

INFLUÊNCIA DE DECISÕES ARQUITETÔNICAS SOBRE O DESEMPENHO ENERGÉTICO DE HOTÉIS NO CLIMA QUENTE E ÚMIDO DA CIDADE DE NATAL/RN

Glênio Leilson Ferreira Lima (1); Aldomar Pedrini (2);

Laboratório de Conforto Ambiental – Departamento de Arquitetura – Centro de Tecnologia –
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, Brasil.

e-mail (1): gleniolima@yahoo.com.br – (2): apedrini@ufrnet.br

RESUMO

A partir de pesquisa de campo realizada em 43 hotéis localizados no clima quente e úmido da cidade de Natal, foram organizados dados sobre consumo mensal de energia elétrica, taxa de ocupação, área construída, rotinas de uso, ano de construção, instalações prediais, tipologias do pavimento de hospedagem e características construtivas (orientação, fração de abertura, sombreamento, propriedades termo-físicas das paredes, coberturas e esquadrias). O objetivo principal foi identificar as decisões projetuais mais importantes relacionadas com a redução do consumo energético, sobretudo aquelas definidas diretamente pelo arquiteto. Simulações computacionais empregando o programa VisualDOE 4.1 foram realizadas para as análises energéticas. Os dados do estudo de campo foram organizados e os aspectos mais relevantes utilizados na modelagem de um caso representativo. A partir desse modelo inicial, as simulações foram realizadas com a finalidade de se verificar o impacto de diferentes alternativas de projeto no consumo de energia. As análises demonstraram as decisões arquitetônicas com melhor e pior desempenho, a importância das rotinas de ocupação na definição das estratégias projetuais, além de quantificar o impacto produzido na combinação de uma, duas ou mais alternativas de projeto. Os resultados permitiram ainda enumerar as principais recomendações projetuais visando à eficiência energética de hotéis da cidade de Natal/RN, enfatizando a importância daquelas definidas na fase de concepção do projeto arquitetônico.

Palavras-chave: edificações hoteleiras; simulação computacional; eficiência energética.

ABSTRACT

From a detailed field study carried out in 43 hotels located in the hot-humid climate of the Natal city, it has been organized data on monthly consumption of electric energy, rate of occupancy, built area, routines of use, year of construction, facilities, typologies and constructive features (ie, *Window Wall Ratio*, shading, thermo-physical properties of the walls, roofs and windows). The main objective was to identify the most important project decisions related to the reduction of energy consumption, especially those defined directly by the architect. A base case is modelled in VisualDOE, based on the field study. Then, a first set of simulations are run to explore the sensitivity of the variables on the energy consumption. The results analyses were the base of a second set of simulations, which combined the most influential variables. The analysis brought up the best and worst scenarios which were identified the architectural decisions that have the highest impact over energy consumption. The results also allowed to formulate design recommendations in order to achieve energy efficient of hotel buildings design to the city of Natal, Brazil. Assess the influence of the design decisions on the energy building performance of hotels and the most important design recommendations.

Keywords: hotel buildings; computational simulation; energy performance.

1 INTRODUÇÃO

O setor do turismo vem intensificando as pesquisas de redução de consumo de energia desde os anos 90, sobretudo porque os meios de hospedagem possuem uma das mais elevadas taxas de consumo, em comparação a outros tipos de edificações (SANTAMOURIS et al, 1996). Isso tem levado a procura de fontes alternativas de energia, reformas de efficientização (*retrofits*) e estratégias de gerenciamento e operação das edificações. Os métodos de análise do potencial de redução do consumo de energia variam desde os procedimentos mais simples de auditoria até a simulação computacional do comportamento térmico e energético da edificação, onde diversos fatores podem ser examinados simultaneamente (BOHDANOWICZ; MARTINAC, 2003). A combinação de diferentes abordagens vem contribuindo para um melhor conhecimento do comportamento da edificação, dentre elas as ferramentas de simulação que auxiliam projetistas na reflexão sobre o impacto de suas decisões no consumo de energia.

Ainda que projetos de edificações eficientes estejam associados a equipamentos, sistemas de iluminação e de ar condicionado, as decisões arquitetônicas podem ser mais eficazes, além de apresentarem menor custo e maior durabilidade (PEDRINI, 2003). Na verdade, a efficientização de uma edificação começa com a concepção geral do projeto pelo arquiteto e as decisões mais importantes acontecem nas primeiras fases do projeto arquitetônico. De acordo com Signor (1999), estimam-se que edifícios com projetos adequados possam consumir em torno de 30% menos energia que outros com mesmo nível de conforto e utilização. Alguns estudos vêm demonstrando que esse valor pode ser ainda mais significativo, com reduções que podem chegar a até 80% dependendo de uma série de fatores (PEDRINI, 2003; SANTAMOURIS et al, 1996)

Na cidade de Natal, a expansão do setor hoteleiro é comprovada pelos números que a apontam entre as 10 cidades brasileiras com o maior número absoluto de meios de hospedagem (SETUR, 2005). Segundo dados oficiais da Secretaria de Turismo do Estado - SETUR (2005), o município aumentou sua capacidade de acomodação em mais de mil leitos entre os anos de 2001 e 2004. Este crescimento, entretanto, não ocorre de forma homogênea. Dentro da cidade, os bairros de Ponta Negra e a Via costeira, próximos à orla marítima, são os principais locais que centralizam esta expansão. Este crescimento, entretanto, revela duas questões básicas: a primeira se relaciona com a pouca adequação dos projetos de arquitetura às condições climáticas locais. A segunda, à ameaça para muitos ecossistemas frágeis em função da escassez de estudos relacionados aos impactos dessa ocupação (VELOSO, 2001). Atualmente não há normas nacionais que estimulem o desempenho energético de hotéis. As políticas públicas relacionadas ao tema ainda são muito incipientes e possuem caráter quase sempre orientativo.

1.1 Consumo de energia em hotéis

De acordo com diversas pesquisas, com exceção dos países mais frios que necessitam de uma carga de aquecimento maior, a eletricidade continua sendo a fonte mais utilizada entre os meios de hospedagem (DENG; BURNETT, 1998). Outros tipos de energia como gás, diesel e solar já são comuns, porém com usos bem particulares, principalmente, para cozimento, motores e aquecimento de água.

Tanto em países de clima quente quanto naqueles mais frios, as maiores despesas relativas ao consumo energético estão associadas com resfriamento ou aquecimento dos espaços internos e da água para promover conforto térmico aos hóspedes. As diferenças no consumo podem variar em até 10 vezes entre edificações, dependendo das características das cargas internas e do tipo de envoltória (DENG; BURNETT, 1998; P. BOHDANOWICZ, 2003). Essa grande amplitude no consumo ocorre não apenas com relação ao uso de energia, como também de outros recursos. No caso da água, por exemplo, embora o consumo típico por hóspede esteja entre 90 e 150 litros/dia, é possível encontrar situações em que este valor tem alcançado 440 litros/hóspede-dia (P. BOHDANOWICZ, 2003). As diferenças são observadas entre países e entre hotéis de uma mesma localidade. Foi possível encontrar valores entre 72 e 519 kWh.ano/m² (diferença de 720%) na Europa, e diferenças maiores que 200% (200 a 460 kWh.ano/m²) na cidade de Hong Kong (SU, 2003). Uma síntese com os principais índices de consumo encontrado nos diversos artigos pesquisados é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1- Consumo médio (EUI) encontrado em diversos países

PERÍODO	LOCAL	CLIMA	CONSUMO (kWh.ano/m ²)	FONTE
1995	Estados Unidos	Temperado	401	(SHI-MING DENG, 1998)
1991	Ottawa, Canadá	Temperado	689	
1988	Londres	Temperado	715	
1995	Hong Kong	Subtropical	564	(CHAN; LAM, 2002)
1990-1999	Hong Kong	Subtropical	291	(KHEMIRI; HASSAIRI, 2004)
1996	Grécia	Mediterrâneo	273	(SANTAMOURIS et al, 1996)
2002	Tunísia	Mediterrâneo	171	(KHEMIRI; HASSAIRI, 2004)
2002	Hong Kong	Subtropical	342	(COMMONWEALTH OF AUSTRALIA NATIONAL ENERGY RESEARCH, 2002)
2003	Austrália	Tropical	208-292	(GUZMÁN, 2003)

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é identificar as decisões projetuais mais importantes relacionadas com a redução do consumo energético, sobretudo aquelas definidas diretamente pelo arquiteto, em hotéis localizados na cidade de Natal-RN.

3 METODOLOGIA

3.1 Pesquisa de Campo

A proposta da pesquisa de campo foi medir o desempenho energético real e coletar dados sobre o projeto arquitetônico, a construção e os materiais, além dos sistemas e formas de funcionamento de hotéis da cidade de Natal-RN, de maneira a subsidiar as simulações de desempenho energético. As edificações selecionadas se concentraram próximas à orla marítima, principalmente na Via Costeira e no trecho compreendido entre a beira mar e a avenida Engenheiro Roberto Freire, na praia de Ponta Negra. A seleção destas áreas foi motivada pela concentração do maior número de hotéis da cidade e de novos empreendimentos que vem surgindo (Figura 1).



Figura 1 - Localização dos meios de hospedagem avaliados

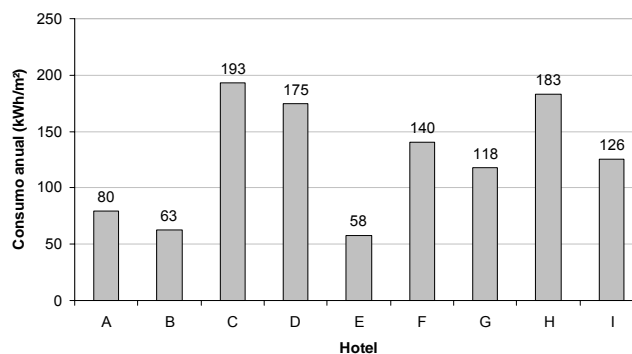


Gráfico 1 - Consumo de energia elétrica anual

Da amostra inicial com 43 hotéis, apenas nove, aproximadamente 4,5% dos meios de hospedagem cadastrados em 2004 na SETUR, aceitaram disponibilizar documentos (contas de energia) e liberar o acesso às instalações. Em função desta pequena aceitação, a pesquisa de campo foi estruturada em dois tipos, com diferentes níveis de aprofundamento: a primeira, “detalhada” realizada nos nove hotéis que disponibilizaram os dados de consumo e a segunda, “visita” nas 34 edificações restantes. No geral, foram levantados dados sobre as tipologias do pavimento de hospedagem, localização, orientação, número de andares, materiais utilizados nas paredes, coberta e tonalidades externas. Nos apartamentos-tipo, foram identificadas as configurações mais representativas: planta baixa (distribuição dos ambientes), equipamentos, sistema de iluminação, dimensões, pé-esquerdo, modelo de ar condicionado e forma de uso. O consumo médio anual (EUI – Energy Use Index) verificado no ano de 2005 nas nove edificações variou entre 43 e 193 kWh/m², configurando diferenças de cerca de 400% (Gráfico 1).

3.2 Simulação computacional

A proposta da simulação energética foi avaliar o impacto das decisões arquitetônicas a partir da modelagem de uma ou mais edificações devidamente caracterizadas pela auditoria. A escolha da edificação considerou a qualidade dos dados, a reprodução das características, a representatividade do caso e o impacto esperado dos resultados.

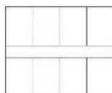

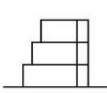

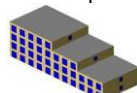
3.2.1 Modelagem

A maioria dos casos analisados apresentou dados insuficientes para o procedimento de modelagem e calibração conforme a metodologia proposta na literatura estudada (PEDRINI, 1997). Portanto, a modelagem do caso base implicou numa série de simplificações relacionadas com a geometria, a eficiência do sistema de condicionamento térmico, rotinas de ocupação e de uso, dentre outras.

A modelagem enfatizou a reprodução da área de hospedagem porque é o objeto principal dos estudos e em função de ser mais facilmente tipificada. As áreas de recepção, administração, convenções, lojas e de serviços não foram modeladas em função da infinidade de variáveis existentes e formas de uso. Essa separação do setor de hospedagem dos demais (espaços comuns e de serviços) é sugerida por Deng e Burnett (1998) como a maneira mais adequada para avaliar o desempenho de hotéis. Também não foi modelado o consumo de energia para aquecimento de água de banho em função da indisponibilidade desses dados.

3.2.2 Caso base

O caso base foi montado considerando a maior ocorrência de variáveis observadas na pesquisa de campo. O modelo representa uma edificação de porte médio (70 apartamentos), situada em terreno pequeno, com poucas opções de lazer ou serviços e sistema individual de condicionamento térmico. O pavimento tipo possui circulação central, corte escalonado e o mesmo tratamento externo de fachada no trecho dos apartamentos, independentemente de sua orientação. Possui o maior eixo no sentido sudoeste-nordeste, pé-esquerdo de 2,80 m e quatro andares destinados à hospedagem, resultando numa volumetria bem horizontal (Quadro 1).

DADOS GERAIS – CASO BASE 01						
TIPOLOGIA	Número de pavimentos: 04	Número de apartamentos: 70		Pleno: não		
	Pé-esquerdo: 2,80 m	Orientação fachada: sudeste-noroeste / Azimute: 51°				
	Pavimento:	Apartamento:	Corte:	Volumetria simplificada:		
						
	Arquivo climático: TRY Natal 1954		Temperatura interna (Ti): 25 °C			
Área total de paredes externas opacas: 716 m²		Área total de cobertura: 558 m²				
Área total envidraçada: 294 m²		Área total de pisos (m²): 1.776				
Relação da área de parede pela de piso: 0,40		WWR: 0,42				
Número de dias funcionando por semana: 07		Horas em funcionamento: 24:00				
UNIDADE DE HOSPEDAGEM						
Célula básica	Ambiente	Quarto	Hall	BWC	Varanda	Esquadria ext.
	Área (m²)	16,8	2,1	4,2	4,2	4,2
Dimensões	Largura	3,5	1,2	1,8	1,2	2,0
	Comprimento	4,8	1,8	2,4	3,5	2,1 (altura)
Sistema de ar condicionado: Janelheiro, 7.500 BTU/h				EER = 1,99 kW/kW		
Potência de iluminação: 107 W				Usuários/Apartamento: 02		
Potência de equipamentos: 165 W				Metabolismo/pessoa: 122,1 W/m²		
ENVOLTÓRIA						
Parede:	Tijolo cerâmico (Dimensões do tijolo: 9x19x19 cm) + reboco de 2,5 cm de cada lado. Espessura final da parede: 15 cm					α_w : 0,5 U: 2,34 W/(m².K)
Piso escalonado	Laje pré-moldada plana+piso cerâmico marrom claro					α_c : 0,4 U: 4,18 W/ m².K
Coberta	Laje pré-moldada plana + telha de fibrocimento impermeabilizada					α_c : 0,7 U: 2,24 W/ m².K
Material esquadria:	Vidro transparente simples de 6,0 mm					Fator solar: 0,82

Quadro 1 - Resumo das principais características do caso base.

A partir dessa escolha, os dados da auditoria detalhada mais convenientes foram selecionados, a exemplo das taxas de ocupação com variações ao longo dos meses. O tipo de cobertura é a laje mista impermeabilizada nos pavimentos escalonados (intermediários) e a laje mista com telha de fibrocimento no último andar. Os fechamentos são em alvenaria convencional e as aberturas em folha de vidro simples, seguindo o dimensionamento da amostra do levantamento de campo. Os sombreamentos das fachadas são obtidos através de varandas, extensões dos quartos com 1,20 m de profundidade. O tipo de condicionador de ar também segue o padrão mais comum, com capacidade nominal de 7.500 BTU/h e índice de eficiência energética de 1,99 kW/kW.

A definição do número de pessoas por apartamento (densidade de ocupação) se baseou em três fontes: a norma norte-americana 90.1-2004 (ASHRAE, 2004), indicadores da atividade turística no Rio Grande do Norte (SETUR, 2005) e no levantamento de campo. Em todos os casos, o número médio foi de duas pessoas por apartamento. Considerando a realização de tarefas leves neste espaço, foram adotados os valores do programa VisualDOE 4.1 de calor sensível de 66,4 W e calor latente de 55,7 W por pessoa. As cargas internas provenientes dos sistemas de iluminação e equipamentos também foram identificadas através das auditorias. Os equipamentos compreendem: uma televisão de 20 polegadas, um frigobar e um rádio-relógio, respectivamente com as seguintes potências, 90W, 70W e 5W PROCEL (2006). O sistema de iluminação é definido com lâmpadas fluorescentes compactas, sendo duas de 15 W e sete de 11 W (Tabela 2).

Tabela 2 - Cargas internas do apartamento tipo.

Tipo de carga interna	Quantidade	Carga unitária (W)	Carga térmica total (W)	Densidade
Pessoas	02	122,1	244,2	8,5 m ² /pessoa
Equipamentos	01	90	165	9,7 W/m ²
	01	70		
	01	5		
Iluminação	02	15	107	6,3 W/m ²
	07	11		

3.3 Combinação de variáveis

Os resultados das análises de sensibilidade foram usados para selecionar as variáveis com maior impacto sobre o consumo de energia. Do contrário, o número de combinações seriam inviáveis de serem manipuladas. Por exemplo, os valores de transmitância da parede e da altura do pé-esquerdo foram mantidos de acordo com o caso base, em função da pouca influência: 6% e 2%, respectivamente. Nos demais parâmetros avaliados em que se constatou considerável impacto no consumo, foram escolhidos apenas dois valores (um máximo e um mínimo) para cada aspecto estudado. Com isso, o número final de simulações atingiu um valor exequível de 384 casos (Figura 2).

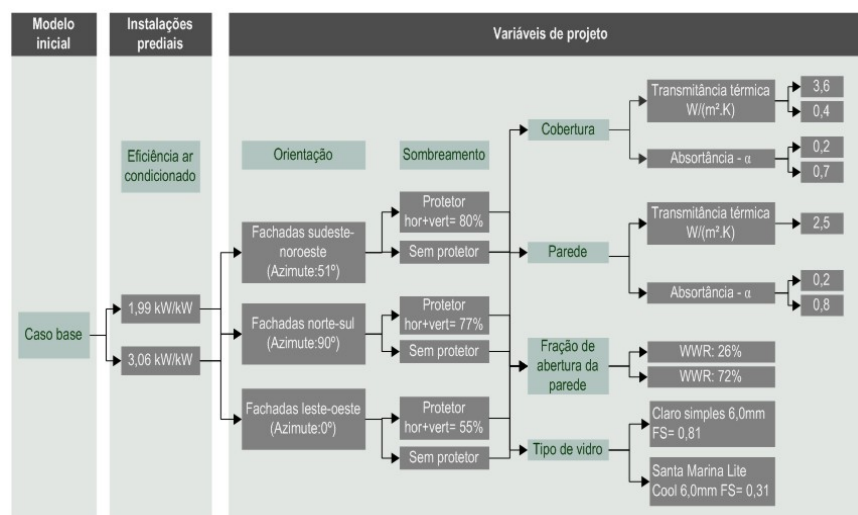


Figura 2 - Variáveis da simulação computacional

Embora aspectos relacionados às instalações prediais, rotinas de ocupação, cargas internas de equipamentos, iluminação, e outros também pudessem ser avaliados, priorizou-se aqueles associados diretamente com o projeto arquitetônico, com exceção do condicionamento de ar.

4 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

O caso base teve um desempenho energético anual de 79 kWh/m². Embora seja um valor baixo se comparado com os casos encontrados na literatura (Tabela 1), é compatível com os encontrados nas auditorias em hotéis com similar taxa de ocupação que variaram entre 80 e 183 kWh/m², incluindo o consumo de energia para aquecimento de água. O uso final de energia do caso base foi de 75% para o condicionamento de ar, 17% para equipamentos e 8% para iluminação. Considerando todas as 384 combinações simuladas, verificaram-se variações no consumo de energia de até 72% entre o melhor e o pior caso, 37 kWh/m² e 129 kWh/m², respectivamente.

O coeficiente de determinação do ajuste linear ($R^2=0,8758$) revela a correção com que está expressão reproduz os dados originais de consumo mensal a partir dos valores da taxa de ocupação no caso base (Gráfico 2 e Gráfico 3). Trata-se de um valor bastante elevado se comparado com os aqueles encontrados na pesquisa de campo. Além da ocupação dos apartamentos, o clima é o único elemento externo que poderia interferir no consumo do modelo simulado, o que de certo modo explica esse resultado, já que as áreas comuns, administrativas, de serviço e espaços externos, não foram considerados nas simulações.

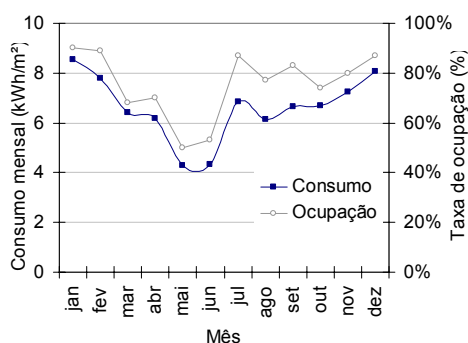


Gráfico 2 - Consumo mensal x taxa de ocupação do caso base.

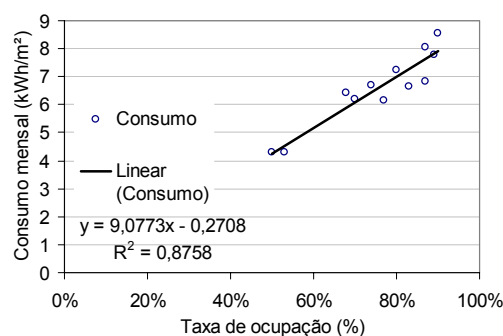


Gráfico 3 – Coeficiente de determinação do ajuste linear entre taxa de ocupação (x) e consumo mensal (y) do caso base.

Como análise complementar, foi simulada uma alternativa ao caso base, com ocupação contínua de 24 horas. Nesta situação, o modelo se mostrou bem menos sensível às taxas de ocupação e ao clima. O consumo chegou a 313 kWh/m², representando um aumento de aproximadamente quatro vezes em relação ao caso base (Gráfico 4).

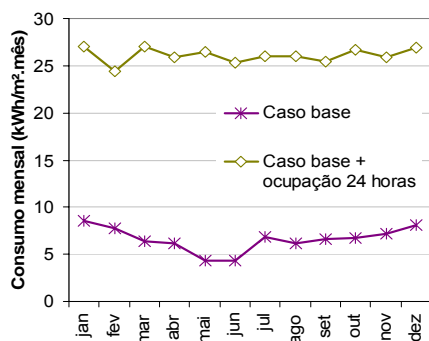


Gráfico 4 - Efeito ocupação 24 horas no consumo do caso base.

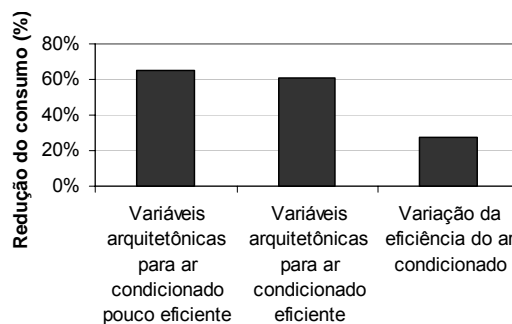


Gráfico 5 - Redução do consumo em função das variáveis arquitetônicas e da eficiência do ar condicionado

Os resultados indicaram que a combinação das variáveis arquitetônicas pode ter mais impacto sobre o consumo de energia do que aquelas relacionadas com o condicionamento do ar (Gráfico 5). A substituição do ar condicionado com EER 1,99 kW/kW por outro modelo mais eficiente (EER 3,06 kW/kW) gerou uma redução de até 28%, enquanto que o emprego de diferentes combinações de projeto (sem alterar o condicionador de ar) reduziu o consumo em até 65%. Essa redução significativa foi medida levando-se em conta o pior e o melhor resultado das simulações. O menor consumo foi conseguido através da combinação das seguintes variáveis arquitetônicas: fachadas mais alongadas e aberturas voltadas para norte/sul, vidro eficiente, sombreamento, aberturas pequenas, menores transmitância térmica e absorvância de paredes e cobertas.

Para cada uma das três orientações avaliadas (maiores fachadas voltadas para leste/oeste - azimuth 00°, para sudeste/noroeste - azimuth 51° e para norte/sul – azimuth 90°), foram realizadas 128 simulações com diferentes combinações de projeto. Os valores mais altos de consumo, verificados para cada uma destas orientações foram respectivamente: 129 kWh.ano/m², 121 kWh.ano/m² e de 113 kWh.ano/m². O pior desempenho nesses três casos esteve sempre associado com a combinação das seguintes características: ausência de proteção solar; transmitância de cobertura $U_c=3,6\text{W/m}^2\cdot\text{K}$; cobertas escuras, com $\alpha=0,7$; grandes janelas, com fração de abertura da parede $\text{WWR}=72\%$; cores escuras da parede, com $\alpha=0,8$; vidro claro, com fator solar $\text{FS}=0,81$; e eficiência energética do ar condicionado $\text{EER}=1,99\text{kW/kW}$. O uso das variáveis arquitetônicas e do condicionador de ar mais eficientes gerou uma redução de até 70% entre o pior caso (maior consumo) e o melhor caso (menor consumo) para uma mesma orientação (Tabela 3).

Tabela 3 - Consumo máximo e mínimo nas três orientações analisadas.

Consumo	Fachadas leste/oeste (Az00°)	Fachadas sudeste/noroeste (Az51°)	Fachadas norte/sul (Az90°)
Consumo máximo (kWh/m²)	129	121	113
Consumo mínimo (kWh/m²)	39	38	37
Redução	70%	69%	68%

Essa redução expressiva observada nas três orientações acima, entretanto, não ocorre de forma homogênea entre as 384 combinações simuladas. Há uma maior concentração de alternativas com impacto moderado, enquanto aquelas mais e menos eficientes são alcançadas em poucos casos. Por isso, foram definidas três faixas de impacto, de 0 a 10%, de 11 a 59% e acima de 60%, que correspondem às “combinações menos eficientes”, “combinações com desempenho intermediário” e “combinações mais eficientes”, respectivamente. Verificou-se que apenas 3% dos modelos geraram combinações mais eficientes quando o azimuth foi de 90° (fachadas maiores para norte/sul), e 9% quando o azimuth foi de 00° (fachadas maiores para leste/oeste) (Gráfico 6).

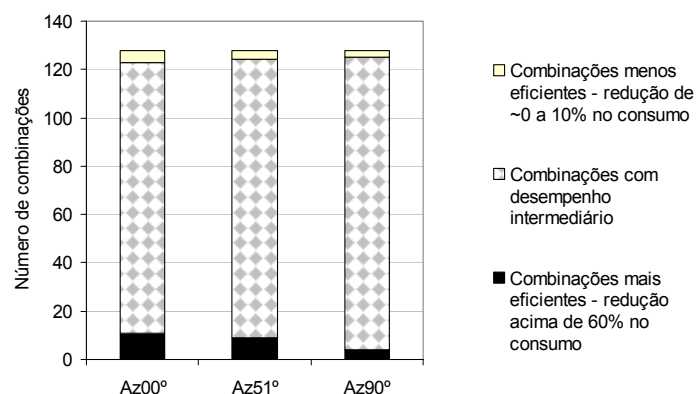


Gráfico 6 - Relação entre o número de combinações menos e mais eficientes.

Levando-se em conta apenas as combinações mais eficientes, foi possível verificar as variáveis que ocorreram com maior frequência em cada uma das três orientações analisadas (Gráfico 7). O ar condicionado e o vidro mais eficientes foram os únicos que ocorreram em 100% dos casos. Nas outras situações, o tamanho menor das aberturas (WWR 26%), além da transmitância ($U = 0,46 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$) e absorptância ($\alpha = 0,2$) da coberta estiveram presentes em aproximadamente 70% dos casos. Frequentemente há três variáveis com maior impacto no consumo (Gráfico 8), enquanto que o impacto das demais variáveis é menos expressiva (considerando sempre a adoção de valores com melhor desempenho).

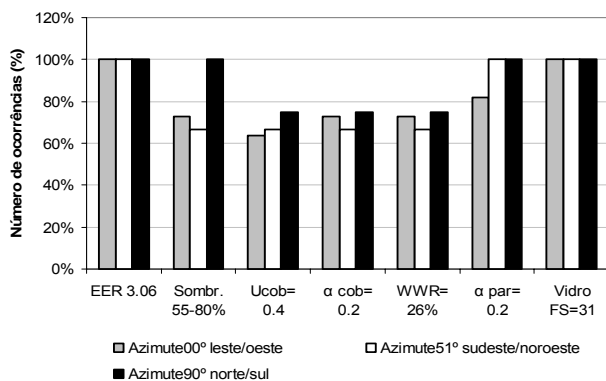


Gráfico 7 - Variáveis que mais ocorrem nas combinações mais eficientes.

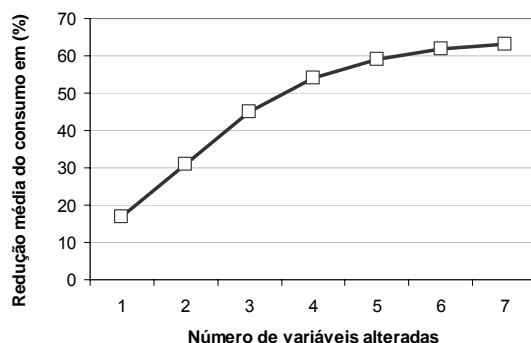


Gráfico 8 - Relação entre o número de variáveis alteradas e a redução média do consumo.

5 CONCLUSÕES

O impacto das decisões projetuais sobre o consumo de energia alcançou variações de até 73% considerando as diversas combinações do caso base. A influência das rotinas de uso devem ser consideradas nas análises. Esta situação ficou evidente nas simulações com ocupação noturna onde se registrou piora de desempenho, mesmo com o uso de uma coberta com menor transmitância térmica ($U_c = 0,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$). Este comportamento ocorreu principalmente nos casos em que havia expressivo ganho de carga térmica pelas paredes e pelos fechamentos transparentes fazendo com que este tipo de coberta dificultasse a dissipação de calor para o exterior.

O uso do sombreamento foi uma das principais estratégias na redução do consumo de energia. Mesmo em situações onde ocorre o uso de aberturas grandes, vidros pouco eficientes e paredes com absorptância alta, o sombreamento da fachada pode representar uma redução no consumo maior que 25%. Deve-se destacar, entretanto, que a simples leitura da carta solar muitas vezes não é suficiente para se conseguir resultados absolutos, outros fatores associados também devem ser considerados, como o ângulo de incidência dos raios solares em relação a normal da fachada e a quantidade de radiação incidente.

As principais recomendações para hotéis com características semelhantes ao modelado são:

- Regra geral: dê preferência por volumes mais alongados, orientados com maior eixo no sentido leste – oeste (Figura 3). Nos casos em que o pavimento tipo for organizado a partir de uma circulação central os apartamentos devem estar voltados para o sul e para o norte, conforme figura 4;

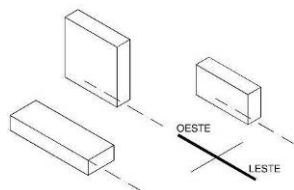


Figura 3 - Recomendação para geometria e sua orientação.

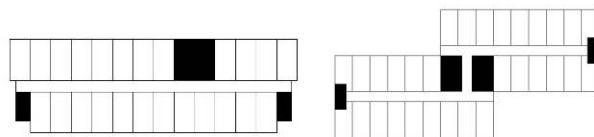


Figura 4 - Exemplos de pavimento tipo com circulação central.

- nas situações em que os apartamentos são distribuídos a partir de uma circulação lateral deve-se priorizar a orientação sul, como demonstrado na Figura 5. Evite o uso de formas compactas, principalmente as circulares, elas são mais adequadas para climas frios (Figura 6);

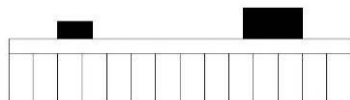


Figura 5 - Pavimento tipo com circulação lateral

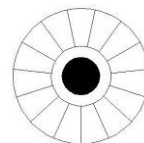


Figura 6 - Planta com forma circular

- caso não seja possível utilizar a orientação sul ou norte para os apartamentos, o projetista deve priorizar o uso de proteção solar, cobertas claras além de vidros com alto desempenho, principalmente nas situações em que as unidades de hospedagem estiverem voltadas para leste/oeste (caso comum na Via Costeira) ou noroeste/sudeste (situação típica de Ponta Negra). Em relação ao caso com pior desempenho, a adoção destas variáveis nas simulações resultou numa redução do consumo de até 54%;
- o sombreamento deve ser priorizado em todas os casos, por meio de protetores horizontais, verticais, mistos, da própria estrutura da edificação ou ainda elementos paisagísticos. Nas simulações, seu uso representou uma redução no consumo de energia de até 30%;
- pode-se conseguir um aumento significativo do nível de sombreamento dos apartamentos com a simples adoção da orientação norte/sul em detrimento a leste/oeste. O projetista deve estar consciente de que a adoção da orientação leste/oeste implicará, obrigatoriamente, numa maior dificuldade para sombrear a fachada tanto em função da própria geometria solar quanto da necessidade, em muitos casos, de se preservar a vista externa do apartamento (situação comum nos hotéis da cidade de Natal);
- em comparação com os modelos orientados para norte/sul e sem sombreamento, aqueles com mesmas características, mas orientados para leste/oeste, consumiram até 14% mais energia;
- uso de transmitância térmica baixa na cobertura somente nas situações em que a envoltória estiver bem protegida. Nos casos em que existem ganhos térmicos consideráveis pelas paredes e esquadrias, as coberturas leves com absorvidade baixa e transmitância alta são as mais apropriadas por facilitar a dissipação do calor;
- embora a transmitância térmica das paredes tenha apresentado pouca influência sobre o consumo do modelo, materiais leves e claros são mais apropriados;
- uso de sistemas de ar condicionado mais eficientes e com temperatura de conforto ajustada de forma apropriada. Tais medidas podem alcançar uma redução no consumo de até 37%.

O comportamento dos hóspedes também é um fator a ser explorado, seja pela conscientização da necessidade de economia, seja pelo uso correto do aparelho de ar condicionado, dos demais equipamentos e da iluminação.

6 REFERÊNCIAS

ASHRAE. Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. Atlanta: The Society, 2004. (ASHRAE Standard 90.1)

BOHDANOWICZ, P.; MARTINAC, I. Attitudes towards sustainability in chain hotels - results of a european survey. International Conference on Smart and Sustainable Built Environment, v.1-10, 2003.

CHAN, W. W. Predicting and saving the consumption of electricity in sub-tropical hotels. Emerald, v.17, p.228-237, 2005.

CHAN, W. W.; LAM, J. C. Prediction of pollutant emission through electricity consumption by the hotel industry in Hong Kong. Hospitality Management, v.2002.

COMMONWEALTH OF AUSTRALIA NATIONAL ENERGY RESEARCH, D. A. D. P. Energy efficiency opportunities in the hotel industry sector. AusInfo. Canberra, Australia. 2002

DENG, S.; BURNETT, J. A study of energy performance o hotel buildings in Hong Kong. Energy and Buildings, v.31, p.7-12, 1998.

GUZMÁN, L. A. R. Design Influences on thermal Gain and Energy Expenditure in Hotel's Guestrooms in Cuba. PLEA 2003 - The 20th Conference on Passive and Low Energy Architecture v.1-6, 2003.

KHEMIRI, A.; HASSAIRI, M. Development of energy efficiency improvement in the Tunisian hotel sector: a case study. Renewable, v.30, p.903-911, 2004.

P. BOHDANOWICZ, I. M. Attitudes towards sustainability in chain hotels - results of a european survey. International Conference on Smart and Sustainable Built Environment. Brisbane, Austrália, 2003. p.

PEDRINI, A. Desenvolvimento de Metodologia de Calibração de Modelos para Simulações Térmica e Energética de Edificações. 1997. 186 p. - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

_____. Integration of low energy strategies to the early stages of design process of office buildings in warm climate. 2003. 300 p. -, University of Queensland, St. Lucia, Qld.

PROCEL. Consumidor - eletrodomésticos. Disponível em: <http://www.eletrobras.gov.br/>, v.2006.

SANTAMOURIS, M., et al. Energy conservation and retrofitting potential in Hellenic hotels. Energy and Building, v.24, p.65-75, 1996.

SETUR. Indicadores dos Meios de Hospedagem 2001-2004. Carmen Vera Araújo de Lucena. Secretaria de Turismo do Estado do Rio Grande do Norte 2005.

SHI-MING DENG, J. B. A study of energy performance o hotel buildings in Hong Kong. Energy and Buildings, v.1998.

SIGNOR, R. Análise de regressão do consumo de energia elétrica frente a variáveis arquitetônicas para edifícios comerciais climatizados em 14 capitais brasileiras. 1999. 314 p. - Engenharia Civil, Universidade Fedral de Santa Catarina, Florianópolis.

SU, B. Architectural design of large hotel and energy used for internal space thermal control. International Conference on Sustainability Engineering and Science, v.1-8, 2003.

VELOSO, M. Arquitetura e produção do espaço para o turismo - o exemplo da arquitetura hoteleira em Natal/RN: Relatório final de pesquisa CNPq/UFRN (Não publicado) 2001.

7 AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e a Eletrobrás pelo suporte de infra-estrutura proporcionado ao Laboratório de Conforto Ambiental da UFRN-RN.