	Condição real	Condição de referência
DPE - Densidade de potência de equipamentos (W/m ²)	9,7	9,7

Fonte: CB3E (2017)

2.1.4 Densidade de potência de iluminação (DPIL)

Segundo CB3E (2017), é a razão entre o somatório da potência de lâmpadas e reatores instalados e a área de um ambiente ou zona térmica. A Tabela 4 apresenta os valores aceitáveis para as densidades de potência de iluminação.

Tabela 4: Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL)

Função do Edifício	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível D)
Comércio	15,1	17,4	19,6	21,9
Correios	9,4	10,8	12,2	13,6
Escola/Universidade	10,7	12,3	13,9	15,5
Escritório	9,7	11,2	12,6	14,1
Hospital	13,0	15,0	16,9	18,9
Hotel	10,8	12,4	14,0	15,7
Museu	11,4	13,1	14,8	16,5
Posto de Saúde/Clinica	9,4	10,8	12,2	13,6
Posto Policial	10,3	11,8	13,4	14,9
Prefeitura – Inst. Gov.	9,9	11,4	12,9	14,4
Teatro	15,0	17,3	19,5	21,8
Transportes	8,3	9,5	10,8	12,0
Tribunal	11,3	13,0	14,7	16,4

Fonte – PROCEL (2013)

2.1.3 Fator solar (FS)

Segundo PROCEL (2013) fator solar é a razão entre o ganho de calor que entra num ambiente através de uma abertura e a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Inclui o calor radiante transmitido pelo vidro e a radiação solar absorvida, que é re-irradiada ou transmitida, por condução ou convecção, ao ambiente. O fator

solar considerado será relativo a uma incidência de radiação solar ortogonal à abertura. Os valores de FS, para alguns exemplos, são dados conforme a Tabela 5.

Tabela 5: Valores de Fator Solar (FS) para aberturas com diferentes superfícies separadoras

Superfícies Separadoras			F _s
Vidros	Transparente (simples)	3 mm	0,87
		6 mm	0,83
	Transparente (duplo)	3 mm	0,75
		Cinza (fumê)	3 mm
	Verde	6 mm	0,60
		3 mm	0,72
	6 mm	0,60	
Reflexivo	3 mm	0,26 – 0,37	
Películas	Reflexiva		0,25 – 0,50
	Absorvente		0,40 – 0,50
Acrílico	Claro		0,85
	Cinza ou Bronze		0,64
	Refletido		0,18
Policarbonato	Claro		0,85
	Cinza ou Bronze		0,64
Domos	Claro		0,70
	Translúcido		0,40
Tijolo de Vidro			0,56

Fonte: Lambert, Dutra e Pereira (2014 p. 223)

2.1.4 Transmitância térmica (U)

Transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo ($W / m^2.K$), neste caso, de componentes opacos das fachadas (paredes externas) ou coberturas, incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes (RTQ-C, 2013). A Tabela 6 apresenta valores de “U” para alguns fechamentos mais utilizados no setor da construção civil.

2.1.5 Análise dos pré-requisitos

Em posse dos valores dos critérios descritos, realiza-se a comparação com os limites apresentados na Tabela 1. Após essa comparação, caso todos os pré-requisitos sejam atendidos, inicia-se a análise efetiva da edificação.

2.2 Procedimento para a determinação da classe de eficiência energética da envoltória da edificação

Segundo CB3E (2017) a envoltória da edificação é avaliada sob duas condições: condição real, utilizando as características reais da edificação; e a condição de referência (classe D), de acordo com as características das condições de referência do seu tipo de uso. Para esta classificação são cumpridas seis etapas, conforme explica CB3E (2017).

Tabela 6 : Transmitância térmica (U) para alguns fechamentos utilizados na construção civil

Elemento	Tipo	U (W/m ² K)
Paredes	Tijolo. 6 furos esp. 12,5cm	2,39
	Tijolo. 6 furos esp. 17cm (deitado)	2,08
	Tijolo. 8 furos rebocado 12,5cm	2,49
	Tijolo. 4 furos rebocado 12,5cm	2,59
	Tijolo. maciço aparente 9cm	4,04
	Tijolo maciço rebocado 12cm	3,57
	Tijolo maciço rebocado 26cm	2,45
Janelas	Vidro comum 3mm	5,79
Coberturas	Laje concreto 10cm + fibrocimento	
	verão - não ventilado	2,04
	verão - bem ventilado	2,04
	inverno - não ventilado	2,86
	inverno - bem ventilado	3,89
	Laje concreto 10cm + cerâmica	
	verão - não ventilado	2,04
	verão - bem ventilado	2,04
	inverno - não ventilado	2,87
	inverno - bem ventilado	3,89
	Forro pinus 1cm + fibrocimento	
	verão - não ventilado	2,00
	verão - bem ventilado	2,00
	inverno - não ventilado	2,79
	inverno - bem ventilado	3,75
	Forro pinus 1cm + cerâmica	
	verão - não ventilado	2,01
	verão - bem ventilado	2,01
	inverno - não ventilado	2,79
	inverno - bem ventilado	3,75
	Forro pinus 1cm + fibrocimento + alumínio polido	
	Verão - não ventilado	1,11
	Verão - bem ventilado	1,11
	Inverno - não ventilado	2,04
Inverno - bem ventilado	3,75	

Fonte: Lambert, Dutra e Pereira (2014 p. 217)

2.2.1 Primeira etapa – Definição do uso do espaço

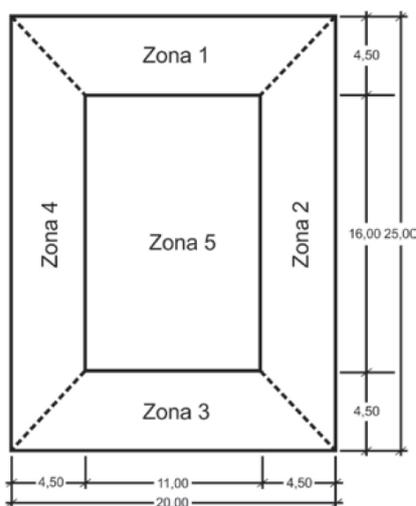
Espaços devem ser divididos pelo seu principal uso, de acordo com as atividades desenvolvidas na edificação, separando-se ainda as áreas condicionadas das áreas não condicionadas artificialmente.

2.2.2 Segunda etapa – Divisão das zonas térmicas

As zonas térmicas devem ser divididas de acordo com os parâmetros que as definem. As zonas térmicas perimetrais devem ser limitadas em espaços de 4,50 m

de profundidade com relação à parede externa. Cada zona térmica perimetral deve incluir toda a área de piso que se encontra a 4,50 m de profundidade com relação à parede externa, exceto se houver mudança de orientação solar do espaço. A Figura 2 exemplifica essas divisões.

Figura 2: Exemplo de divisão de zonas térmicas



Fonte: CB3E (2017)



2.2.3 Terceira etapa – Parâmetros de entrada no cálculo da carga térmica

Estes parâmetros referem-se às propriedades térmicas e geométricas da envoltória, utilizados para determinar a carga térmica interna de refrigeração (CgTRefrig) para a condição real e de referência da edificação nos espaços condicionados artificialmente. Os parâmetros que entram no cálculo da CgTRefrig são expostos conforme a Tabela 7.

2.2.4 Quarta etapa – Cálculo da densidade de carga térmica para refrigeração (DCT)

Após a definição dos parâmetros de entrada, os dados devem ser inseridos na interface web que executará o cálculo da densidade de carga térmica para resfriamento. Após a determinação da densidade de carga térmica de refrigeração (kWh/m².ano) para cada zona térmica da edificação real e de referência, os valores obtidos devem ser transformados em um valor de carga térmica anual para refrigeração proveniente de toda a edificação.

Os valores de carga térmica de refrigeração gerados pela interface web estarão divididos por zonas térmicas em resultados por metro quadrado, total da zona térmica ou, ainda, total da edificação.

Tabela 7: Parâmetros de entrada para o cálculo da carga térmica de refrigeração

ZONA X	Condição Real	Condição de referência
Área (m ²)		
Orientação		
Densidade de Potência - equipamentos (DPE)		
Densidade de Potência - Iluminação (DPI)		
Fator Solar do vidro (FS)		
Transmitância térmica do vidro (Uvid)		
Absortância da cobertura (α)		
Absortância da parede (α)		
Pé direito (pd)		
Percentual de abertura na fachada (PAF)		
Ângulo Horizontal de Sombreamento (AHS)		
Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS)		
Ângulo de Obstrução Vizinha (AOV)		
Contato com o solo		
Transmitância da cobertura (Ucob)		
Transmitância da parede (Upar)		
Capacidade Térmica da cobertura (CTcob)		
Capacidade Térmica da parede (CTpar)		
Piso com isolamento		
Tipo de zona térmica		
Cobertura voltada para o exterior		
Horas de ocupação		

Fonte: o Autor

2.2.5 Quinta etapa – Determinação das escalas de valores e classe de eficiência energética

A carga térmica anual proveniente de todas as zonas térmicas analisadas (condição real e de referência) devem ser comparadas. A classificação do nível de eficiência energética da envoltória deve ser definida de acordo com o percentual de economia desta em relação à condição de referência, de acordo com a escala de valores.

2.2.5.1 Cálculo do fator forma da edificação

Fator forma é o índice que representa as proporções da edificação, sendo calculado através da razão entre área da envoltória pelo volume total da edificação. Conforme a Equação 1 demonstra.

$$FF = \frac{A_{ENV}}{V_{TOT}} \quad (1)$$

Onde:

FF – Fator Forma da edificação

Aenv – Área total da envoltória da edificação (m²)

Vtot – Volume total da edificação (m³)

2.2.5.2 Determinação do coeficiente de redução de carga térmica

Utilizando o fator forma da edificação, determina-se o coeficiente de redução da carga térmica de acordo com o grupo climático em que o objeto de estudo está localizado e seu uso. A Tabela 8 expõe os coeficientes para edificações para uso de escritórios.

Tabela 8: Edificações de escritórios: coeficiente de redução da carga térmica anual da classe D para a classe A com base no fator de forma (FF) e grupo climático correspondente

Grupo Climático	Coeficiente de redução da carga térmica total anual da classe D para a classe A (CRCT _{D-A})				
	FF ≤ 0,20	0,20 < FF ≤ 0,30	0,30 < FF ≤ 0,40	0,40 < FF ≤ 0,50	FF > 0,50
GCL 1- A	0,28	0,31	0,32	0,33	0,33
GCL 1- B	0,23	0,25	0,27	0,27	0,27
GCL 2	0,32	0,34	0,36	0,36	0,36
GCL 3					
GCL 4					
GCL 5	0,22	0,25	0,26	0,27	0,27
GCL 6					
GLC 7	0,23	0,26	0,27	0,28	0,28
GCL 8					
GCL 9	0,22	0,25	0,26	0,27	0,27
GCL 10	0,23	0,26	0,27	0,28	0,28
GCL 11	0,19	0,21	0,23	0,23	0,23
GCL 12					
GCL 13	0,19	0,21	0,22	0,23	0,23
GCL 14					
GCL 15	0,18	0,20	0,21	0,22	0,22
GCL 16					
GCL 17	0,12	0,14	0,15	0,15	0,15
GCL 18	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15
GCL 19	0,12	0,14	0,15	0,15	0,16
GCL 20					
GCL 21	0,14	0,17	0,18	0,18	0,18
GCL 22					
GCL 23	0,13	0,15	0,16	0,17	0,17
GCL 24					

Fonte: CB3E (2017)

2.2.5.3 Determinação da subdivisão (i) das escalas de eficiência energética

O coeficiente de redução da carga térmica anual da classe A para a classe D (CRCTDA) determinado no item anterior, deve ser utilizado para definir o intervalo dentro do qual a edificação proposta será classificada, que varia de A até D. Caso a condição real da edificação apresente carga térmica total anual superior à condição de referência, sua classificação final será E. Para definir este intervalo, calcula-se o coeficiente “i” através da Equação 2.

$$i = \frac{(CgT_{TREF} \cdot CRCgT_{A-D})}{3} \quad (2)$$

Onde:

CgT_{tref} - é a carga térmica total da edificação em sua condição de referência (kWh/ano);

CRCgT_{a-d} - é o coeficiente de redução de carga térmica anual da classe D para a classe A.



2.2.5.4 Escalas de eficiência energética

Com o valor do intervalo (i) calculado, determina-se os valores finais das escalas de eficiência energética da edificação, de acordo com as formulas apresentadas na tabela 9.

Tabela 9: Escalas de eficiência energética da edificação

Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	$> CgT_{TREF} - 3i$	$> CgT_{TREF} - 2i$	$> CgT_{TREF} - i$	$> CgT_{TREF}$
Limite inferior	$\leq CgT_{TREF} - 3i$	$\leq CgT_{TREF} - 2i$	$\leq CgT_{TREF} - i$	$\leq CgT_{TREF}$	-

Fonte: CB3E (2017)

2.2.6 Sexta etapa – Classificação da eficiência energética da edificação

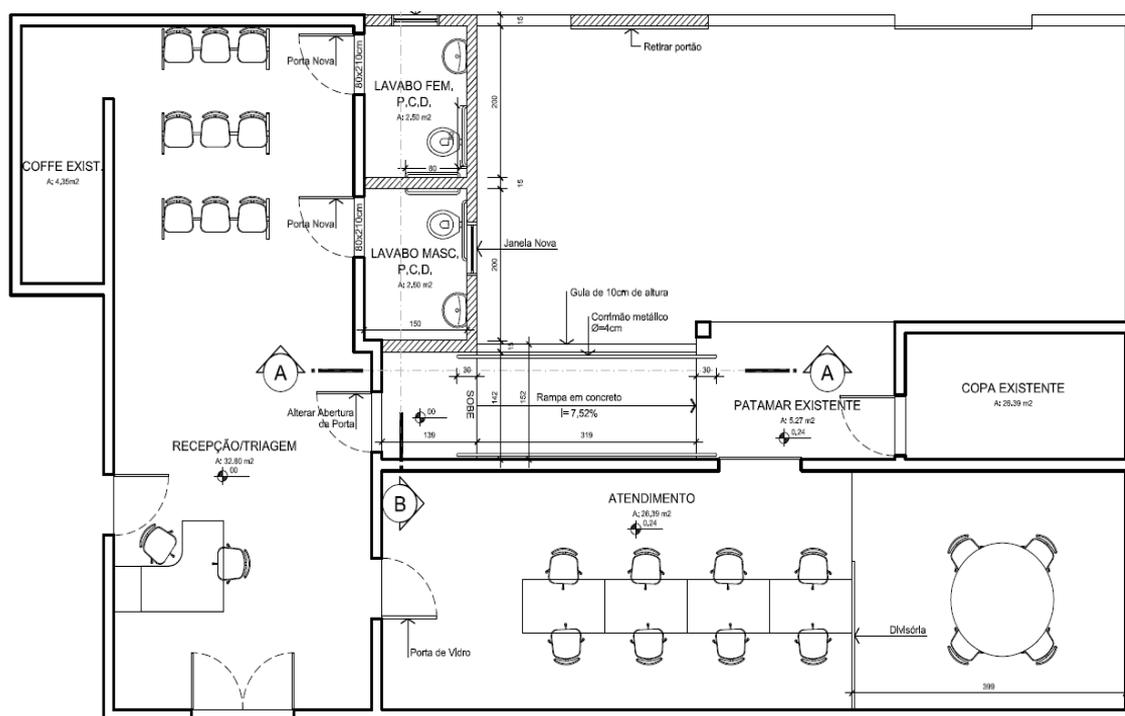
Após a determinação das escalas de eficiência energética, compara-se o valor da carga térmica anual da edificação real, calculado anteriormente, com os intervalos para definir qual a classe de eficiência ela se enquadra.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Objeto de estudo

O objeto de estudo para a presente pesquisa é uma edificação comercial de dois pavimentos utilizada como sede da subprefeitura do bairro Pirabeiraba localizada na cidade de Joinville-SC no grupo climático número 9, construída com estrutura de concreto armado, alvenaria de tijolos cerâmicos e cobertura com lajes também de concreto, estrutura de madeira e telhas cerâmicas de barro. Será utilizado para análise somente o pavimento térreo desta edificação em que é destinado ao uso da subprefeitura, o segundo pavimento é utilizado para outro fim. A figura 3 apresenta a planta baixa da edificação.

Figura 3: Planta baixa subprefeitura de Pirabeiraba



Fonte: UNIDADE BANCO DE PROJETOS (2019)

3.2 Análise dos pré-requisitos

Para a análise dos pré-requisitos adaptou-se a Tabela 1, presente no item 2.1, incluindo os valores reais da edificação pesquisada para facilitar a visualização e verificação do cumprimento dos critérios. Os resultados são observados na Tabela 10.

Conferindo os valores reais com os limites, percebe-se que todos os pré-requisitos foram atendidos, portanto a edificação é elegível para análise e poderá ser classificada.

Tabela 10: Comparação entre valores limítrofes e real dos pré-requisitos

Parâmetros	Valor mínimo	Valor real	Valor máximo
Absortância da cobertura (α)	0,2	0,8	0,8
Absortância da parede (α)	0,2	0,36	0,8
Ângulo de Obstrução Vizinha	0°	0	80°
Ângulo Horizontal de Sombreamento	0°	0	80°
Ângulo Vertical de Sombreamento	0°	0	90°
Capacidade Térmica da cobertura	0,22 kJ/m ² K	238,04	450 kJ/m ² K
Capacidade Térmica da parede	0,22 kJ/m ² K	103	450 kJ/m ² K
Contato com o solo	Sem contato	Sem contato	Em contato
Densidade de Potência - equipamentos	4 W/m ²	9,7	40 W/m ²
Densidade de Potência - Iluminação	4 W/m ²	14,1	40 W/m ²
Fator Solar do vidro (FS)	0,21	0,87	0,87
Percentual de abertura zenital	0%	0%	3%
Pé direito	2,60m	2,9	6,6m
Percentual de abertura na fachada	0%	0%	80%
Piso com isolamento	Não, se isolamento < 5mm	Não	Sim, se isolamento < 5mm
Transmitância da cobertura	0,51 W/m ² K	2,05	5,07 W/m ² K
Transmitância da parede externa	0,50 W/m ² K	2,09	4,40 W/m ² K
Transmitância térmica do vidro	1,9 W/m ²	5,7	5,70 W/m ² K

Fonte: o Autor

3.2 Procedimento para a determinação da classe de eficiência energética da envoltória da edificação

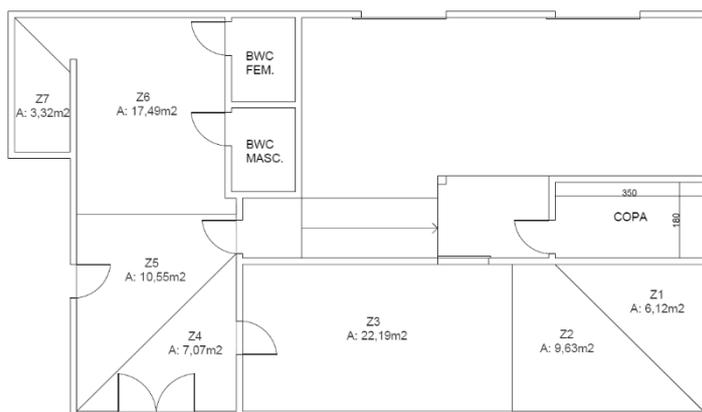
3.2.1 Primeira etapa – Definição do uso do espaço

Conforme exposto no item 3.1, o objeto desta pesquisa é uma edificação comercial de uso exclusivo de escritório.

3.2.2 Segunda etapa – Divisão das zonas térmicas

Utilizando a planta baixa da edificação, foi realizada a divisão das zonas térmicas de acordo com as especificações do item 2.2.2 deste artigo. A figura 4 apresenta os resultados encontrados. Vale ressaltar que áreas destinadas a copa, banheiros e estacionamento não se enquadram nesta divisão.

Figura 4: Zonas térmicas da edificação



Fonte: o Autor

Observando o resultado das divisões, percebe-se que a edificação foi dividida em sete zonas térmicas, sendo todas áreas internas e sem contato com cobertura.

3.2.3 Terceira etapa – Parâmetros de entrada no cálculo da carga térmica

Os parâmetros de entrada para o cálculo podem ser vistos nas Tabela 11 e 12, situação real e de referência respectivamente.

Tabela 11: Parâmetros de cálculo da carga térmica por zona térmica – Situação Real

Parâmetros	ZONA 01	ZONA 02	ZONA 03	ZONA 04
Área (m²)	6,12	9,63	22,19	7,07
Orientação	Leste	Sul	Sul	Sul
Densidade de Potência – equipamentos	9,7	9,7	9,7	9,7
Densidade de Potência - Iluminação	14,1	14,1	14,1	14,1
Fator Solar do vidro (FS)	-	-	-	-
Transmitância térmica do vidro	-	-	-	-
Absortância da cobertura (α)	0,8	0,8	0,8	0,8
Absortância da parede (α)	0,36	0,36	0,36	0,36
Pé direito	2,9	2,9	2,9	2,9
Percentual de abertura na fachada	0	0	0	0
Ângulo Horizontal de Sombreamento	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução Vizinha	0	0	0	0
Contato com o solo	Sim	Sim	Sim	Sim
Transmitância da cobertura	2,05	2,05	2,05	2,05
Transmitância da parede	2,09	2,09	2,09	2,09
Capacidade Térmica da cobertura	238,4	238,4	238,4	238,4
Capacidade Térmica da parede	103	103	103	103
Piso com isolamento	Não	Não	Não	Não
Tipo de zona térmica	Interna	Interna	Interna	Interna
Cobertura voltada para o exterior	Não	Não	Não	Não
Horas de ocupação	8	8	8	8
Parâmetros	ZONA 05	ZONA 06	ZONA 07	
Área (m²)	10,55	17,49	3,32	

Orientação	oeste	norte	oeste
Densidade de Potência - equipamentos	9,7	9,7	9,7
Densidade de Potência - Iluminação	14,1	14,1	14,1
Fator Solar do vidro (FS)	-	-	-
Transmitância térmica do vidro	-	-	-
Absortância da cobertura (α)	0,8	0,8	0,8
Absortância da parede (α)	0,36	0,36	0,36
Pé direito	2,9	2,9	2,9
Percentual de abertura na fachada	0	0	0
Ângulo Horizontal de Sombreamento	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento	0	0	0
Ângulo de Obstrução Vizinha	0	0	0
Contato com o solo	Sim	Sim	Sim
Transmitância da cobertura	2,05	2,05	2,05
Transmitância da parede	2,09	2,09	2,09
Capacidade Térmica da cobertura	238,4	238,4	238,4
Capacidade Térmica da parede	103	103	103
Piso com isolamento	Não	Não	Não
Tipo de zona térmica	Interna	Interna	Interna
Cobertura voltada para o exterior	Não	Não	Não
Horas de ocupação	8	8	8

Fonte: o Autor

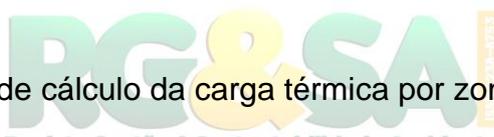


Tabela 12: Parâmetros de cálculo da carga térmica por zona térmica – Situação Referência

Parâmetros	ZONA 01	ZONA 02	ZONA 03	ZONA 04
Área (m ²)	6,12	9,63	22,19	7,07
Orientação	Leste	Sul	Sul	Sul
Densidade de Potência – equipamentos	9,7	9,7	9,7	9,7
Densidade de Potência – Iluminação	14,1	14,1	14,1	14,1
Fator Solar do vidro (FS)	0,82	0,82	0,82	0,82
Transmitância térmica do vidro	5,7	5,7	5,7	5,7
Absortância da cobertura (α)	0,8	0,8	0,8	0,8
Absortância da parede (α)	0,5	0,5	0,5	0,5
Pé direito	2,9	2,9	2,9	2,9
Percentual de abertura na fachada	50	50	50	50
Ângulo Horizontal de Sombreamento	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução Vizinha	0	0	0	0
Contato com o solo	Sim	Sim	Sim	Sim
Transmitância da cobertura	2,06	2,06	2,06	2,06
Transmitância da parede (U _{par})	2,39	2,39	2,39	2,39
Capacidade Térmica da cobertura	233	233	233	233
Capacidade Térmica da parede	150	150	150	150
Piso com isolamento	Não	Não	Não	Não
Tipo de zona térmica	Interna	Interna	Interna	Interna
Cobertura voltada para o exterior	Não	Não	Não	Não
Horas de ocupação	8	8	8	8
Parâmetros	ZONA 05	ZONA 06	ZONA 07	

Área (m ²)	10,55	17,49	3,32
Orientação	oeste	norte	oeste
Densidade de Potência - equipamentos	9,7	9,7	9,7
Densidade de Potência - Iluminação	14,1	14,1	14,1
Fator Solar do vidro (FS)	0,82	0,82	0,82
Transmitância térmica do vidro	5,7	5,7	5,7
Absortância da cobertura (α)	0,8	0,8	0,8
Absortância da parede (α)	0,5	0,5	0,5
Pé direito	2,9	2,9	2,9
Percentual de abertura na fachada	50	50	50
Ângulo Horizontal de Sombreamento	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento	0	0	0
Ângulo de Obstrução Vizinha	0	0	0
Contato com o solo	Sim	Sim	Sim
Transmitância da cobertura	2,06	2,06	2,06
Transmitância da parede	2,39	2,39	2,39
Capacidade Térmica da cobertura	233	233	233
Capacidade Térmica da parede	150	150	150
Piso com isolamento	Não	Não	Não
Tipo de zona térmica	Interna	Interna	Interna
Cobertura voltada para o exterior	Não	Não	Não
Horas de ocupação	8	8	8

Fonte: o Autor

3.2.4 Quarta etapa – Cálculo da densidade de carga térmica para refrigeração (DCT)

Por meio da ferramenta interface web, determinou-se os valores para cargas térmicas de refrigeração separados por zonas térmicas e total para edificação, os resultados são apresentados nas Tabelas 13 e 14 (situação real e de referência respectivamente).

Tabela 13: Cargas térmicas anuais de resfriamento – Situação Real

Zonas	Resfriamento (kwh/m ²)	CTr (kwh)
1	40,88	250,16
2	37,41	360,27
3	37,41	830,15
4	65,38	462,27
5	58,17	613,68
6	41,79	730,87
7	39,92	132,52
CTr/ano	3379,92	

Fonte: o Autor

Tabela 14: Cargas térmicas anuais de resfriamento – Situação de Referência

Zonas	Resfriamento (kwh/m2)	CTr (kwh)
1	80,6	493,26
2	72,2	695,28
3	72,2	1602,11
4	72,2	510,45
5	76,67	808,90
6	85,8	1500,63
7	76,67	254,55
CTr/ano	5865,18	

Fonte: o Autor

3.2.5 Quinta etapa – Determinação das escalas de valores e classe de eficiência energética

3.2.5.1 Cálculo do fator forma da edificação

Através da Equação 1, foi calculado o fator forma da edificação. A Tabela 15 apresenta os resultados.

Tabela 15: Valores de Aenv; Vtot e FF

Aenv	302,40	m2
Vtot	436,77	m3
FF	0,69	m2 / m3

Fonte: o Autor

3.2.5.2 Determinação do coeficiente de redução de carga térmica

Utilizando o valor calculado do fator forma e o grupo climático número 9 da edificação, encontra-se na Tabela 8 o coeficiente de redução da carga térmica anual da classe D para a classe A que corresponde ao valor 0,27.

3.2.5.3 Determinação da subdivisão (i) das escalas de eficiência energética

Através da Equação 2, foi calculado o coeficiente que determinará a subdivisão das escalas de eficiência energética. A Tabela 16 apresenta os resultados.

Tabela 16: Valores de FF; CRCgt d-a e i

FF	0,69
CRCgt d-a	0,27
I	527,87

Fonte: o Autor

3.2.5.4 Escalas de eficiência energética

Fazendo uso do coeficiente da subdivisão das escalas e aplicando na Tabela 9, encontram-se os seguintes valores dos intervalos de eficiência energética apresentados na Tabela 17.

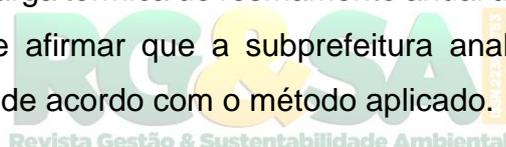
Tabela 17: Intervalos das classes de eficiência

Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	> 4.282	> 4.809	> 5.337	> 5.865
Limite inferior	≤ 4.282	≤ 4.809	≤ 5.337	≤ 5.865	-

Fonte: CB3E (2017) *apud* o Autor

3.2.6 Sexta etapa – Classificação da eficiência energética da edificação

Com os intervalos das classes de eficiência energética da envoltória definidos e utilizando o valor da carga térmica de resfriamento anual da edificação real calculado na Tabela 13, pode-se afirmar que a subprefeitura analisada atingiu nível A em eficiência da envoltória de acordo com o método aplicado.



4 CONCLUSÃO

A classificação da edificação comercial destinada ao uso exclusivo de escritórios ocupada pela subprefeitura do bairro Pirabeiraba de Joinville-SC apresentou ótimo resultado referente a eficiência energética da envoltória, sendo classificada com nível A (mais eficiente). Através da análise realizada, foi possível identificar as áreas em que existe maior necessidade de refrigeração artificial e incidência de maiores aquecimentos durante as jornadas de trabalho, porém ao analisar-se a edificação por completo, percebeu-se que a esses ambientes com maior desconforto sofrem compensações e se regularizam ao entrar em contato com as demais áreas, resultando em uma edificação confortável para seus usuários.

Por meio dos resultados encontrados, foi possível perceber que edificações públicas também podem apresentar conforto aos usuários e bons resultados no que se refere as condições térmicas, basta observar e analisar os ambientes com este

objetivo. Assim, a utilização do espaço se torna mais agradável e é possível reduzir os consumos de energia devido a eficiência da envoltória dos ambientes.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2003.

ALMEIDA, F. B. **Mundo Educação**. Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com/fisica>>. Acesso em: 26 mai. 2019.

BOGO, A. J. and PICKLER, I. H. abr. Estratégias arquitetônicas de conforto térmico em projetos de edifícios verticais. **Holos**, [s.l.] v.02, n. 32. p. 79-95, 2017.

CARLO, J. C. and LAMBERTS, R. Parâmetros e Métodos Adotados no Regulamento de Etiquetagem da Eficiência Energética de Edifícios: parte 1: método prescritivo. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 7-26, 2010.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL - CEF. **Selo Casa Azul**. São Paulo: Páginas e Letras – Editora e Gráfica. 2010. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/Downloads/selo_casa_azul/Selo_Casa_Azul.pdf>. Acesso em 26 mai. 2018.

CB3E - Centro Brasileiro de eficiência energética em edificações, (2017). **Proposta de método para a avaliação da eficiência energética com base em energia primária de edificações comerciais, de serviços e públicas - versão 03**. Florianópolis, 2017. Disponível em: http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Nova%20proposta%20de%20m%C3%A9todo_texto%20completo_comercial_2.pdf. Acesso em: 26 mai. 2019.

FROTA, A. B. and SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 5 ed. São Paulo, 2010. Ed Studio Nobel.

KRÜGER, E. L. and MORI, F. Análise da eficiência energética da envoltória de um projeto padrão de uma agência bancária em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 89-106, 2012.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkey. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997.

PROCEL. **Regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética de edificações residenciais – RTQ-R.** 2013. Disponível em: <<http://cb3e.ufsc.br/etiquetagem/residencial/downloads/manuais>> Acesso em: 10 de junho de 2019.

RAFTERY, P., KEANE, M. and O'DONNELL, J. Calibrating Whole Building Energy Models: an evidence-based methodology. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 9, p. 2356–2364, 2011.

SILVA, A. S. and GHISI, E. Análise comparativa dos resultados do desempenho térmico da envoltória de uma edificação residencial pelos métodos de simulação do RTQ-R e da NBR 15575-1. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 213-230, 2014.

UNIDADE BANCO DE PROJETO. Projeto Arquitetônico da Subprefeitura de Pirabeiraba.ctb: Joinville, 2019. Dispositivo eletrônico.

