



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE ENVOLTÓRIAS SEGUNDO O REGULAMENTO DE ETIQUETAGEM DE EDIFÍCIOS

Aldomar Pedrini (1); Glênio L. F. Lima (2); Paolo A. de Oliveira (3); Sileno C. Trindade (4)

- (1) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – PPGAU – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil – e-mail: apedrini@ufrnet.br
- (2) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – PPGAU – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil – e-mail: gleniolima@yahoo.com.br
- (3) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Labcon – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil – e-mail: paoloamerico@yahoo.com.br
- (4) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Labcon – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil – e-mail: silenocirne@gmail.com

RESUMO

A etiquetagem do nível de eficiência energética de edifícios foi lançada no país em 2009 e prevê a classificação de três sistemas: envoltória, iluminação artificial e condicionamento de ar. Desses sistemas, a envoltória é aquela em que o arquiteto tem a maior parcela de contribuição para tornar a edificação mais eficiente ou menos eficiente energeticamente. O regulamento da etiquetagem adota dois métodos de avaliação do nível de eficiência do edifício: o método prescritivo, baseado em medições do projeto e verificação de pré-requisitos; e o método de simulação computacional que faz uso de programas de análise térmica e energética. O artigo apresenta uma análise comparativa entre esses dois métodos, tomando como referência a avaliação da envoltória de três edifícios com soluções de envoltória diferentes, localizados no clima quente e úmido de Natal. O estudo demonstra como, apesar de apenas um desses edifícios ter sido projetado seguindo recomendações bioclimáticas e de eficiência energética, todos eles foram avaliados pelo método prescritivo com a melhor classificação, ou seja, A. O objetivo principal do estudo é demonstrar que mesmo obtendo a melhor classificação pelo método prescritivo do regulamento, envoltórias projetadas com preocupações bioclimáticas podem gerar um consumo energético do edifício inferior a outras sem estas características. Para isto, é utilizado o método de simulação computacional, onde se considera que todas as demais variáveis dos prédios são idênticas, como densidade de ocupação, potência dos sistemas de iluminação, ar-condicionado, equipamentos, rotinas de uso, entre outros. Ao final, o artigo apresenta os resultados de consumo energético dos edifícios e discute as limitações do método prescritivo e as potencialidades da simulação computacional, com vistas à valorização de projetos bioclimáticos.

Palavras-chave: envoltória; simulação de eficiência energética; regulamento de etiquetagem de edifícios; arquitetura bioclimática.

1 INTRODUÇÃO

A energia consumida representa um dos maiores custos ao longo do ciclo de vida das construções e também está associada aos impactos ambientais indiretos, como a construção de usinas, produção de resíduos e de CO² (ZHU, 2006). A busca por projetos e formas de operação mais eficientes têm se tornado cada vez mais comum, seja através de programas voluntários, seja por meio de leis governamentais, com caráter obrigatório (LEE; YIK, 2004).

Países como EUA e Austrália possuem seus respectivos regulamentos e normas para verificação da eficiência energética dos edifícios (CARLO; LAMBERTS, 2010a). Na Europa, desde 2006 há um programa compulsório de certificação de edificações para os países da União Européia que desempenha um importante papel na política de redução do consumo energético no continente (ANDALORO et al., 2010).

Como já é feito em outros países, no ano de 2009, o Brasil passou a contar com um instrumento para atestar o nível eficiência energética de suas edificações, com o lançamento da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). Para aplicação da etiqueta, os edifícios devem possuir área maior que 500 m² ou serem abastecidos por uma tensão superior a 2,3kV (BRASIL, 2009).

A certificação é obtida a partir de um dos dois métodos de avaliação previstos no Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - RTQ-C, são estes, o método prescritivo que consiste na análise de parâmetros geométricos que influenciam o consumo energético e o método por simulação computacional do desempenho térmico e energético. Durante o processo, são analisados os três sistemas principais interligados ao edifício: a envoltória da edificação, o sistema de iluminação artificial e o de condicionamento artificial (Figura 1). A etiqueta de eficiência energética estabelece cinco patamares de eficiência que vão de A a E, sendo o nível A, considerado a melhor qualificação possível e E, o pior caso (BRASIL, 2009).



Figura 1 - Representação resumida do funcionamento do método prescritivo.

Fonte: adaptado de PROCEL (2009)

Na metodologia prescritiva definida no RTQ-C (BRASIL, 2009), os dados dos sistemas de envoltória, condicionamento e iluminação, são, em um primeiro momento, analisados separadamente, posteriormente, as etiquetas dos três sistemas individuais são traduzidas em equivalentes numéricos e então, inseridas na equação geral que, conjuntamente com bonificações, determinam a pontuação total e nível de classificação do edifício. Na equação geral, os sistemas recebem pesos distintos (30% para envoltória e iluminação e 40% para condicionamento), além das bonificações pela utilização de sistemas economizadores de água, cogeração de energia, utilização de energias renováveis entre outros mecanismos que comprovadamente aumentem a eficiência energética do edifício.

A determinação da eficiência da envoltória acontece em duas etapas, o cálculo do indicador de consumo (IC) e a aplicação de pré-requisitos. O IC é o fator definidor do nível de eficiência do sistema de envoltória e é obtido através de equações pré-estabelecidas de acordo com a zona bioclimática e a área de projeção da edificação. Já os pré-requisitos, são condições previstas no regulamento e que os edifícios devem obedecer para a manutenção do nível de eficiência alcançado pelo indicador de consumo.

A certificação por simulação computacional utiliza programas de análise termo-energética e consiste na comparação de consumo energético entre um modelo real, que reuni as características do edifício analisado, com modelos de referência cujos parâmetros são semelhantes aos níveis de eficiência almejados (BRASIL, 2009). Este método possui o potencial de suprir o método prescritivo para avaliar casos em que a geometria do edifício é menos convencional, quando o entorno edificado é adensado e pode sombrear o prédio em questão, ou ainda em edificações em que se faz uso de ventilação natural.

A simulação computacional é adotada em regulamentos de certificação em outros países, onde se destaca a norma americana 90.1 da ASHRAE, para edificações não residenciais, que além do método de simulação, possui um método prescritivo. Assim como em outros regulamentos, a simulação considera para o desempenho térmico do edifício, as variáveis que influenciam as trocas térmicas com o meio externo (CARLO; LAMBERTS, 2010b; CARLO, 2008).

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é demonstrar, através de simulações computacionais, que mesmo obtendo a melhor classificação pelo método prescritivo do RTQ-C, envoltórias projetadas com preocupações bioclimáticas podem gerar um consumo energético do edifício inferior a outras sem estas características, em climas quente-úmidos de baixa latitude.

3 METODOLOGIA

A metodologia empregada no estudo baseia-se em três etapas principais: a aplicação do método prescritivo para determinar o nível de eficiência das envoltórias de três edificações diferentes, a modelagem e simulação de modelos virtuais com características semelhantes aos edifícios citados e o cruzamento de informações com a análise dos dados obtidos.

O principal parâmetro considerado para a análise comparativa de desempenho é a razão entre o consumo energético anual, obtida na simulação, e a área destas edificações. Ou seja, a partir do consumo por metro quadrado de área construída, obtidos pela simulação, seria possível aferir a eficiência energética de edifícios com mesma tipologia, evidenciando o papel exercido pela solução arquitetônica da envoltória no desempenho energético da edificação.

A normalização do consumo anual de energia por área é uma prática recorrente na bibliografia, pois permite a comparação do desempenho energético de edificações com áreas diferentes (PEDRINI et al., 2002; PEDRINI; LAMBERTS, 2003), e a definição de valores de desempenho para edificações, independentemente de suas dimensões (SUSTAINABLE ENERGY AUTHORITY VICTORIA, 2000).

Para isolar a influência das soluções bioclimáticas no consumo energético, as simulações dos três edifícios foram realizadas com parâmetros idênticos das demais variáveis que influenciam este consumo, sendo elas: rotinas de uso e ocupação dos espaços, iluminação artificial, condicionamento de ar, equipamentos e materiais construtivos da envoltória. Desta forma, pôde-se limitar a influência das variáveis que se pretende analisar, como orientação geográfica, sombreamento das aberturas e geometria do edifício.

3.1 Edifícios estudados

Para a amostragem do estudo, foram selecionados três edifícios localizados no Campus Central da UFRN em Natal (Figura 2), inseridos no mesmo contexto microclimático e urbano. Além disso, os prédios possuem área de projeção superior a 500 m², enquadrando-se na mesma equação para o cálculo do IC definida no regulamento. As envoltórias das edificações selecionadas foram classificadas pelo método prescritivo e modeladas para a simulação considerando-se que possuíam as mesmas rotinas de uso, de equipamentos, ar-condicionado e iluminação. Dessa maneira, foi possível

restringir os resultados à influência dos parâmetros utilizados para determinação do indicador de consumo da envoltória, tais como o percentual de abertura nas fachadas, geometria da edificação e o uso de elementos de sombreamento nas aberturas.



Figura 2 - Fotos dos edifícios selecionados para o estudo: Bloco I do Setor de Aulas IV (a), NUPRAR (b) e Escola de Ciências e Tecnologia (c).

Por se localizarem na Zona Bioclimática 8 e possuírem áreas de projeção (A_{pe}) superiores à 500,00 m² (Tabela 1), segundo o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, deve-se adotar a Equação 1 (BRASIL, 2009) para o cálculo do indicador de consumo da envoltória.

$$IC_{env} = -160,36.FA + 1277,29.FF - 19,21.PAF_T + 2,95.FS - 0,36.AVS - 0,16.AHS + 290,25.FF.PAF_T + 0,01.PAF_T.AVS.AHS - 120,58 \quad (\text{Eq. 1})$$

IC_{env} – indicador de consumo da envoltória
 FA – fator de altura
 FF – fator de forma
 PAF_T – percentual de aberturas nas fachadas
 FS – fator solar das aberturas
 AVS – ângulo vertical de sombreamento
 AHS – ângulo horizontal de sombreamento

Tabela 1 - Parâmetros de cálculo do indicador de consumo dos edifícios estudados.

Itens avaliados	Sigla	Edif. 01	Edif. 02	Edif. 03
Área de projeção do edifício (m ²)	A_{pe}	650,61	584,33	1353,66
Área total de piso (m ²)	A_{tot}	2.602,43	2.337,30	6.841,40
Área de envoltória (m ²)	A_{env}	2.696,97	2.238,98	5123,37
Ângulo vertical de sombreamento (graus)	AVS	25,00 ¹	3,99	25,00 ¹
Ângulo horizontal de sombreamento (graus)	AHS	17,43	4,29	17,36
Percentual de abertura na fachada (adimensional)	$PAFT$	0,06	0,22	0,06
Volume total da edificação (m ³)	V_{tot}	9.786,79	8.669,46	21.195,74
Fator solar (adimensional)	FS	0,87	0,87	0,87
Fator de forma (adimensional)	FF	0,28	0,26	0,24
Fator de altura (adimensional)	FA	0,25	0,25	0,20

¹ Pelo método prescritivo do RTQ-C, o valor máximo admissível para o ângulo vertical de sombreamento (AVS) é de 25°, na Zona Bioclimática 08. Como a edificação analisada possuía valor de AVS superior, teve-se que adotar este limite.

3.1.1 Edifício 01 – Bloco I do Setor de Aulas IV

O Bloco I do Setor de Aulas Teóricas IV caracteriza-se por uma implantação na direção norte-sul, o que ocasiona a exposição das maiores fachadas à longos períodos de insolação diários (voltadas para leste e oeste), durante todo o ano. As aberturas, localizadas nas fachadas leste e oeste, possuem elementos de sombreamento que obstruem boa parte das áreas translúcidas, resultando num percentual de aberturas de apenas 6%. Existem ainda, beirais de 1,50 m em todo perímetro do edifício com pouca contribuição ao sombreamento das aberturas, devido à sua orientação. A área de piso do bloco de salas de aula é de 2.602,43 m², distribuídos em quatro pavimentos, o que resulta numa área de projeção do edifício de 650,61 m².

3.1.2 Edifício 02 - NUPRAR

O NUPRAR (Núcleo de Processamento Primário e Reuso de Água produzida e Resíduos), assim como o Bloco I, está disposto longitudinalmente na direção norte-sul, o que ocasiona ganhos térmicos em relação à soluções prolongadas num eixo leste-oeste. As fachadas voltadas para leste e oeste possuem inúmeras pequenas aberturas e nas fachadas norte e sul, localizam-se grandes panos envidraçados, o que resulta num PAF_T de 22%. Por possuir características formais "puras" (Figura 2), com a utilização de platibandas e aberturas sem elementos de sombreamento, os ângulos de sombreamento resultam da própria composição volumétrica, sendo 3,99° para o AVS e 4,29° para o AHS. A área de piso do edifício é de 2.337,30 m², resultando em uma área de projeção de 584,33 m².

3.1.3 Edifício 03 - Edifício da Escola de Ciências e Tecnologia

A sede da Escola de Ciências e Tecnologia da UFRN possui uma área de piso de 6.768,30 m² distribuídos em quatro pavimentos e uma laje técnica ao nível da cobertura, o que resulta numa área de projeção de 1.353,66 m². O edifício caracteriza-se formalmente pela utilização de grandes beirais e brises com objetivo de proporcionar sombreamento nas aberturas (Figura 2). Estando implantado com a dimensão longitudinal alongando-se na direção leste-oeste. Praticamente todas as aberturas estão orientadas para norte ou sul, o que facilita o sombreamento devido à trajetória solar. Sendo que nessas fachadas, as aberturas são protegidas por beirais com mais 5,00m e brises posicionados em frente às áreas envidraçadas. O que resulta num percentual de área de abertura nas fachadas de 6% e a média resultante dos ângulos de sombreamento é de 34,39° para o ângulo vertical (limitado a 25° pelo RTQ-C) e de 17,36° de ângulo médio de sombreamento horizontal.

3.2 Caracterização dos modelos para a simulação

As simulações foram desempenhadas no programa *EnergyPlus 4.0*, através da plataforma gráfica *DesignBuilder 2.1*, que permitiu a modelagem dos edifícios com suas principais características construtivas como mostra a Figura 3.

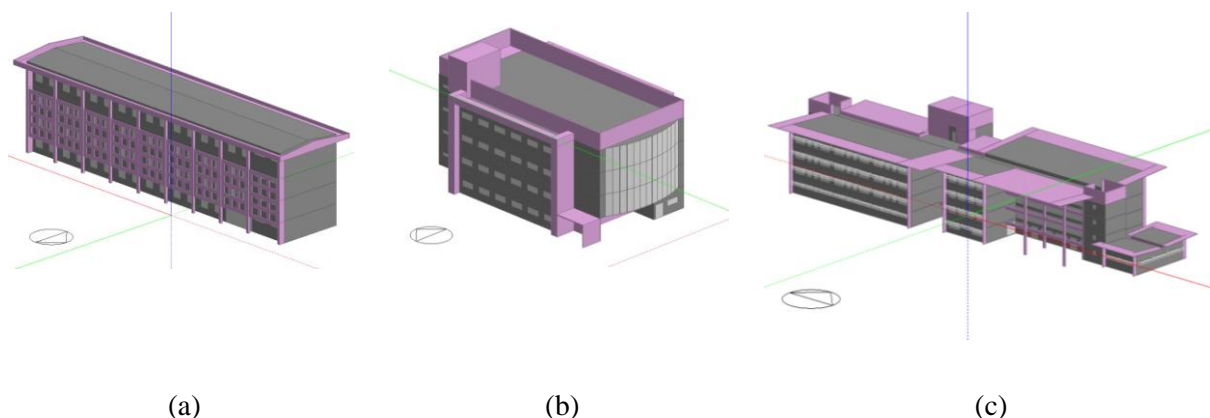


Figura 3 – Modelos computacionais dos edifícios 01 (a), 02 (b) e 03 (c).

Para efeito de simulação, os três modelos utilizaram as mesmas características de uso, com funcionamento geral das 07h00min às 22h30min durante os dias úteis, e totalmente desocupados em finais de semana. Padronizou-se como rotina de uso nos ambientes de longa permanência a ocupação como "sala de aula", com densidade de 0,71 pessoas por m² e os ambientes de curta permanência foram subdivididos em banheiros e circulações com densidades de ocupação conforme a Tabela 2. As circulações são ainda, classificadas como interna ou externa, pois no caso dos Edifícios 01 e 03, as áreas de corredor estão dispostas lateralmente aos ambientes, sendo vazadas em um dos lados. Nesses casos, adotou-se uma rotina de uso dos sistemas de iluminação artificial com utilização apenas no período noturno (das 17h00min às 22h30min), sendo considerado o aproveitamento da luz natural no período diurno.

A potência dissipada pelos equipamentos no interior das salas de aula possui 5,00 W/m² e foi estipulada a partir de levantamentos *in loco* dos equipamentos utilizados nos edifícios selecionados no presente estudo. Adotaram-se na simulação, equipamentos de condicionamento de ar em todas as salas de aula. Utilizando sempre, aparelhos do tipo *split* com COP de 3,20, pois segundo o PBE-INMETRO, este é o patamar mínimo de eficiência para que os aparelhos dessa categoria se enquadrem no nível de eficiência A. Para os sistemas de iluminação, adotaram-se os valores de densidade de potência instalada que possibilitariam a classificação dos ambientes no nível A, segundo o método prescritivo. Dessa maneira, as densidades de potência de iluminação instalada, conforme a Tabela 2 são de 13,00 W/m² nas salas de aula, 10,00 W/m² em banheiros e 7,00 W/m² nas circulações.

Tabela 2 - Configurações de uso adotadas para a simulação.

Tipo de usos	Sala de Aula	Banheiros	Circ. Interna	Circ. Externa
Rotina de ocupação	07h – 22h30min	07h – 22h30min	07h – 22h30min	07h – 22h30min
Densidade de ocupação	0,71 pessoas/m ²	0,12 pessoas/m ²	0,05 pessoas/m ²	0,05 pessoas/m ²
Equipamentos	5,00 W/m ²	-	-	-
Condicionadores de ar	Split (COP = 3,20)	-	-	-
Rotina de iluminação	07h – 22h30min	07h – 22h30min	07h – 22h30min	17h– 22h30min
Densidade de potência de iluminação instalada	13,00 W/m ²	10,00 W/m ²	7,00 W/m ²	7,00 W/m ²

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Método prescritivo

A Tabela 3 apresenta os pré-requisitos da envoltória referente a Zona Bioclimática 08 e considerando os ambientes condicionados artificialmente. O Regulamento determina que para o nível de eficiência almejado todos os seus pré-requisitos, sem exceção, precisam ser plenamente atendidos, caso contrário, deve prevalecer sempre o mais restritivo.

Os valores da transmitância térmica e absorvância das paredes e da cobertura dos edifícios analisados foram especificados de maneira a atenderem a todos os pré-requisitos do Regulamento e encontram-se definidos na Tabela 3.

Tabela 3 - Pré-requisitos do Regulamento para envoltória.

Item avaliado	Pré-requisitos do Regulamento			Edifícios 01; 02 e 03
	Nível A	Nível B	Nível C e D	
U _{parede} - W/(m ² .K)	≤ 3,7	≤ 3,7	≤ 3,7	2,27
U _{coberta} - W/(m ² .K)	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 2,0	0,85
α _{parede}	< 0,4	< 0,4	-	0,40
α _{cobertura}	< 0,4	< 0,4	-	0,40

Com base nas características físicas dos três edifícios estudados foi calculado o percentual total de aberturas nas fachadas (PAF_T), conforme demonstrado na Tabela 4. Como nos três casos o PAF_O foi menor que o PAF_T mais 20%, o Regulamento determina que o PAF_T deva ser utilizado no cálculo do IC (Indicador de Consumo).

Tabela 4 - Demonstrativo do cálculo das áreas de fachada e abertura.

Fachada	Área de Fachada (m ²)			Área abertura (m ²)			PAF		
	Ed. 01	Ed. 02	Ed. 03	Ed. 01	Ed. 02	Ed. 03	Ed. 01	Ed. 02	Ed. 03
Norte	170,57	270,64	1.213,50	0,00	87,43	99,66	0,00	0,32	0,08
Sul	170,57	350,74	1.213,50	0,00	139,04	88,78	0,00	0,39	0,07
Leste	847,28	475,35	359,31	93,19	72,79	6,22	0,11	0,15	0,01
Oeste	847,28	493,02	458,33	28,52	56,04	1,52	0,03	0,11	0,00
TOTAL	2.035,70	1.589,753	3.244,64	121,71	355,30	196,18	0,06	0,22	0,06

Através da aplicação da Equação 1 foi possível conhecer os valores do IC (indicador de consumo) da envoltória para cada edifício. A Tabela 5 mostra os valores de IC obtidos e os limites estabelecidos como parâmetro para a classificação máxima (A) e mínima (E) da eficiência da envoltória, de acordo com o método prescritivo. Como o valor do IC calculado nos três casos está dentro dos limites estabelecidos, pode-se afirmar que todos os edifícios possuem classificação “A” para a envoltória.

Tabela 5. Valores de IC, IC_{máx} e IC_{min} de cada edificação .

	Edifício 01	Edifício 02	Edifício 03
IC _{máx}	229,58	204,45	188,46
IC _{min}	196,92	174,56	161,20
IC	178,81	181,38	146,77

4.2 Simulação computacional

Os resultados das simulações demonstraram que, apesar de todos os edifícios terem suas envoltórias classificadas pelo método prescritivo como A (eficiência máxima), o consumo anual em kWh/m² destes edifícios apresentou diferenças consideráveis. A Tabela 6 mostra os valores de consumo anual total, por m², e porcentagem por uso final (equipamentos, iluminação e condicionamento de ar) de cada edificação, também ilustrados no Gráfico 1.

Tabela 6. Consumo anual por área (kWh/m²) dos edifícios estudados.

	Edifício 01	Edifício 02	Edifício 03
Consumo anual (kWh/m ²)	163,20	155,00	130,81
Equipamentos (%)	8,4	8,2	9,0
Iluminação (%)	26,2	24,8	32,4
Ar-condicionado (%)	65,4	67,0	58,6

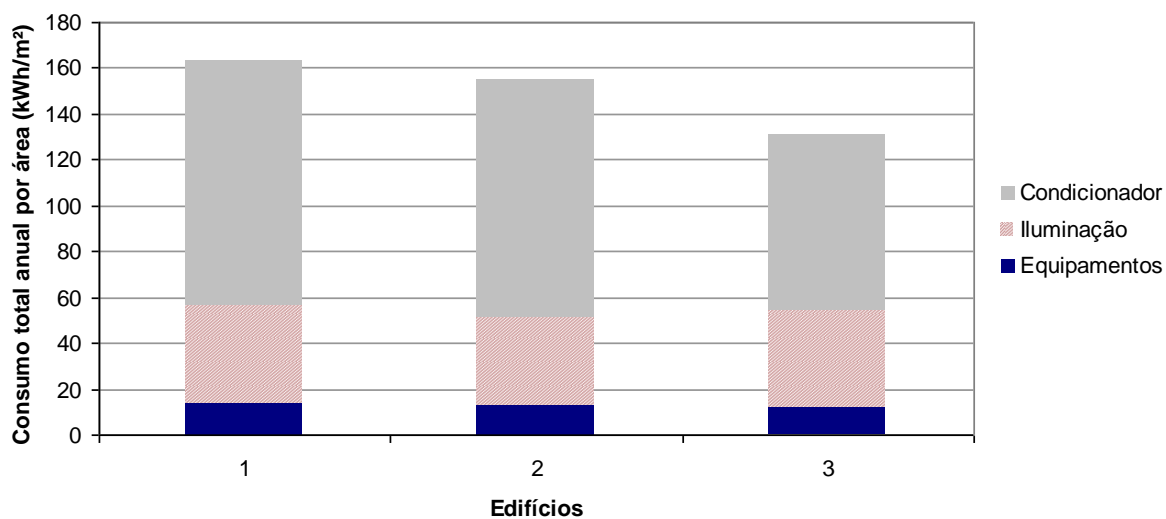


Gráfico 1 – Consumos total e por uso final dos três edifícios estudados

Observa-se que o consumo total anual do edifício projetado seguindo recomendações bioclimáticas (edifício 03) foi 19,8% inferior ao do edifício 01 e 15,6% menor em relação ao edifício 02.

Além disso, dos três edifícios, o terceiro tem o menor consumo proporcional com ar-condicionado. Se isolarmos esta variável, a redução do consumo anual com ar-condicionado em relação ao pior caso chega a 28%, como mostrado na Tabela 7 e no Gráfico 2.

Tabela 7. Consumo anual por área (kWh/m²) dos edifícios estudados.

	Edifício 01	Edifício 02	Edifício 03
Ar-condicionado (kWh/m²)	106,80	103,92	76,66

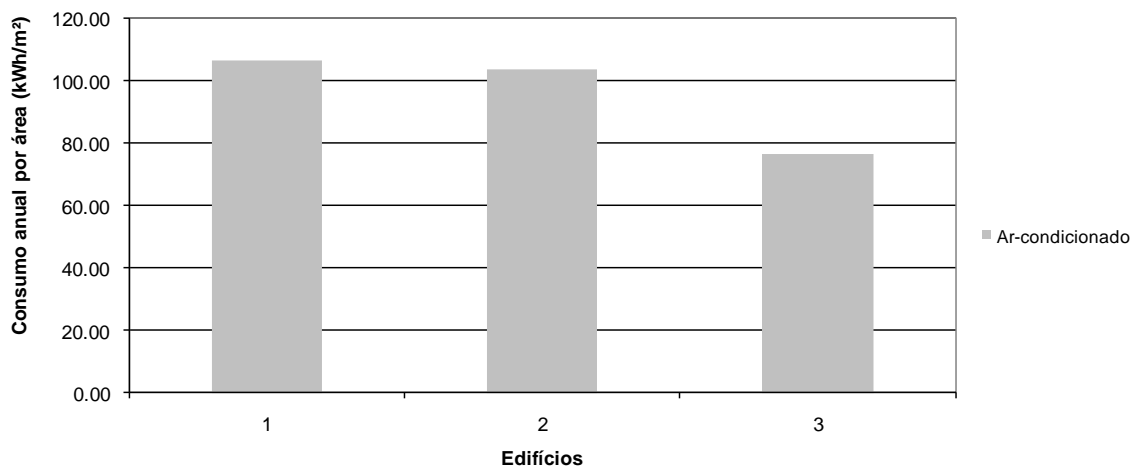


Gráfico 2 – Consumos total e por uso final dos três edifícios estudados

5 CONCLUSÕES

A discussão abordada no artigo refere-se à comparação do consumo energético em edificações classificadas no nível de eficiência A (mais eficiente) pelo método prescritivo, e como esse consumo pode ser minimizado pela utilização de práticas projetuais que visem à diminuição das cargas térmicas incidentes nas edificações. O parâmetro comparativo utilizado no estudo foi o consumo energético por área de piso (kWh/m²), pois desta maneira seria possível analisar edifícios, independentemente das suas dimensões, e, além disso, destacar o papel exercido pelas variáveis arquitetônicas em regiões de clima quente e úmido e baixa latitude, quanto ao impacto que estas representam no consumo energético final.

Dessa maneira, considerando que as simulações dos casos analisados foram feitas com os mesmos padrões de ocupação, equipamentos, densidade de potência de iluminação instalada, eficiência dos condicionadores de ar, além de valores de absorvância e transmitância de paredes e cobertura, é possível afirmar que os valores de consumo foram influenciados diretamente pelas soluções de projeto adotadas, sendo elas: orientação, geometria do edifício e coeficiente de sombreamento das aberturas.

As simulações demonstram que a classificação da envoltória pelo método prescritivo do RTQ-C, pode deixar de contemplar soluções arquitetônicas de comprovada eficiência energética em função das simplificações de análise das variáveis que influenciam o consumo energético através da envoltória de edificações. No caso da Zona Bioclimática 08, onde estão inseridos os edifícios estudados, evidencia-se a importância da utilização do sombreamento das aberturas como meio de redução da carga térmica incidente na edificação bem como a compatibilização entre geometria e orientação.

Este estudo também comprova a potencialidade do método de simulação computacional como ferramenta de análise do consumo energético de edifícios, suprimindo as limitações do método prescritivo, e salienta a importância das recomendações bioclimáticas desde as fases iniciais do projeto, como forma de assegurar o bom desempenho térmico e energético do edifício.

6 REFERÊNCIAS

ANDALORO, A. P. F., et al. Energy certification of buildings: a comparative analysis of progress towards implementation in European countries. **Energy Policy**, 2010.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria 163, de 08 de junho de 2009**. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: < http://www.labee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/arquivos/2_RTQ_C.pdf >. Acesso em: 05/11/ 2009.

CARLO, J. C. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envoltório de Edificações Não-Residenciais**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina Florianópolis, 2008.

CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 1: método prescritivo. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, vol. 10, n. 02, jun. 2010a. Disponível em: < <http://www.seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/11790/8471> >. Acesso em: 04/07/2010.

CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 2: método de simulação. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, vol. 10, n. 02, jun. 2010b. Disponível em: <http://www.seer.ufrgs.br/index.php/ambiente_construido/article/view/11791/8451>. Acesso em: 04/07/2010.

LEE, W.L.; YIK, F.W.H. **Regulatory and voluntary approaches for enhancing building energy efficiency**. Progress in Energy and Combustion Science. 2004.

PEDRINI, A. et al. A methodology for building energy modelling and calibration in warm climates. **Building and Environment**, v. 37, p. 903-912, 2002.

PEDRINI, A.; LAMBERTS, R. **Influência do tamanho e forma sobre o consumo de energia de edificações de escritório em clima quente**. In: VII Encontro nacional sobre conforto no ambiente construído (ENCAC)/ III Conferência Latino-americana sobre conforto e desempenho energético de edificações (COTEDI), Novembro, Curitiba. 2003.

PROCEL. **Manual para Aplicação dos Regulamentos RTQ-C e RAC-C**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/arquivos/4_Manual.pdf>. Acesso em: 05/11/2009.

SUSTAINABLE ENERGY AUTHORITY VICTORIA, O. A. P. **Model Technical Specifications for Commercial and Public Buildings**. n. Version 1.0: Sustainable Energy Authority, 2000.

ZHU, Y. **Applying computer-based simulation to energy auditing: a case study**. Energy and Buildings, v.38, p.8. 2006.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq, à Eletrobrás, incluindo a Universidade Federal do Rio Grande do Norte e o Labcon-UFRN (equipe de bolsistas ITI).