

## XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção  
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

# ANÁLISE DA SENSIBILIDADE DO RTQ-C QUANTO A VARIAÇÃO DA DENSIDADE DE CARGA INTERNA DE EDIFICAÇÕES DE ESCRITÓRIOS NAS ZONAS BIOCLIMÁTICAS BRASILEIRAS 1, 2 E 3<sup>1</sup>

RUZICKI, Silvia(1); DUARTE, Carolina(2); BRANDALISE, Mariane(3); GRALA, Eduardo(4)

(1) UFPEL/LABCEE, e-mail: silvia-ruzicki@hotmail.com; (2) UFPEL/LABCEE, e-mail: carolinademesquitaduarte@hotmail.com; (3) UFPEL/LABCEE, e-mail: marianebrandalise@yahoo.com.br; (4) UFPEL/LABCEE, e-mail: eduardogralacunha@yahoo.com.br

### RESUMO

Questões de eficiência energética em edificações são debatidas mundialmente há décadas. No Brasil, observando o nível de eficiência energética das edificações, foi publicado em 2009 o RTQ-C - Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Essa pesquisa tem como objetivo identificar a sensibilidade do RTQ-C à variação de densidade de carga interna de equipamentos, avaliando o desempenho energético da envoltória dos edifícios de escritórios na zona bioclimática 1, 2 e 3. O método foi dividido em cinco etapas: definição dos modelos de análise; caracterização das densidades de carga interna utilizadas, de acordo com a NBR 16401 (ABNT, 2008) e ASHRAE Fundamentals (2009); determinação das características da envoltória dos modelos de acordo com os níveis de eficiência A, B e C do RTQ-C; determinação do consumo energético dos modelos utilizando o software *DesignBuilder*; análise dos resultados. Estes, demonstraram que edificações com envoltória de nível B, apresentam consumo menor do que edificações com envoltória nível A. E que conforme a zona bioclimática, edificações com elevada DCI e fator de forma máximo, com paredes e coberturas menos isoladas, apresentam consumo energético inferior a edificações com envoltória de maior resistência térmica.

**Palavras-chave:** RTQ-C. Densidade de Carga Interna. Edifícios de Escritórios.

### ABSTRACT

Aspects about Energy Efficiency of the buildings are discussed in world wide about decades. In Brazil, observing the energy efficiency level of the buildings, it was published in 2009 the RTQ-C (Technical Requirements of Quality for the energy efficiency Level of Commercial Buildings). This work has as main objective to identify the RTQ-C sensibility to the variation of internal load density of equipments in the evaluation of the energy performance of office buildings envelope in Bioclimatic Zones 1, 2 and 3 of the Brazilian Bioclimatic zoning. For that, the research was divided into five stages: analysis models definitions, internal load density characterization, models envelope characteristics definition, according to RTQ-C pre requirements, definition of the models energy consumption using *DesignBuilder* software, energy consumption performance comparison of the analyzed models. The results showed that the envelop with level "B" presents lower consumption than the envelop with level "A". It

<sup>1</sup> RUZICKI, Silvia et al. Análise da sensibilidade do RTQ-C quanto a variação da densidade de carga interna de edificações de escritórios nas zonas bioclimáticas brasileiras 1, 2 e 3. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. *Anais...* Porto Alegre: ANTAC, 2016.

*is also concluded that as the bioclimatic zone, buildings with high internal load density and maximum shape factor, with walls and roofs less insulated, presents low energy consumption in comparison with buildings with more insulated.*

**Keywords:** RTQ-C. Office building. Equipment load density. Energy modeling.

## 1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil no Brasil cresceu muito nos últimos anos, o que estimulou a competitividade do mercado, e consequentemente aumentou o investimento em soluções inovadoras e eficazes, principalmente para as questões energéticas, que buscam reduzir os impactos ambientais através do uso eficiente da energia.

Atualmente no Brasil, os dois principais regulamentos na área da eficiência energética de edificações são o RTQ-C - Requisitos Técnicos da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, de 2009, e o RTQ-R - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, de 2010.

Para edifícios de escritórios, o RTQ-C considera o nível A o mais eficiente, pois de acordo com a transmitância térmica das paredes e coberturas para este nível, sua envoltória possui uma maior resistência térmica. No entanto, o regulamento não considera a variação de densidade de carga interna da edificação, que segundo alguns estudos demonstraram, em edifícios de escritórios, são variáveis que influenciam de forma considerável o desempenho termoenérgético da envoltória.

Segundo Westphal (2007), para um modelo de edifício de escritório na cidade de Curitiba, com a densidade de carga interna de 20 W/m<sup>2</sup>, baixa absorção superficial externa, e padrão de uso de 8h/dia, o aumento da transmitância térmica, aumenta o consumo de energia elétrica em climatização. No entanto, quando se aumenta essa densidade de carga interna para 50 W/m<sup>2</sup>, o aumento da transmitância térmica, reduz o consumo de energia elétrica em climatização.

E ainda, de acordo com o estudo realizado por Chvatal (2007), em climas tropicais, no verão, em edifícios comerciais, o desconforto é grande, pois os ganhos solares máximos somados a densidade de carga interna, pessoas e equipamentos, resultam em altos ganhos internos. Isso porque esses edifícios apresentam uma envoltória muito isolada, que não permite que os ganhos elevados de calor se dissipem.

Por perceber nesses estudos a influência da densidade de carga interna (DCI) no desempenho das edificações, e por avaliar que o RTQ-C não considera essa variável ao avaliar apenas com a DCI de 25W/m<sup>2</sup>, no desenvolvimento da equação de regressão linear, julgou-se importante um estudo mais aprofundado. Na intenção de avaliar a eficiência das envoltórias em relação a densidade de carga interna nas zonas bioclimáticas brasileiras 1, 2 e 3, e verificar a influência de climas mais frios e mais aproximados na avaliação da eficiência da envoltória em relação a sua transmitância térmica.

## 2 MÉTODO

O método, já utilizado em Bandalise et al. (2014), está dividido em cinco etapas: Definição dos modelos de análise; caracterização da densidade de carga interna de equipamentos (DCI) a serem utilizadas na configuração dos modelos; determinação das características da envoltória dos modelos de análise conforme o RTQ-C, determinação do desempenho energético dos modelos avaliados e comparação do consumo dos edifícios com envoltória nível A, B e C de diferentes densidades de carga interna.

### 2.1 Definição dos modelos de análise

Para melhor compreender o estudo, foram definidos cinco modelos de análise. O primeiro analisado foi definido com base no estudo desenvolvido por Carlo (2008). Carlo observou, através de um estudo em cinco cidades brasileiras, a presença de volumetrias típicas na paisagem urbana para algumas atividades comerciais. A partir desse levantamento, gerou um modelo representativo para cada atividade. O primeiro modelo definido foi identificado por Carlo como grandes escritórios e caracterizado como edificação vertical, área de pavimento tipo menor que 500m<sup>2</sup>, com 5 pavimentos, forma retangular, dimensão de 27m de comprimento, 7,8m de largura e 15m de altura. A Figura 1 ilustra o modelo grandes escritórios.

Figura 1. Modelo 1- Grandes Escritórios



Fonte: Bandalise et al.2014

Os demais modelos analisados foram determinados conforme as equações do RTQ-C. O regulamento limita Fator de Forma mínimo para áreas de projeção maiores que 500m<sup>2</sup>, e Fator de Forma máximo para áreas de projeção menores que 500m<sup>2</sup>, conforme a zona bioclimática (Tabela 1). O Fator de Forma é determinado pela razão entre a área de envoltória e o volume total da edificação.

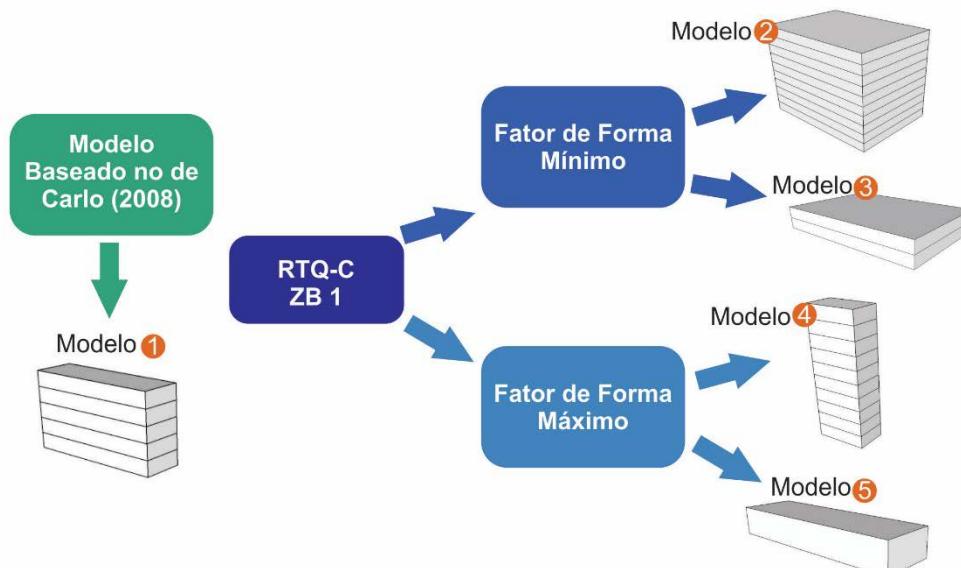
Tabela 1: Fator de Forma Mínimo e Máximo de acordo com a zona bioclimática

Fator de Forma/área de projeção	Zona bioclimática	1	2	3
Fator de Forma Mínimo (Ape > 500m <sup>2</sup> )		0,17	0,15	0,15
Fator de Forma Máximo (Ape ≤ 500m <sup>2</sup> )		0,60	0,70	0,70

Fonte: Autor

Foram definidos dois modelos para cada Fator de Forma mínimo e máximo, afim de analisar as diferenças entre a maior área de cobertura e paredes, conforme mostra a Figura 2, usando como exemplo a zona bioclimática 1. Assim, os modelos 2 e 3, com Fator de Forma mínimo, apresentam 10 e 2 pavimentos, respectivamente e os modelos 4 e 5, com Fator de Forma máximo, possuem 10 e 1 pavimento, respectivamente. Desta forma, para cada zona bioclimática foram analisados 5 modelos com diferentes volumetrias como pode ser observada nas Tabelas 2 e 3.

Figura 1: Esquema dos modelos de análise



Fonte: Brandalise et al.2014

Tabela 2: Características da volumetria dos modelos baseados no RTQ-C para zona bioclimática 1

Variáveis	Fator de Forma Mínimo		Fator de Forma Máximo	
	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
Dimensão	35,00m x 25,00m	70,00m x 45,00m	10,00m x 6,00m	27,00m x 7,50m
Altura	30,00m	10,00m	30,00m	4,00m
Área por pavimento	875m <sup>2</sup>	3.150m <sup>2</sup>	60m	211m <sup>2</sup>
Área total	8.750m <sup>2</sup>	6.300m <sup>2</sup>	600m <sup>2</sup>	211m <sup>2</sup>
Fator Forma	0,17	0,17	0,60	0,60
Fator Altura	0,10	0,50	0,10	1,00
Número de pavimentos	10	2	10	1

Fonte: Autor

Tabela 3: Características da volumetria dos modelos baseados no RTQ-C para as zonas bioclimáticas 2 e 3

Variáveis	Fator de Forma Mínimo		Fator de Forma Máximo	
	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
Dimensão	40,00m x 30,00m	85,00m x 70,00m	8,00m x 4,70m	15,00m x 6,20m
Altura	30,00m	11,90m	30,00m	4,00m
Área por pavimento	1.179,784m <sup>2</sup>	5.910m <sup>2</sup>	34,001m <sup>2</sup>	86,936m <sup>2</sup>
Área total	11.797,84m <sup>2</sup>	11.820m <sup>2</sup>	340,01m <sup>2</sup>	86,936m <sup>2</sup>
Fator Forma	0,15	0,15	0,70	0,70
Fator Altura	0,10	0,50	0,10	1,00
Número de pavimentos	10	2	10	1

Fonte: Autor

## 2.2 Caracterização da Densidade de Carga interna a ser utilizada na configuração dos modelos

A densidade de carga interna (DCI) é definida pela soma dos três fatores que mais geram calor na edificação, como: iluminação, equipamentos elétricos e pessoas. O sistema de iluminação foi configurado com densidade de potência de iluminação de 10W/m<sup>2</sup>. O RTQ-C classifica nível A o sistema de iluminação para edifícios de escritórios com densidade de potência limite de 9,7 W/m<sup>2</sup>.

A norma ASHRAE Fundamentals (2009), classifica os escritórios em quatro tipos de DCI de equipamentos. Analisou-se apenas dois tipos de densidade, a média e a alta, uma vez que a baixa é possuir atual configuração do RTQ-C. A Tabela 4 caracteriza os valores adotados de acordo com a Norma ASHRAE Fundamentals para a densidade de carga interna de equipamentos, NBR 16.401- Parte 3 para densidade de pessoas, e RTQ-C para a potência de iluminação.

Tabela 4: Caracterização das densidades de carga interna utilizadas nos modelos de análise

Tipo de Escritório	DCI Equipamentos (W/m <sup>2</sup> )	Densidade de Pessoas (pessoas/m <sup>2</sup> )	Potência de iluminação (W/m <sup>2</sup> )	Total (W/m <sup>2</sup> )
Média densidade	11,00	0,14	10,00	37,70
Alta densidade	21,00	0,20	10,00	54,88

Fonte: Autor

### 2.3 Determinação das características da envoltória da edificação

De acordo com RTQ-C a transmitância térmica e absorvância das paredes externas e coberturas são pré-requisitos específicos da envoltória. Estes, possuem limites para cada zona bioclimática, de acordo com o nível de eficiência energética que se pretende alcançar. Neste estudo, as paredes e coberturas dos modelos foram configurados com as características térmicas conforme os pré-requisitos para zona bioclimática 1, 2 e 3, de acordo com as Tabelas 5 e 6.

Tabela 5: Características da envoltória para as zonas bioclimáticas 1 e 2

Pré-Requisitos Envoltória	Nível A	Nível B	Nível C e D
Transmitância Térmica Cobertura (W/m <sup>2</sup> .K)	0,50	1,00	2,00
Transmitância Térmica Parede externa (W/m <sup>2</sup> .K)	1,00	2,00	3,70

Fonte: Autor

Tabela 6: Características da envoltória para a zona bioclimática 3

Pré-Requisitos Envoltória	Nível A	Nível B	Nível C e D
Transmitância Térmica Cobertura (W/m <sup>2</sup> .K)	1,00	1,50	2,00
Transmitância Térmica Parede externa	3,70	3,70	3,70

Fonte: Autor

O RTQ-C não considera o Percentual de Abertura de Fachada Transparente (PAFT) um pré-requisito da envoltória, por isso calculou-se o PAFT limite para cada nível de eficiência em cada modelo. Assim, utilizou-se a equação do indicador de consumo da envoltória (ICenv) de cada zona bioclimática e a variável PAFT foi isolada na equação, como observa-se na Equação 1, com o exemplo da zona bioclimática 1 (BRANDALISE, 2014).

Equação 1:

$$\underline{\text{PAFT} < R > = \text{ICR} + 43,0 \cdot \text{FA} + 316,62 \cdot \text{FF} - 7,29 \cdot \text{FS} - 132,5 \cdot \text{FA/FF} + 77 \cdot \text{FA} \cdot \text{FF} - 182,66}$$

$$16,38$$

onde, ICR = Indicador de consumo do modelo de referencia (adimensional)

FA = Fator altura (Apc0/Atot)

FF = Fator de forma (Aenv/Vtot)

PAFT = Percentual de abertura na fachada total (adimensional, para uso na equação)

FS = Fator solar

Apc0 = Área de projeção da cobertura em ( $\text{m}^2$ )

Aenv = Área da envoltória ( $\text{m}^2$ )

Atot = Area total de piso ( $\text{m}^2$ )

Vtot = Volume total de piso ( $\text{m}^3$ )

Contudo, os modelos foram configurados com um PAFT inicial de 0,05, e sofreram variações de acréscimo de 0,05, até o PAFT limite para cada nível de eficiência.

#### **2.4 Determinação do consumo energético dos modelos com características de acordo com diferentes níveis de eficiência energética do RTQ-C.**

O software utilizado para se obter o consumo energético dos modelos com características de acordo com diferentes níveis de eficiência energética do RTQ-C, foi o *DesignBuilder* versão 3.0.0.15, onde foram feitas as simulações. O consumo energético analisado é a soma anual do consumo de energia elétrica para condicionamento de ar, lâmpadas e equipamentos. Inicialmente, foi configurado o arquivo climático PR\_Curitiba.epw para a cidade de Curitiba (Zona Bioclimática 1), RS\_Santa Maria.epw para a cidade de Santa Maria (Zona Bioclimática 2) e SC\_Florianópolis.epw, para a cidade de Florianópolis (Zona Bioclimática 3), a fonte dos arquivos utilizados é o LABEEE/UFSC (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações). Após a modelagem das edificações no software foram informados os parâmetros utilizados nas simulações, de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7: Parâmetros utilizados na simulação

Parâmetros	Valores Adotados
Padrão de uso (h/dia) (ocupação, equipamentos e iluminação).	08h0min0 até às 12h00min – 100%
Sábados e domingos não foram considerados como períodos de ocupação	12h00min até às 14h00min – 10%
	14h00min até às 18h00min – 100%
Coeficiente de Performance do sistema de condicionamento de ar (W/W)	3,23/W para aquecimento e resfriamento
Setpoint de aquecimento (°C )	18 °C
Setpoint de resfriamento (°C )	24 °C
Orientação da maior fachada	Norte/ Sul

Fonte: Bandalise et al.2014

## 2.5 Comparação do consumo dos modelos com envoltória nível A, B e C com diferentes densidades de carga interna de equipamentos

Com os resultados obtidos nas simulações feitas no software *DesignBuilder* foi possível avaliar e comparar o desempenho energético para as diferentes configurações da envoltória de acordo com o RTQ-C. Os resultados são apresentados no item 3, em forma de tabelas com análises comparativas das diversas simulações.

## 3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos resultados está divida em três partes, primeiro os resultados da zona bioclimática 1, depois da zona bioclimática 2 e por último da zona bioclimática 3.

### 3.1. Zona Bioclimática 1

A tabela 8 apresenta uma síntese dos resultados encontrados para a zona bioclimática 1. De acordo com Bandalise et al. (2014), é válido ressaltar que as envoltórias que atendem ao níveis A, B e C apresentaram pequenas variações no desempenho energético, sendo que os modelo 2 e 3, por apresentarem uma maior área, demonstram uma maior diferença no consumo energético anual.

Tabela 8: Síntese dos resultados para a zona bioclimática 1

Modelos		Resultados Zona Bioclimática 1										
		Menor consumo de energia	DCI Média					DCI Alta				
			PAFT		PAFT			PAFT		PAFT		
0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,05	0,10	0,15
Modelo 1 	+ ↑	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C
	- ↓	A	A	A	B	B	A	A	A	A	B	B
Modelo 2 	+ ↑	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	- ↓	A	A	A	B	B	A	A	A	A	B	B
Modelo 3 	+ ↑	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	- ↓	A	A	A	B	B	A	A	A	A	B	B
Modelo 4 	+ ↑	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C
	- ↓	C	A	A	B	B	A	A	A	A	B	B
Modelo 5 	+ ↑	A	A				B	B				
	- ↓	C	C				C	A				

**LEGENDA:**

	Modelo com menor consumo energético
	Modelo com maior consumo energético

Fonte: Autor

### 3.1.1 Modelo 1

O modelo 1, baseado em Carlo (2008), com DCI de equipamentos média ( $37,70 \text{ W/m}^2$ ), apresentou para envoltória que atende aos pré-requisitos do nível A consumo energético superior aos demais. Isto se deve pela envoltória ser mais isolada, dificultando a dissipação do calor do meio interno para o externo. Já o modelo nível B obteve menor consumo energético até o percentual de abertura na fachada total (PAFT) 0,15. A partir do PAFT 0,20 a envoltória nível C obteve menor consumo energético, com 0,19% (67 kWh) a menos que o nível B, para resfriamento.

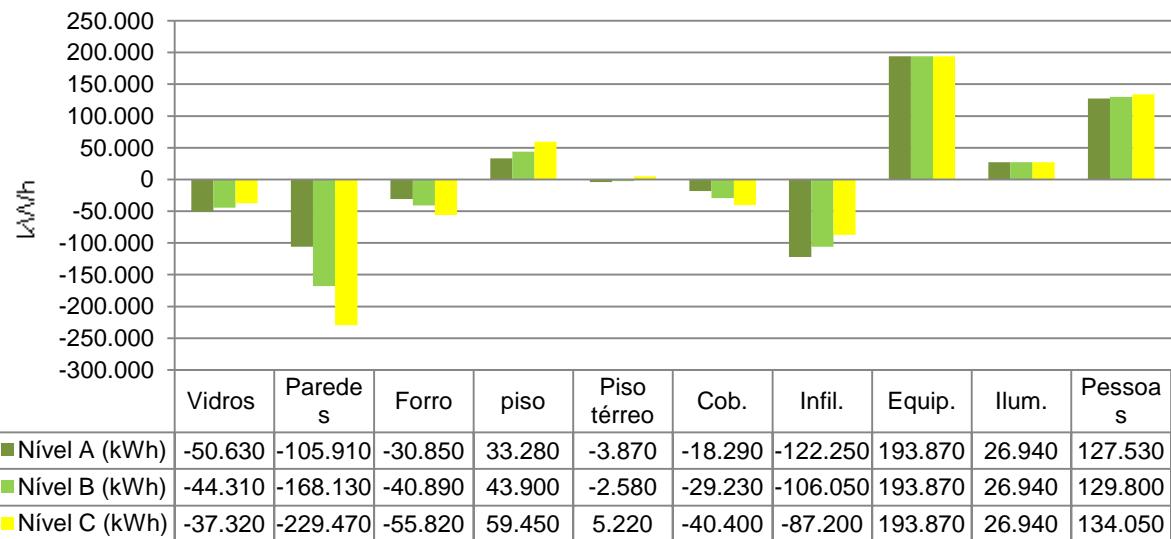
Quanto a influência da DCI nos resultados, percebe-se que na DCI alta ( $54,88 \text{ W/m}^2$ ) o nível C apresentou menor consumo energético em todos os PAFTs. Com o aumento do calor interno, os edifícios mais isolados, nível A e B, necessitam maior uso do sistema de condicionamento de ar para resfriamento, pela dificuldade que o calor encontra de se dissipar para o meio externo.

### 3.1.2 Modelos 2 e 3

Nos modelos 2 e 3, o Fator de Forma é mínimo e a área interna é maior se comparado aos demais modelos. A envoltória com maior isolamento térmico, nível A, demonstrou maior consumo de energia elétrica em relação aos modelos com menor isolamento, nível B e C. Nota-se que os exemplares que atendem aos pré-requisitos para o nível C apresentaram melhor desempenho energético nas duas DCI. Na DCI alta as diferenças foram maiores, no modelo 2 com PAFT 0,15. O menor isolamento da envoltória dos exemplares referentes ao nível A para o nível B reduziu o consumo anual de energia em 5,13% (28.920 kWh), e em relação ao nível C apresentou diferença ainda maior de 9,64% (54.260 kWh).

Para um entendimento mais aprofundado, analisou-se o gráfico do fluxo térmico do modelo 2 com DCI alta, uma vez que este apresentou maiores diferenças de desempenho energético entre os níveis. Como a zona bioclimática 1 apresenta grandes variações climáticas entre o inverno e verão, foi realizada uma análise outono e inverno (de 21 de março a 23 de setembro) a fim de observar o comportamento das envoltórias que atendem aos pré requisitos do RTQ-C, e analisar, se mesmo no inverno os modelos nível A sofrem superaquecimento. Assim, ao verificar o fluxo térmico do modelo 2 no outono e inverno (Gráfico 1) observar-se que o exemplar configurado conforme o modelo nível C demonstrou maiores perdas de calor, principalmente pela parede (229.470 kWh). Como na DCI alta o calor gerado internamente é significante, o modelo com menor transmitância térmica, nível A, demonstrou maior consumo energético por necessitar um maior consumo do sistema de condicionamento de ar para resfriamento (56.910 kWh), Tabela 9. Observa-se que mesmo a análise sendo realizada no período outono e inverno, a necessidade de aquecimento dos modelos foi pouco significante, sendo que o envoltória de acordo com o nível A não demonstrou consumo energético para aquecimento, apresentando assim um superaquecimento devido a dificuldade que do calor se dissipar para o meio externo.

Gráfico1: Fluxos térmicos – Modelo 2 PAFT 0,15 DCI alta outono e inverno



Fonte: Brandalise et al.2014

Tabela 9: Consumo outono e inverno do sistema de condicionamento de ar para o modelo 2 com PAFT 0,15 – DCI alta

Modelo	Consumo do sistema de condicionamento de ar		
	Aquecimento	Resfriamento	Total
Nível A	0 kWh	56.910 kWh	56.910 kWh
Nível B	30 kWh	40.320 kWh	40.350 kWh
Nível C	210 kWh	27.800 kWh	28.010 kWh

Fonte: Autor

### 3.1.3 Modelo 4

Este modelo apresenta um Fator de Forma máximo e dez pavimentos, com DCI média ( $37,70 \text{ W/m}^2$ ), pode-se observar que no PAFT 0,05, o modelo com envoltória menos isolada, nível C, apresentou o maior consumo energético, uma diferença de 2,45% (459 kWh) a mais que o nível A. A partir do PAFT 0,10, com o aumento de ganhos de calor por radiação, o modelo nível A, começou a consumir mais energia. Os modelos nível A, apresentaram maior consumo energético para resfriamento, consumindo, então, mais energia do que os demais níveis. Enquanto que os exemplares que atendem os pré requisitos do nível B, apresentaram melhor desempenho energético até o PAFT 0,15, devido as temperaturas internas serem mais amenas, não necessitando do uso de ar condicionado para controlar o conforto térmico da edificação. Do PAFT 0,20 em diante, quando aumentaram os ganhos térmicos oriundos da radiação solar direta os modelos nível B, necessitaram maior consumo energético para resfriamento, obtendo maior consumo energético comparado aos modelos nível C.

Com o aumento da DCI, os modelos nível C apresentaram melhor desempenho energético, pois por possuírem maior transmitância térmica,

permitem uma maior troca térmica com o meio externo, permitindo assim, que o calor gerado pelo aumento da DCI dos equipamentos se dissipe mais facilmente para o meio externo, obtendo menor consumo energético para resfriamento. Já os modelos mais isolados, nível A e B, acabam gerando um superaquecimento no interior da edificação, necessitando o uso do condicionamento de ar para resfriamento.

### 3.1.4 Modelo 5

O modelo 5 em relação ao demais é o que apresenta a menor área, possui Fator de Forma máximo e um pavimento, com DCI média, os exemplares referentes ao nível A, apresentaram menor consumo energético. Já os modelos nível C obtiveram as maiores perdas pelas paredes e coberturas, por apresentarem uma maior transmitância térmica. Assim, por facilitarem maior troca de calor com o meio externo, os modelos nível C apresentaram o maior consumo energético tanto para aquecer quanto para resfriar a edificação, resultando no maior consumo de energia em relação aos demais níveis.

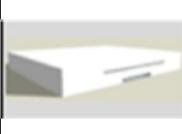
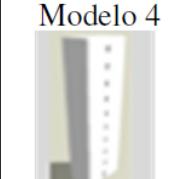
Já na DCI alta, o modelo com PAFT 0,05 do nível C apresentou maior consumo energético que o nível B, devido ao modelo nível C apresentar maior consumo energético para aquecimento. Enquanto que o modelo nível A, obteve maior consumo para resfriamento, pois apresentou as menores perdas de calor pelas paredes e coberturas, deixando o ambiente superaquecido.

## 3.2 Zona Bioclimática 2

Nessa zona, pode-se verificar que nos modelos 1 e 2 não houve influência nos resultados com a variação da DCI. No entanto nos demais modelos, percebe-se a semelhança dos resultados, o nível C, manteve-se em baixo desempenho energético em todos modelos de DCI média, e em parte da DCI Alta.

Na Tabela 10, pode ser observada uma síntese dos resultados da zona bioclimática 2.

Tabela 10: Síntese dos resultados para a zona bioclimática 2

Resultado Zona Bioclimática 2												
Modelos	Menor consumo de energia	DCI Média					DCI Alta					
		PAFT					PAFT					
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	
Modelo 1 	+	↑	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	-	↓	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Modelo 2 	+	↑	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	-	↓	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Modelo 3 	+	↑	A	A	A	B	B	C	C	C	C	C
	-	↓	C	C	C	C	C	A	A	A	B	B
Modelo 4 	+	↑	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B
	-	↓	C	C	C	C	C	C	C	B	C	C
Modelo 5 	+	↑	A	B	B	B	B	B	B	B	B	C
	-	↓	C	C	C	C	C	C	A	A	C	B

**LEGENDA:**

	Modelo com menor consumo energético
	Modelo com maior consumo energético

Fonte: Autor

**3.3 Zona Bioclimática 3**

A zona bioclimática 3, que apresenta temperaturas mais elevadas entre as analisadas, a envoltória nível C, na maioria dos modelos foi mais eficiente energeticamente, conforme pode-se observar na tabela 11.

Tabela 11: Síntese dos resultados da zona bioclimática 3

Resultados Zona Bioclimática 3												
Modelos	Consumo de energia	DCI Média					DCI Alta					
		PAFT					PAFT					
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	
Modelo 1 	+	↑	C	B	B	B	C	B	B	B	B	
	-	↓	A	C	C	C	A	C	C	C	C	
Modelo 2 	+	↑	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
	-	↓	A	A	A	B	B	A	A	A	B	B
Modelo 3 	+	↑	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
	-	↓	A	A	B	B	B	A	A	B	B	B
Modelo 4 	+	↑	A/B/C	A/C	C	B	C	C	C	C	C	
	-	↓	B	A	A	C	B	A	A	A	B	B
Modelo 5 	+	↑	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
	-	↓	A	A	A	B	B	A	A	A	B	B

**LEGENDA:**

	Modelo com menor consumo energético
	Modelo com maior consumo energético

Fonte: Autor

**4 CONCLUSÕES**

Com os resultados obtidos, percebeu-se que a densidade de carga interna instalada influencia no desempenho térmico das envoltórias das edificações, e que os níveis de eficiência energética analisados neste trabalho e classificados pelo RTQ-C, como níveis A, B e C, nem sempre correspondem a eficiência desejada. Ou seja, uma edificação com envoltória de acordo

com os pré requisitos do nível A, pode ter um consumo energético maior que a do nível C.

Além disso, notou-se que os modelos com DCI média ( $37,70\text{W/m}^2$ ) e envoltória de maior transmitância térmica ( $3,70 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ) obtiveram um consumo energético maior para aquecimento do seu interior. Pois com DCI média, o número de equipamentos é menor, gerando menos calor e, com a envoltória menos isolada, este tende a se dissipar para o meio externo, neste caso mais frio.

Enquanto, que na DCI alta ( $54,88 \text{ W/m}^2$ ), com envoltória de menor transmitância térmica ( $1,00 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ), o consumo energético tende a ser maior pelo uso de ar condicionado para o resfriamento do ambiente, uma vez que esse, fica superaquecido devido ao aumento do número de equipamentos e com a envoltória mais isolada, possui dificuldade de se dissipar para o meio externo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao CNPq pelo apoio à realização da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.401-3 Instalação de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários. Parte 3: Qualidade do ar interior.** Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASHRAE, AMERICAN SOCIETYFOR HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERING. **Handbook of Fundamentals.** Atlanta, 2009.

BRANDALISE, M. Análise da sensibilidade do RTQ-C quanto a variação da densidade de carga interna. (dissertação de mestrado). Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015. 173p.

BRANDALISE, M.; AVILA, V.; OLIVEIRA, L.; CUNHA, E. Análise da sensibilidade do método prescritivo do rtq-c quanto à variação de densidade de carga interna. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Maceio, 2014. **Anais...** Maceio:ANTAC, 2014.

BRASIL, **Decreto n. 4.059, de 19 de dezembro de 2001.** 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 dá outras providências. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001b. Disponível em: <[www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decreto%20n%204.059-2001.html](http://www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decreto%20n%204.059-2001.html)>. Acesso: em 20 jun. 2013.

**Lei n. 10295, de 17 de outubro de 2001.** Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001a. Disponível em: <[www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf](http://www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf)>. Acesso em: 20 Jun. 2013.

CARLO, J. C. **Desenvolvimento de metodologia de avaliação de eficiência energética do envoltório de edificações não-residenciais.** (Tese de doutorado). Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. 215 p.

CHVATAL, Karin, **Relação entre o Nível de isolamento Térmico da Envolvente dos Edifícios e o Potencial de Sobreaquecimento no Verão.** Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil . Porto, Portugal 2007.

INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, RTQ-C.** Eletrobrás, 2010.

WESTPHAL, Fernando. **Análise de incertezas e de sensibilidade aplicadas à simulação de desempenho energético de edificações comerciais.** 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.