



**XV ENCAC** Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

**XI ELACAC** Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído

JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

## **ANÁLISE DA EVOLUÇÃO TIPOLOGICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS CONSTRUÍDOS ENTRE 1950 A 2016 QUANTO À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ENVOLTÓRIA, EM VITÓRIA/ES.**

**Natiele Dalbó (1); Ana Dieuzeide Santos Souza (2); Érica Coelho Pagel (3)**

(1) Estudante de Arquitetura e Urbanismo, natieledalbo@gmail.com, Universidade Vila Velha, Avenida Comissário José Dantas de Melo, nº 21, Boa Vista – Vila Velha/ES, +55 28 99905-0783

(2) Mestre em Engenharia Civil, ana.souza@uvv.br, Universidade Vila Velha, Avenida Comissário José Dantas de Melo, nº 21, Boa Vista – Vila Velha/ES, +55 27 3421-2099

(3) Doutora em Engenharia Ambiental, erica.pagel@gmail.com, Universidade Vila Velha, Avenida Comissário José Dantas de Melo, nº 21, Boa Vista – Vila Velha/ES, +55 27 3421-2099

### **RESUMO**

A eficiência energética de edifícios vem sendo amplamente discutida, uma vez que esses são responsáveis por uma parcela significativa do consumo de energia elétrica produzida no país. As edificações comerciais representam 17,1% desta parcela, destinada principalmente a gastos com iluminação e climatização dos ambientes. Um dos principais elementos que influenciam diretamente na eficiência energética de uma edificação é sua envoltória, já que essa estabelece as trocas térmicas entre o ambiente interno e o exterior. Verifica-se que com o passar dos anos as características das envoltórias dos edifícios comerciais foram se modificando, seguindo uma tendência cada vez maior ao aumento de áreas envidraçadas, o que pode ser preocupante em climas quentes, em função da maior transmissão térmica por esse material para os ambientes. O objetivo desta pesquisa foi investigar se a transformação arquitetônica das fachadas dos edifícios comerciais entre os anos de 1950 a 2016 na cidade de Vitória/ES progrediu lado a lado com a eficiência energética dos mesmos. A metodologia utilizada foi a avaliação da eficiência energética de quatro modelos representativos de diferentes períodos históricos na cidade, pré-estabelecidos na literatura, pelo método prescritivo para edifícios de uso comercial RTQ-C, do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações - PBE-Edifica. Os resultados mostraram que a evolução tipológica identificada não apresentou progresso quanto à eficiência energética, este fato se deve principalmente à utilização excessiva de vidro nas fachadas mais atuais, gerando resultados negativos quanto ao desempenho energético.

Palavras-chave: Eficiência Energética, envoltória, Edifícios Comerciais.

### **ABSTRACT**

The energy efficiency of buildings has been widely discussed, since these are responsible for a significant portion of the consumption of electric energy produced in the country. Commercial buildings represent 17.1% of this parcel, mainly destined to expenses with lighting and air conditioning of the rooms. One of the main elements that directly influence the energy efficiency of a building is its envelope, since it establishes the thermal exchanges between the internal and external environment. It has been observed that over the years the characteristics of the commercial building envelope have been changing, following an increasing tendency to increase glazed areas, which can be worrisome in warm climates, due to the greater thermal transmission by this material to the rooms. The aim of this research was to investigate whether the architectural transformation of the facades of commercial buildings between the years of 1950 and 2016 in the city of Vitória/ES progressed side by side with their energy efficiency. The methodology used was the evaluation of the energy efficiency of four representative models of different historical periods in the city, pre-established in the literature, by the prescriptive method for commercial buildings RTQ-C, of the Brazilian Program of Building Labeling - PBE-Edifica. The results showed that the typological evolution identified did not show progress in energy efficiency, due mainly to the excessive use of glass in the most current facades, generating negative results regarding energy performance.

Keywords: Energy Efficiency, Building Envelopment, Commercial Building.

## **1. INTRODUÇÃO**

Analisando o Balanço Energético Nacional, em 2018 os setores públicos, residencial e comercial responderam por 50,8% da energia elétrica consumida no país, sendo 17,1% somente no setor comercial (BEN, 2018). Segundo o GBC Brasil - Green Building Council Brasil, um dos principais desafios do país e dos clientes consumidores de energia atualmente é encontrar soluções céleres, econômicas e significativas para superar as dificuldades em relação ao cenário energético e hídrico que preocupa a sociedade e influencia nosso desenvolvimento econômico. Para isso, existem duas formas básicas de atuação: produzindo mais energia através de um dos mecanismos disponíveis na matriz energética brasileira (hidroelétricas, termoeletricas, usinas nucleares, dentre outros) ou otimizando racionalmente o uso da energia atual. A primeira solução demanda tempo e altos investimentos, além de gerar grandes impactos ao meio ambiente, o que não resolveria a curto e médio prazo a situação. Dessa forma, utilizar melhor a energia por meio do desenvolvimento de projetos de eficiência energética é uma forma rápida e de custo muito menor e a atuação com foco nas edificações pode trazer uma contribuição importante. Dentre estes, o melhor desempenho termo energético das envoltórias das construções, pode trazer benefícios a curto prazo com baixos custos, se comparados à primeira forma descrita (GBC Brasil, 2015).

Um estudo realizado na cidade de Vitória/ES por Maioli e outros (2016) analisou a transformação da fachada na tipologia construtiva de edifícios comerciais verticais e sua relação com o conforto ambiental. A pesquisa identificou um conjunto de características construtivas presentes em 80 edifícios comerciais verticais, de diferentes períodos históricos nesse município, sendo os principais resultados o aumento do Percentual de Abertura de Fachada – PAF dos mesmos ao longo do tempo e a ausência de elementos sombreadores na maior parte das construções analisadas. Os autores dividiram as edificações em modelos representativos de três períodos históricos: dos anos de 1950 a 1970; 1980 a 1990; 2000 a 2016; destacando a predominância da forma retangular, gabarito entre 11 e 12 pavimentos e o tipo de vidro utilizado, que passou de incolor no primeiro período histórico, pelo fumê/bronze até o reflexivo na atualidade.

O uso do vidro em superfícies de fachada cada vez maiores tem provocado grande preocupação, principalmente pela especificação de vidros inapropriados ao clima local. Segundo Neveen (2008 apud ANDREIS, 2014), ainda que a área da janela possa ter grande influência no desempenho energético, a especificação apropriada do vidro promove melhorias consideráveis quanto à eficiência energética da edificação.

Já para as áreas de abertura nas fachadas, nota-se um crescimento gradual, onde, chegando a alguns casos em que a cobertura de vidro vai de laje a laje, supera a de soluções tradicionais como a alvenaria de blocos cerâmicos ou de concreto, podendo aumentar o desconforto interno e conseqüentemente, aumentar os gastos energéticos provenientes de um maior uso do sistema de climatização. Desta forma, essa pesquisa procurou mostrar que existe uma necessidade real e urgente de se planejar as envoltórias das construções voltadas a edificações comerciais de escritório buscando uma melhor adequação às condições climáticas locais, por meio da geração de informações técnicas que auxiliam e dão suporte à tomada de decisões, nas fases projetuais e pós construção da edificação.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo desta pesquisa consistiu em avaliar a eficiência energética da envoltória de edifícios comerciais de escritório construídos entre os anos de 1950 a 2016 na cidade de Vitória/ES, através do método prescrito RTQ-C do Procel edifica, a partir de modelos tipológicos pré-estabelecidos pela literatura. O estudo visa analisar o impacto desse processo evolutivo no desempenho energético dessas edificações.

## **3. MÉTODO**

Para a avaliação da eficiência energética da envoltória de tais modelos tipológicos utilizou-se o método prescritivo do Procel Edifica, que tem seus procedimentos estabelecidos pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C. O RTQ-C prescritivo apresenta procedimentos para a classificação do nível de eficiência energética nas edificações, a partir da avaliação da eficiência de três sistemas, sendo eles: Envoltória, Iluminação e Condicionamento de ar, por meio de equações. Cada sistema tem um peso específico para o cálculo final de eficiência da edificação: a envoltória equivale a 30% do peso, assim como o sistema de iluminação, e o sistema de condicionamento de ar corresponde aos 40% restantes. A avaliação de cada sistema resulta em

equivalentes numéricos (EqNum) específicos, que variam de 1 a 5 pontos, que, por sua vez, são inseridos na equação geral para verificação do nível de eficiência global da edificação e sua classificação final. Essa classificação é dada por meio de uma escala que varia de A a E, sendo A o melhor desempenho, conforme ilustrado na Figura 1 (PBE Edifica, 2016).

Figura 1 – Escala de classificação final segundo o método prescritivo.

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

Fonte: PBE Edifica et al, 2016, p.69.

Para a análise realizada, utilizou-se apenas a classificação referente à envoltória. Essa faz-se através da determinação de um conjunto de índices relacionados às características físicas da edificação. Componentes opacos e dispositivos de iluminação zenital são analisados em pré-requisitos, enquanto as aberturas verticais (elementos translúcidos da fachada) são avaliadas através de equações. Estes parâmetros compõem a “pele” da edificação (como cobertura, fachada e aberturas), e são complementados pelo volume, pela área de projeção da edificação e pela orientação das fachadas (PBE Edifica, 2016).

A partir disso, a metodologia da pesquisa foi organizada segundo as etapas a seguir: (1) Levantamento e caracterização dos modelos tipológicos a partir do estudo apresentado por Maioli e outros (2016); (2) Modelagem 3D dos edifícios para levantamento quantitativo de dados; (3) Análise da eficiência energética das envoltórias dos edifícios tipo segundo método prescritivo do RTQ-C.

### 3.1. Levantamento e caracterização dos modelos tipológicos

No estudo apresentado por Maioli e outros (2016) foram levantadas as características tipológicas de 80 edifícios verticais comerciais, distribuídos entre 5 bairros da cidade de Vitória/ES identificados como de maior concentração dessa tipologia e que, segundo Gomes (2009), coincidem com a evolução histórica da ocupação urbana comercial da cidade (Figura 2).

Figura 2 - Localização das edificações levantadas nos bairros de Vitória/ES.



Fonte: MAIOLI e outros, 2016, p.03.

Com base no levantamento realizado e análise dos dados, Maioli e outros (2016) definiram três períodos cronológicos em que é possível agrupar as edificações segundo características semelhantes relativas às suas tipologias de fachada, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Caracterização dos modelos representativos de cada período.

Características	1950 a 1979	1980 a 1999	2000 a 2016
Número de Pavimentos	11	11	12
Forma	Retangular	Retangular	Retangular
Cobertura	Telhado embutido	Telhado embutido	Laje Impermeabilizada
PAF	30,1 a 40 %	40,1% a 50%	31% a 40%; 90% a 100%.
Sistema de abertura	Janela de correr	Maxim-ar	Maxim-ar
Tipo de vidro	Incolor	Fumê/Bronze	Reflexivo
Elemento de proteção	Não Possui	Não Possui	Não Possui
Cor da fachada	Bege e Cinza	Bege e Cinza	Azul e Branco
Revest. de fachada	Pintura	Pastilha e Vidro	Vidro e ACM

Fonte: MAIOLI e outros, 2016, p.12.

Quanto às características apresentadas, ressalta-se que o PAF (Percentual de Aberturas da Fachada) considerado refere-se apenas à fachada principal dos edifícios analisados.

Conforme as características identificadas, buscaram-se edifícios reais para exemplificação dos mesmos na cidade de Vitória (Figura 3).

Figura 3 – Exemplos reais dos edifícios modelo de cada período.



Fonte: Google Earth, adaptado pelo autor.

Assim, a partir dos dados publicados por Maioli e outros (2016), foi realizada a modelagem 3D dos edifícios tipo representativos de cada período determinado.

### 3.2. Modelagem 3D dos edifícios tipos para levantamento quantitativo de dados

Embora tenha-se definido como procedimento de análise o método prescritivo estabelecido pelo RTQ-C, a modelagem 3D no *software* Revit foi realizada para coleta de dados mais precisa, além da melhor aplicabilidade das informações quanto aos materiais utilizados em cada edifício, facilitando, ainda, o registro e uso futuro em outras análises, uma vez que utilizando-se uma plataforma BIM (*Building Information Model*) gera-se um conjunto de informações que pode ser mantido durante todo o ciclo de vida de um edifício ou projeto.

Para perfeita comparação dos edifícios foram estabelecidos os seguintes parâmetros para modelagem:

- Planta retangular de 15 metros de largura e 30 metros de comprimento;

- Gabarito para todos de 11 pavimentos;
- Forma e volume padrão da caixa d'água, definida de acordo com a situação real de consumo dos edifícios de uso comercial;
- Fachada principal considerada em uma das maiores dimensões, tendo as suas características espelhadas na fachada oposta (exceto as portas no pavimento térreo). Nestas fachadas foram aplicados os PAFs de acordo com o apresentado no Quadro ;
- Fachadas laterais consideradas as de menor dimensão, sendo em grande parte opacas, apenas com aberturas para a circulação vertical do edifício.

Todos os edifícios foram analisados em duas orientações diferentes: (1) com as maiores fachadas voltadas para Norte/Sul; e (2) com as maiores fachadas voltadas para Oeste/Leste, duas situações muito comuns no cenário real e que consideram diferentes situações de exposição solar. Destaca-se que essas diferentes orientações interferem no cálculo do Percentual de Abertura de Fachada Total (PAFt), um dos parâmetros considerados na avaliação pelo método do RTQ-C, o qual refere-se às áreas de materiais transparentes ou translúcidos das aberturas, excluindo os materiais opacos dos caixilhos. Segundo o método, caso o Percentual de Abertura de Fachada Oeste (PAFo) seja superior ao PAFt em 20% ou mais, deve-se adotar o PAFo onde houver PAFt nas equações de análise da envoltória.

Para melhor organização e comparação dos dados e análises, os edifícios modelos foram nomeados de acordo com o PAF e orientação da fachada principal, como mostra o Quadro 2. Destaca-se que para o período de 2000 a 2016, Maioli e outros (2016) verificam a ocorrência de duas tipologias predominantes segundo o PAF (40% e 100%), sendo, dessa forma, estabelecidos dois modelos para tal período.

Quadro 2 – Nomenclatura dos edifícios modelos.

EDIFÍCIO/PERÍODO	FACHADA PRINCIPAL		
	PAF	NORTE	OESTE
1950 - 1979	40%	ED1.40.N	ED1.40.O
1980 - 1999	50%	ED2.50.N	ED2.50.O
2000 - 2016	40%	ED3.40.N	ED3.40.O
2000 - 2016	100%	ED3.100.N	ED3.100.O

Os revestimentos de fachada descritos no artigo de Maioli e outros (2016) foram correlacionados às soluções construtivas apresentadas no Anexo V do manual RTQ-C (PBE-Edifica, 2017) a fim de se obterem os valores para transmitância térmica e absorvância de paredes e coberturas, e o fator solar dos vidros. No Quadro 3 apresenta-se o resultado da modelagem, juntamente com os materiais utilizados em cada um dos edifícios tipo de cada período.

Quadro 2 – Modelagem 3D dos edifícios e materiais empregados para os cálculos baseados no Anexo V do RTQ-C.

Períodos / Edifícios																									
ED1.40N / ED1.40.O		ED2.50.N / ED2.50.O		ED3.40.N / ED3.40.O		ED3.100.N / ED3.100.O																			
1950 a 1979 (PAF 40%)		1980 a 1999 (PAF 50%)		2000 a 2016 (PAF 40%)		2000 a 2016 (PAF 300%)																			
Materiais																									
Vidros: Float Incolor Fator Solar = 0,87		Vidros: PARSOL BRONZE 6mm/CEBRACE Fator Solar = 0,635		Vidros: REFLECTA CINZA 8mm/CEBRACE Fator Solar = 0,39		Vidros: REFLECTA CINZA 8mm/CEBRACE Fator Solar = 0,39																			
Pintura: Número 13 Cor: Palha $\alpha = 0,367$		Pastilha Cerâmica: Tamanho 10 x10 Cor: Branca $\alpha = 0,362$		ACM: Placa de alumínio composto Cor: Cinza Claro $\alpha = 0,05$		ACM: Placa de alumínio composto Cor: Cinza Claro $\alpha = 0,05$																			
Paredes				Para as paredes laterais foram utilizados os mesmos materiais do modelo ED3.40																					
	<p>Descrição: 14</p> <p>Argamassa interna (2,5cm) Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (a)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C<sub>p</sub></th> </tr> <tr> <th>(W/m²K)</th> <th>(h/m²hK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,85</td> <td>101</td> </tr> </tbody> </table>	U	C <sub>p</sub>	(W/m²K)	(h/m²hK)	1,85	101	<p>Descrição: 21</p> <p>Argamassa interna (2,5cm) Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0 cm) Argamassa externa (2,5 cm) Granito (2,5cm)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C<sub>p</sub></th> </tr> <tr> <th>(W/m²K)</th> <th>(h/m²hK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,08</td> <td>220</td> </tr> </tbody> </table>	U	C <sub>p</sub>	(W/m²K)	(h/m²hK)	2,08	220	<p>Descrição: 23</p> <p>Argamassa interna (2,5cm) Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Câmara de ar (&gt; 5cm) Placa de alumínio composto</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C<sub>p</sub></th> </tr> <tr> <th>(W/m²K)</th> <th>(h/m²hK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,85</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>	U	C <sub>p</sub>	(W/m²K)	(h/m²hK)	1,85	100	<p>Para a fachada principal foi utilizado o vidro Reflecta Cinza 8mm CEBRACE com transmitância de 5,7.</p>			
U	C <sub>p</sub>																								
(W/m²K)	(h/m²hK)																								
1,85	101																								
U	C <sub>p</sub>																								
(W/m²K)	(h/m²hK)																								
2,08	220																								
U	C <sub>p</sub>																								
(W/m²K)	(h/m²hK)																								
1,85	100																								
Cobertura				Para as paredes laterais foram utilizados os mesmos materiais do modelo ED3.40																					
	<p>Descrição: 1</p> <p>Laje maciça (10,0cm) Sem isolamento</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C<sub>p</sub></th> </tr> <tr> <th>(W/m²K)</th> <th>(h/m²hK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,72</td> <td>220</td> </tr> </tbody> </table>	U	C <sub>p</sub>	(W/m²K)	(h/m²hK)	2,72	220	<p>Descrição: 1</p> <p>Laje maciça (10,0cm) Sem isolamento</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C<sub>p</sub></th> </tr> <tr> <th>(W/m²K)</th> <th>(h/m²hK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,72</td> <td>220</td> </tr> </tbody> </table>	U	C <sub>p</sub>	(W/m²K)	(h/m²hK)	2,72	220	<p>Descrição: 1</p> <p>Laje maciça (10,0cm) Sem isolamento</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C<sub>p</sub></th> </tr> <tr> <th>(W/m²K)</th> <th>(h/m²hK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,72</td> <td>220</td> </tr> </tbody> </table>	U	C <sub>p</sub>	(W/m²K)	(h/m²hK)	2,72	220	<p>Para a fachada principal foi utilizado o vidro Reflecta Cinza 8mm CEBRACE com transmitância de 5,7.</p>			
U	C <sub>p</sub>																								
(W/m²K)	(h/m²hK)																								
2,72	220																								
U	C <sub>p</sub>																								
(W/m²K)	(h/m²hK)																								
2,72	220																								
U	C <sub>p</sub>																								
(W/m²K)	(h/m²hK)																								
2,72	220																								
				Para as paredes laterais foram utilizados os mesmos materiais do modelo ED3.40																					
	<p>Descrição: 20</p> <p>Laje maciça (10,0cm) Câmara de ar (&gt; 5,0cm) Telha metálica* (0,1cm) Pulverização (espuma) (4,0cm) Telha metálica* (0,1cm)</p> <p>* A base do telhado deve ser impermeabilizada e a telha sem formação de pontas de água acumuladas.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C<sub>p</sub></th> </tr> <tr> <th>(W/m²K)</th> <th>(h/m²hK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,68</td> <td>229</td> </tr> </tbody> </table>	U	C <sub>p</sub>	(W/m²K)	(h/m²hK)	0,68	229	<p>Descrição: 25</p> <p>Laje maciça (10,0cm) Câmara de ar (&gt; 5,0 cm) Telha metálica* (0,1cm) Pulverização (espuma) (4,0cm) Telha metálica* (0,1cm)</p> <p>* A base do telhado deve ser impermeabilizada e a telha sem formação de pontas de água acumuladas.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C<sub>p</sub></th> </tr> <tr> <th>(W/m²K)</th> <th>(h/m²hK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,68</td> <td>229</td> </tr> </tbody> </table>	U	C <sub>p</sub>	(W/m²K)	(h/m²hK)	0,68	229	<p>Descrição: 25</p> <p>Laje maciça (10,0cm) Câmara de ar (&gt; 5,0cm) Telha metálica* (0,1cm) Pulverização (espuma) (4,0cm) Telha metálica* (0,1cm)</p> <p>* A base do telhado deve ser impermeabilizada e a telha sem formação de pontas de água acumuladas.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C<sub>p</sub></th> </tr> <tr> <th>(W/m²K)</th> <th>(h/m²hK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,68</td> <td>229</td> </tr> </tbody> </table>	U	C <sub>p</sub>	(W/m²K)	(h/m²hK)	0,68	229	<p>Para a fachada principal foi utilizado o vidro Reflecta Cinza 8mm CEBRACE com transmitância de 5,7.</p>			
U	C <sub>p</sub>																								
(W/m²K)	(h/m²hK)																								
0,68	229																								
U	C <sub>p</sub>																								
(W/m²K)	(h/m²hK)																								
0,68	229																								
U	C <sub>p</sub>																								
(W/m²K)	(h/m²hK)																								
0,68	229																								
				Para as paredes laterais foram utilizados os mesmos materiais do modelo ED3.40																					
	<p>Descrição: 20</p> <p>Laje maciça (10,0cm) Câmara de ar (&gt; 5,0cm) Telha metálica* (0,1cm) Pulverização (espuma) (4,0cm) Telha metálica* (0,1cm)</p> <p>* A base do telhado deve ser impermeabilizada e a telha sem formação de pontas de água acumuladas.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C<sub>p</sub></th> </tr> <tr> <th>(W/m²K)</th> <th>(h/m²hK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,68</td> <td>229</td> </tr> </tbody> </table>	U	C <sub>p</sub>	(W/m²K)	(h/m²hK)	0,68	229	<p>Descrição: 25</p> <p>Laje maciça (10,0cm) Câmara de ar (&gt; 5,0 cm) Telha metálica* (0,1cm) Pulverização (espuma) (4,0cm) Telha metálica* (0,1cm)</p> <p>* A base do telhado deve ser impermeabilizada e a telha sem formação de pontas de água acumuladas.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C<sub>p</sub></th> </tr> <tr> <th>(W/m²K)</th> <th>(h/m²hK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,68</td> <td>229</td> </tr> </tbody> </table>	U	C <sub>p</sub>	(W/m²K)	(h/m²hK)	0,68	229	<p>Descrição: 25</p> <p>Laje maciça (10,0cm) Câmara de ar (&gt; 5,0cm) Telha metálica* (0,1cm) Pulverização (espuma) (4,0cm) Telha metálica* (0,1cm)</p> <p>* A base do telhado deve ser impermeabilizada e a telha sem formação de pontas de água acumuladas.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C<sub>p</sub></th> </tr> <tr> <th>(W/m²K)</th> <th>(h/m²hK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,68</td> <td>229</td> </tr> </tbody> </table>	U	C <sub>p</sub>	(W/m²K)	(h/m²hK)	0,68	229	<p>Para a fachada principal foi utilizado o vidro Reflecta Cinza 8mm CEBRACE com transmitância de 5,7.</p>			
U	C <sub>p</sub>																								
(W/m²K)	(h/m²hK)																								
0,68	229																								
U	C <sub>p</sub>																								
(W/m²K)	(h/m²hK)																								
0,68	229																								
U	C <sub>p</sub>																								
(W/m²K)	(h/m²hK)																								
0,68	229																								

Fonte: Produzido pelo autor, com base no Anexo Geral V.

### 3.3. Análise da envoltória dos edifícios tipos segundo método prescritivo do RTQ-C

A partir de equações fornecidas pelo método, de acordo com cada Zona Bioclimática, chega-se ao Indicador de Consumo da Envoltória (ICenv), que, por sua vez, é comparado a uma escala numérica dividida em

intervalos relacionados a um nível de classificação de desempenho que também varia de A a E, sendo que quanto menor o indicador obtido, mais eficiente é considerada a envoltória da edificação. Essa classificação deve ser ainda atestada pelo cumprimento dos pré-requisitos específicos para cada nível (PBE-Edifica, 2017).

Os dados coletados nas etapas anteriores foram, então, inseridos em planilhas para realização dos cálculos conforme equação indicada para a Zona Bioclimática 8 (onde se insere a cidade de Vitória/ES) e definição dos parâmetros estabelecidos pelo RTQ-C para a classificação energética da envoltória. Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros definidos para cada tipologia analisada. Ressalta-se, de antemão, que as tipologias de cobertura originais (telha de fibrocimento e laje impermeabilizada) reprovam nos pré-requisitos estabelecidos pelo método do RTQ-C, optando-se, dessa forma, por padronizar as mesmas para todos os modelos em telha metálica com preenchimento central de poliestireno, solução tal cujos valores de absorvância e transmitância térmica atendem aos requisitos para Nível A de classificação energética, a fim de permitir a comparação do indicador de consumo da envoltória em relação às diferentes características de fachadas, foco principal de investigação deste estudo.

Tabela 1 – Dados finais dos parâmetros definidos para os modelos analisados.

EDIFÍCIOS/ PARÂMETROS		FF	FA	PAFt	PAFo	AHS	AVS	FS
FACHADA PRINCIPAL NORTE	ED1.40.N	0,48	0,09	22,31%	1,01%	0,00	0,00	0,87
	ED2.50.N	0,48	0,09	27,28%	1,01%	0,00	0,00	0,635
	ED3.40.N	0,48	0,09	22,90%	1,01%	0,00	0,00	0,39
	ED3.100.N	0,48	0,09	62,71%	1,01%	0,00	0,00	0,39
FACHADA PRINCIPAL OESTE	ED1.40.O	0,48	0,09	22,31%	35,10%	0,00	0,00	0,87
	ED2.50.O	0,48	0,09	27,28%	42,71%	0,00	0,00	0,635
	ED3.40.O	0,48	0,09	22,90%	35,99%	0,00	0,00	0,39
	ED3.100.O	0,48	0,09	62,71%	95,45%	0,00	0,00	0,39

Onde:

FF – Fator Forma

FA – Fator Altura

PAFt – Percentual de abertura de fachada total

PAFo – Percentual de abertura de fachada oeste

AHS – Ângulo horizontal e sombreamento

AVS – Ângulo vertical de sombreamento

FS – Fator Solar do vidro

#### 4. RESULTADOS

Na Tabela 2 resumem-se os resultados finais dos cálculos realizados segundo o método prescritivo do RTQ-C e a classificação de eficiência energética da envoltória de cada modelo, segundo os Indicadores de Consumo da Envoltória (ICenv) alcançados.

Tabela 2 – ICenv, classificação energética das envoltórias e pré-requisitos dos modelos analisados, segundo o RTQ-C.

EDIFÍCIOS/ NÍVEL DE EFICIÊNCIA		ICenv	CLASSIFICAÇÃO
FACHADA PRINCIPAL NORTE	ED1.40.N	392,80	B
	ED2.50.N	392,80	B
	ED3.40.N	389,61	A
	ED3.100.N	402,93	D
FACHADA PRINCIPAL OESTE	ED1.40.O	397,08	C
	ED2.50.O	397,97	C
	ED3.40.O	393,99	B
	ED3.100.O	413,89	E

Verifica-se que os edifícios ED1.40.N, representativos dos períodos 1950 a 1979, com fachada principal orientada a Norte, obtiverem classificação final nível B, o que, pelas análises realizadas, pode-se relacionar ao fato das aberturas não possuírem nenhum tipo de tratamento específico para controle solar. Já os edifícios ED2.50.N, representativos dos períodos 1980 a 1999, de mesma orientação, mantêm a mesma classificação que os primeiros, B, o que se explica pelo fato de, apesar de possuírem maior percentual de aberturas nas fachadas em relação ao período anterior, o fator solar dos vidros é menor (passando de 0,87 a 0,635).

O Fator Solar é a propriedade do vidro que corresponde à parte da energia solar incidente que atravessa o vidro, incluindo tanto a energia transmitida diretamente, quanto a energia absorvida por convecção e radiação, que é retransmitida para o interior de uma edificação. Dessa forma, os vidros possuem características e especificações bastante variadas relativas à transmissão de calor, luz e isolamento proporcionados e o entendimento das diferenças que existem e as combinações possíveis entre eles interfere diretamente no desempenho termo energético da edificação (ANDREIS, 2014).

Quanto aos modelos referentes ao período de 2000 a 2016, o edifício ED3.40.N se destaca positivamente na classificação. Apesar de possuir PAF similar às décadas anteriores, foi o único que obteve classificação Nível A. Analisando-se mais detalhadamente o que levou a tal classificação, observa-se que a utilização de elementos opacos para fechamento, neste caso as placas de alumínio composto (tipo ACM), gerando uma segunda camada de revestimento dotada, ainda, de câmara de ar, aumentou o desempenho termo energético da envoltória. Além disso, o ACM possui baixa absorvância, o que também colabora positivamente no resultado final.

Por outro lado, o modelo referente ao mesmo período e orientação, mas com fachada principal com PAF de 100% (modelo ED3.100.N), alcançou pior desempenho termo energético classificando-se como D, como era esperado frente ao grande percentual de área envidraçada dessas envoltórias.

Em relação à orientação, é possível observar que todos os edifícios, quando alterada a orientação da fachada principal para Oeste, tiveram suas classificações rebaixadas em um nível e, exceto o modelo ED3.40.N, que alcançou classificação B, todos os demais obtiveram classificação C ou menor, comprovando o impacto dessa variável na exposição solar da envoltória e, conseqüentemente, no desempenho termo energético do edifício.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados mostram que a evolução tipológica em direção a edifícios cada vez mais envidraçados e a eficiência energética da envoltória dos mesmos pode ser preocupante. Os dois últimos modelos mostram que embora com um Percentual de Abertura de Fachada (PAF) de 40% maior do que os PAF utilizados em períodos anteriores, a utilização de um material com baixa absorvância tal como o ACM, proporcionou uma camada extra de proteção na fachada, o que faz com que a edificação tenha um bom desempenho energético. Por outro lado, a utilização inadequada de grandes PAF, como o modelo 100% contemporâneo, não apresenta bom desempenho energético mesmo com a utilização do vidro refletivo. O que mostra a importância da especificação correta de materiais para envoltória, com adequação ao clima local.

Os edifícios comerciais são compostos por muitas aberturas na fachada em decorrência da distribuição espacial dos mesmos, e com o avanço da tecnologia as aberturas estão cada vez maiores. Dessa forma, pode-se observar que o aumento da área dessas aberturas afeta negativamente a eficiência energética do edifício, uma vez que, não são tomadas medidas que minimizem os impactos. Atrelado a isso, outra variável importante é a orientação das fachadas, que por sua vez, sendo favorável permite maiores aberturas e vice-versa.

O método prescritivo viabiliza a determinação simplificada do nível de eficiência, tais simplificações nos cálculos apresentam limitações, como, dados pouco precisos. Porém, é importante destacar que mesmo com algumas limitações em relação a simulações com softwares mais abrangentes, apresentam como vantagem a rapidez e a facilidade de aquisição para uso. Além disso, se mostrou eficaz para o propósito, que comprova que, mesmo com muitas ferramentas disponíveis, alguns projetos ainda são elaborados sem uma análise adequada de sua eficiência.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005a.
- ANDREIS, C. **Influência de Fachadas Envidraçadas no Consumo de Energia de um Edifício de Escritórios em Diferentes Cidades Brasileiras**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis. 2014



ANDREIS, C.; BESEN, P.; WESTPHAL, F. S. **Desempenho Energético de Fachadas Envidraçadas em Climas Brasileiros**. Anais ENTAC. Maceió. 2014

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Projeto 02:135.07-001/3**: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT 2003.

BRASIL. Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações – CB3E et al. **Diretrizes para obtenção de classificação de nível A para edificações comerciais, de serviço e públicas**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Nacional Energético 2018** – BEN. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018\\_\\_Int.pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018__Int.pdf)>.

GOMES, E. R. **A geografia da verticalização litorânea em Vitória: O bairro Praia do Canto**. 1 ed. Vitória: Gráfica Santo Antônio, 2009.

INMETRO. **Anexo geral V – catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros**. Portaria N°50/2013. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/regulamentos/AnexoV.pdf>>.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2ª edição. São Paulo: ProLivros, 2004.

MAIOLI, R. N.; BARROS, M. C. de S. L. S B.; BARROS, J. D. P.; MOÇA, I. F. F.; CONINCK, I. M.; PAGEL, E. C. **A Transformação da Fachada na Tipologia Construtiva de Edifícios Comerciais Verticais em Vitória-Es e sua Relação com o Conforto Ambiental**. Anais ANTAC. São Paulo. 2016

Procel info. **Edificações**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7B82BBD82C-FB89-48CA-98A9-620D5F9DBD04%7D>>.

**Programa Brasileiro de Etiquetagem** - PBE. O Programa Brasileiro de Etiquetagem. Disponível em: <[http://www2.inmetro.gov.br/pbe/conheca\\_o\\_programa.php](http://www2.inmetro.gov.br/pbe/conheca_o_programa.php)>.

Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações – PBE-Edifica, et al. **Manual para aplicação do RTQ-C. 4**. ed. 2017.

Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações - PBE-EDIFICA. **O que é a etiqueta PBE-Edifica**. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica>>.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao grupo de pesquisa ARQAMB - Arquitetura e Estudos Ambientais e a Universidade Vila Velha.