



XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS MULTIPAVIMENTOS EM JOÃO PESSOA-PB

MARTINS, Lúcia Helena Aires (1); LEDER, Solange Maria (2); SILVA, Luiz Bueno (3); SOUZA, Erivaldo Lopes (4)

(1) Mestranda, PPGECA/UFPA, e-mail: lucia_aires@hotmail.com; (2) Professora Adjunta - Arquitetura e Urbanismo/ UFPA, e-mail: solangeleder@yahoo.com.br; (3) Professor Associado II - Engenharia de Produção/ UFPA, e-mail: silvalb@superig.com.br; (4) Técnico de laboratório - LabMEQA e LAT/ UFPA, e-mail: elopesouza@hotmail.com.

RESUMO

O desempenho energético das edificações tem sido frequentemente abordado considerando apenas a edificação, apesar da importância do entorno. Assim, este estudo teve como principal objetivo avaliar a influência de variações no entorno sobre o comportamento térmico e energético das edificações. Os procedimentos metodológicos adotados foram: pesquisas no setor cadastral da Prefeitura Municipal, levantamento de campo no recorte urbano em estudo e simulação computacional com o programa DesignBuilder. Com base nos dados levantados, um modelo representativo da realidade construtiva foi elaborado e utilizado como caso base das simulações. Um conjunto de tipologias foi simulado, estas foram determinadas a partir de alterações de variáveis construtivas como proteção solar e coeficiente de absorção da envoltória, assim como, a variável urbana referente ao grau de obstrução do entorno. A variável de análise considerada é a carga necessária para resfriamento. A partir dos resultados observou-se que o sombreamento provocado pelo entorno contribui para a redução no consumo de energia para refrigeração, porém nem sempre o balanço é favorável, alguns modelos analisados apresentaram um aumento no consumo de energia com o adensamento do entorno. Os modelos com a proteção solar tipo veneziana nas aberturas apresentaram os melhores resultados.

Palavras-chave: Sombreamento; Entorno construído; desempenho energético.

ABSTRACT

The energy performance of buildings has been frequently studied considering only the building itself besides the importance of urban surrounding. Thus, the aim of this study is to analyze energy performance of buildings in an urban context. Based on data collected a representative building model was used as a base case of computer simulations, which were made using the DesignBuilder software. A group of typologies have been simulated, determined from variables such as sun protection and absorption coefficient of the envelope, as well as the urban variable referred to sky obstruction from the adjacent buildings. The analysis variable considered in this article was the cooling load. From the results, it was observed that the shading caused by adjacent buildings contributes to reduce the energy consumption for cooling, but the balance is not always favorable, some models showed an energy consumption increase. Considering the solar protection in openings, the use of louver conducted to a better energy performance.

Keywords: Shading; Urban surrounding; Energy performance.

1 INTRODUÇÃO

O crescente processo de urbanização tem gerado diversos problemas que afetam diretamente a qualidade ambiental das cidades. Os crescentes problemas energéticos

nacionais e mundiais tornam essencial que as edificações sejam projetadas e construídas de acordo com critérios que garantam a sua adequação ao clima em que se inserem. Por meio desta adequação, pode-se obter a satisfação do usuário quanto às condições térmicas dos ambientes internos, evitando-se, em consequência, o desperdício de energia elétrica com condicionamento artificial da edificação (LAMBERTS; CARLO; TOCCOLINI, 2005).

Tendo em vista que é de vital importância a preocupação com o consumo excessivo de eletricidade para o condicionamento de edificações, visto que esta demanda ocorre, com frequência, nos horários de pico de consumo. Somam-se ainda à problemática, novos investimentos para geração elétrica através de soluções pouco sustentáveis, como em termoelétricas por queima de carvão ou gás natural. O setor residencial é um grande consumidor de energia, sendo a redução desse consumo um dos objetivos do programa nacional de conservação de energia (BRASIL, 2012). Todo edifício construído depende de uma quantidade de energia para sua manutenção, utilizada para iluminação artificial, elevadores, sistemas de segurança, automação, climatização, entre outros. Algumas escolhas e definições são feitas na concepção do projeto, por exemplo, ao se escolherem os tamanhos das aberturas, define-se a iluminação natural disponível internamente e, conseqüentemente, a dependência de iluminação artificial durante o dia. Quando se escolhe a implantação, o formato e as dimensões do pavimento, o sistema de aberturas, os materiais construtivos, define-se também a necessidade de sistemas de condicionamento ambiental artificial (BENEDETTO, 2007).

É consensual, entre diversos autores, a importância do projeto de arquitetura para o desempenho energético de uma edificação. Olgay (1998) afirma que os princípios bioclimáticos de uma arquitetura adaptada ao meio ambiente podem ser empregados nos edifícios residenciais, como estratégia de composição e de caracterização do espaço, desde a concepção do projeto. Logo após a crise do petróleo, ocorrida na década de 70, diversos países direcionaram recursos e linhas de pesquisa para o desenvolvimento de fontes alternativas de energia e sistemas mais eficientes. Grande atenção foi voltada ao desempenho energético das edificações (setores residencial, comercial e público), responsáveis por uma parcela significativa do consumo de energia elétrica na maioria dos países (MENDES; LAMBERTS; CUNHA 2005).

Nesse contexto, o estudo realizado por Santana (2006) permitiu demonstrar os parâmetros que mais influenciam no consumo de energia na tipologia construtiva de edifícios. No estudo, analisou-se, através de simulações computacionais desenvolvidas com o *software EnergyPlus*, os seguintes parâmetros: fator de projeção, entorno, coeficiente de sombreamento dos vidros, percentual de área de janela na fachada, transmitância térmica das paredes e da cobertura e orientação. Dentre os parâmetros analisados, a porcentagem de janela na fachada foi a variável que apresentou resultados mais significativos, sendo que a cada 10% de aumento de área de janela, o consumo de energia sobe 2,9%. Para edifícios com grandes áreas de parede, o fator de absorvência demonstrou grande influência, observando redução de 1,9% do consumo de energia para cada alteração de 10% na absorvência. Na comparação entre modelos com paredes claras e escuras, o consumo de energia variou em 15,1%. A utilização de proteções solares, quando simulados para todas as orientações, demonstrou uma redução de 12% no consumo de energia.

Na pesquisa de Wong e Li (2007), sobre a eficácia de dispositivos de sombreamento na redução do consumo de energia para refrigeração, nas orientações leste e oeste, em Singapura, os autores identificaram uma redução de 2,62% a 3,24% na carga para refrigeração em ambientes cujas janelas possuíam dispositivo de proteção solar

horizontal com 30 cm de profundidade. Para a profundidade de 60 cm, o estudo revela uma economia de 5,85% a 7,06% e, para o dispositivo com 90 cm de profundidade, a redução na carga para refrigeração do ambiente varia de 8,27% a 10,13%.

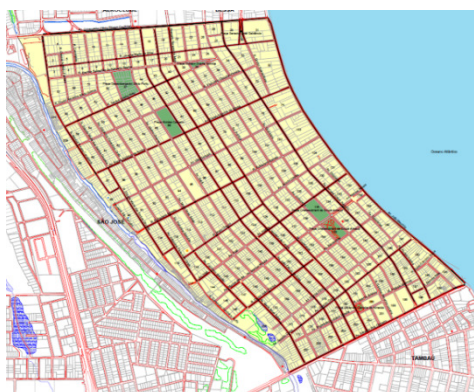
Objetivando contribuir para a eficiência energética das edificações inseridas no clima quente e úmido, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência no desempenho térmico (consumo de energia para refrigeração) de variáveis na envoltória das edificações (dispositivos de sombreamento e coeficiente de absorção solar) inseridas em diferentes configurações de cenário urbano.

2 METODOLOGIA

2.1 Caracterização da área

O recorte urbano escolhido para a presente pesquisa abrange o bairro de Manaíra, localizado na região leste do município de João Pessoa-PB, com densidade bruta entre 43 e 70 hab/ha e predominância de edificações residenciais. Nos últimos anos, tem-se observado uma tendência na substituição do padrão horizontal das edificações (casas) pela verticalização (edifícios). As figuras 1 e 2 ilustram o mapa do bairro e uma fotografia com panorama geral do bairro.

Figura 1 – Mapa do recorte urbano em estudo



Fonte: Adaptado da PMJP (2013)

Figura 2 – Vista panorâmica



Fonte: Arquivo dos autores

De acordo com o Código de Obras de João Pessoa, a classificação da área em estudo se enquadra na Zona Residencial 1 (ZR1), com amostra contemplando edifícios com mais de 5 pavimentos, considerado a implantação da tipologia predominante do uso R6. Tal categoria de edifício não possui limite de altura, sendo a mesma limitada pelos afastamentos dentro do lote.

2.2 Levantamento de dados

A coleta de dados foi realizada junto a Secretaria de Planejamento da Prefeitura Municipal de João Pessoa (SEPLAN), sendo a primeira etapa do trabalho destinada a obtenção do número total de edifícios residenciais situados no bairro de Manaíra com mais de cinco pavimentos. Como recorte temporal, as unidades escolhidas apresentam Habite-se a partir de 2000, sendo esta restrição estabelecida de modo a caracterizar a tendência atual da construção civil para a área, configurada por edifícios em altura. O bairro possui 230 edificações residenciais com mais de cinco pavimentos, definiu-se um recorte de 10% do total, representativos das características das construções, locais, a amostra final é de 25 edificações, escolhidas aleatoriamente. As informações

necessárias para realização das análises foram obtidas a partir do projeto legal (plantas, cortes e fachadas). Ao final da etapa, os dados foram mapeados e organizados em fichas descritivas.

2.3 Desenvolvimento da tipologia predominante

Após a tabulação de dados quantitativos e qualitativos obtidos na pesquisa de campo, pôde-se formular uma edificação típica (tipologia predominante) que, apesar de não existir no universo da pesquisa, reúne as características mais frequentes encontradas nos 25 edifícios levantados. O conjunto de variáveis obtido dos levantamentos foi: tipologia do terreno e da edificação; área dos apartamentos tipo; número de apartamentos por andar; número de pavimentos e número de pavimentos tipo; altura do pavimento tipo; orientação das fachadas; percentual de área de janela e de parede nas fachadas; elementos de proteção solar e características construtivas gerais (estrutura, laje, paredes, revestimentos, cor e vidros).

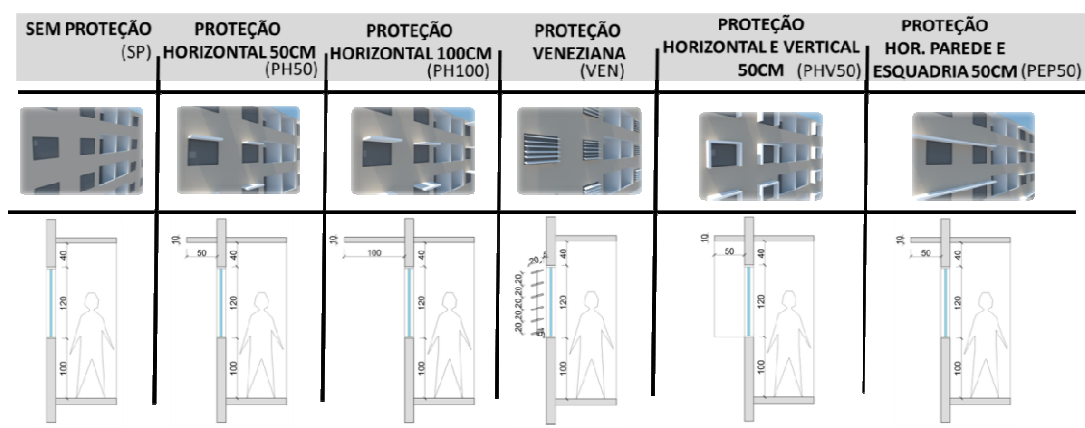
2.4 Simulação computacional e criação de modelos

O comportamento térmico dos modelos em estudo foi simulado com o programa DesignBuilder. O período de simulação corresponde a um ano, considerando o comportamento das variáveis hora a hora. Do ponto de vista de condicionamento térmico, foi considerado o uso do ar condicionado no setor íntimo (quartos) no período noturno. Durante o dia, utilizou-se a ventilação natural em todos os setores do apartamento. Para a inserção dos materiais que constituem os elementos construtivos da tipologia predominante foi utilizada a biblioteca de componentes especificadas pela norma ABNT 15220-2 (ABNT, 2005). As variáveis construtivas testadas nas simulações foram: proteção solar, entorno e absorvância, detalhadas a seguir.

2.4.1 Proteção solar

Foram adotados seis tipos de proteção solar nos modelos em análise: proteção solar horizontal sobre os fechamentos transparentes, com profundidade de 50 cm e 100 cm; proteção solar mista sobre os fechamentos transparentes - horizontal e vertical, com profundidade de 50 cm; proteção horizontal contínua, sobre o fechamento opaco e transparente, com profundidade de 50 cm; veneziana cobrindo toda a área dos fechamentos transparentes, com inclinação de 15°. Os elementos verticais e horizontais são em placas de concreto, com exceção da tipologia veneziana, que é de alumínio.

Figura 3 – Variações de tipologias de proteção solar



Fonte: Elaborado pelos autores, 2013.

2.4.2 Entorno

Para a análise do entorno foram simulados três casos: o primeiro caso, denominado Cenário I, corresponde à situação isolada da edificação, ou seja, sem entorno; o segundo caso corresponde às edificações existentes atualmente no recorte adotado, denominada Cenário II; o terceiro cenário (Cenário III) corresponde a uma situação máxima de adensamento, respeitando as diretrizes estabelecidas pelo Código de Obras do local.

2.4.3 Coeficiente de absorção solar

Para a análise da influência da absorvância das paredes externas no ganho térmico no interior das zonas analisadas, considerou-se para o caso base (SP) o valor da absorvância encontrado a partir do índice de refletância médio definido por Leal (2013) em estudo realizado no mesmo recorte urbano. A refletância média da amostra foi 58,65, logo, o valor de absorvância média é 41,35. Com o intuito de avaliar a influência da absorvância das paredes externas no comportamento térmico e energético da edificação analisada, foram adotados valores extremos de absorvância - máxima e mínima, 0,90 e 0,20.

2.5 Tratamento dos dados

Os resultados das simulações foram tratados estatisticamente, adotou-se o teste Wilcoxon na comparação entre postos. Através desses testes foi elaborada uma escala gradual comparativa de desempenho entre os modelos analisados, como também foi encontrada a diferença estimada entre os modelos, através do intervalo de confiança livre de distribuição. Para todos os testes, foi adotado o nível de significância de 0.05. Estendendo as análises, os resultados foram convertidos em valores monetários, convertendo o consumo em reais (R\$), de modo a obter um comparativo mais concreto, utilizando-se das taxas cobradas pela concessionária de energia local (Energisa).

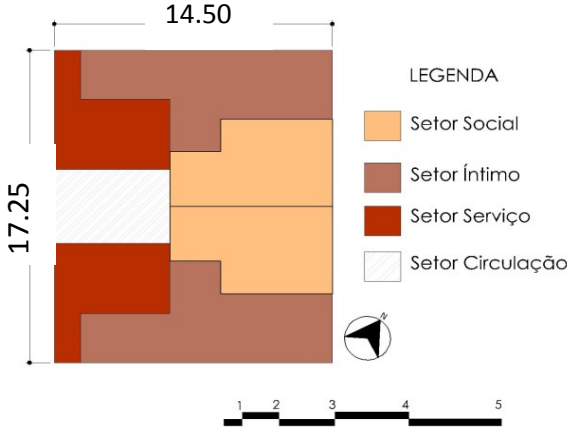
3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 Caracterização da tipologia predominante

A partir da análise dos levantamentos dos aspectos destacados anteriormente e de maior recorrência no universo analisado, pôde-se definir a tipologia predominante com as características mais representativas. No quadro 1, apresenta-se a planta representando os setores de cada apartamento adotados para o modelo. Essa mesma setorização foi adotada para o estabelecimento de zonas térmicas, totalizando 3 zonas por apartamento

(zona social, íntima e serviço). O setor de circulação não foi considerado uma zona térmica, portanto, não foi simulado. Observam-se também as características gerais da tipologia predominante, assim como o número e altura dos pavimentos, percentual de janela na fachada, etc.

Quadro 1 – Caracterização da tipologia predominante

| PLANTA BAIXA | PARÂMETRO | TIPOLOGIA PREDOMINANTE |
|---|---------------------------------------|---|
| <p data-bbox="300 600 785 660">Figura 4– Planta baixa com setorização do pavimento tipo da tipologia predominante</p>  | Forma do terreno | Retangular |
| | Forma da edificação | Retangular (14.50x17.25m) |
| | Área do pavimento tipo | 250m ² |
| | Altura pavimento tipo | 2.70m |
| | Número de pavimentos | 26 |
| | Número de pavimentos-tipo | 20 |
| | Nº apartamentos por andar | 02 |
| | Percentual de Janela na Fachada (PJF) | Nordeste: 30% Sudeste: 20% Sudoeste: 10% Noroeste: 20% |
| | Orientação fachada principal | Nordeste |
| | Absortância | 0,4135 |
| | Esquadrias | Alumínio |
| | Vidros | Comum 4mm Incolor |
| | Alvenaria | Tijolo cerâmico oito furos quadrado |

Fonte: Elaborado pelos autores, 2013.

3.2 Desempenho energético

Os resultados mostrados a seguir correspondem às simulações realizadas com a tipologia predominante e suas variações. Os dados se referem ao consumo de energia em kWh requerido pelo sistema de refrigeração tipo split, o qual teve seu funcionamento programado para manter uma temperatura entre 18° e 26° C, no período de ocupação das 22h às 6h.

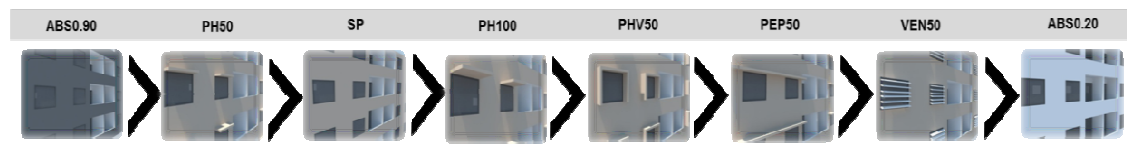
Baseando-se nos resultados encontrados a partir da aplicação do teste de comparação de postos pareados, wilcoxon, foi elaborada uma escala gradual decrescente de eficiência energética dos modelos estudados. O modelo caracterizado como mais eficiente foi o sem proteção com absortância 0.20, seguido do modelo com proteção solar do tipo veneziana. A tipologia predominante não demonstrou uma boa eficiência, ficando na frente apenas do modelo com absortância 0.90 nos cenários atual e máximo adensado, o qual se configurou a partir dos testes como a opção que mais consumiu energia para refrigeração do setor íntimo do apartamento (Figura 5).

A sequência da escala foi similar para o cenário II e III, com pequena diferença no cenário isolado. É possível identificar que nos modelos com proteção solar a necessidade de carga para refrigeração é menor. Dentre as opções que utilizaram

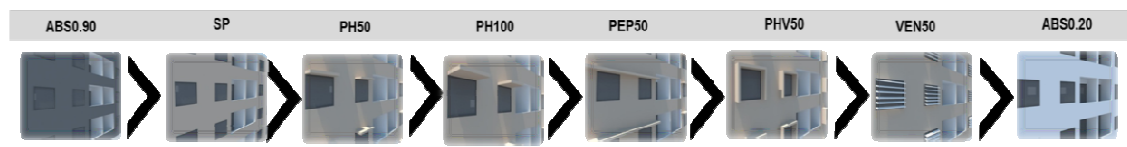
proteção solar, destaca-se a tipologia veneziana como a mais eficiente para todos os cenários, e a proteção horizontal de 50 cm como a menos eficiente.

Figura 5– Escala gradual decrescente de desempenho energético dos modelos

CENÁRIO I



CENÁRIO II e III



Fonte: Elaborado pelos autores, 2013.

Sob o ponto de vista quantitativo, foram feitas comparações dos resultados horários de cada modelo, estas estão apresentadas no quadro 2, abaixo. O modelo sem proteção com absorvância 0.90 apresenta carga de até 0,54 kWh a mais que a tipologia base, dentro de um intervalo de confiança que varia de 0,53 kWh a 0,55 kWh. Para o cenário com alto grau de obstrução essa diferença diminui um pouco, passa a ser 0,44 kWh.

No modelo mais eficiente, sem proteção solar e absorvância de 0.20, observa-se redução de 0,23 kWh no consumo de energia para refrigeração, em relação à tipologia base, quando inserido em um cenário isolado. No cenário atual (II) observa-se uma redução no consumo de energia, em relação a tipologia base, na ordem de 0,21 kWh. A menor redução ocorre no cenário máximo adensado, onde a diferença estimada entre esses modelos é 0,17 kWh.

O modelo com proteção solar mais eficiente, a veneziana, apresentou uma redução máxima de 0,24kWh em relação à tipologia predominante, quando situada no cenário isolado. Ao comparar o modelo menos eficiente com a proteção solar tipo veneziana, observa-se, para o cenário isolado, diferença estimada de 0,80 kWh. Para o cenário atual a diferença é de 0,76 kWh. A menor diferença entre esses modelos ocorreu no cenário máximo (III), na ordem de 0,65 kWh (Quadro 2).

Convém destacar o comparativo entre os modelos mais eficientes, sem proteção com absorvância 0.20 e com proteção tipo veneziana e absorvância 0.41. As diferenças foram pequenas, chegando ao máximo de 0,05 kWh.

Quadro 2– Valores referentes ao intervalo de confiança para consumo de energia para refrigeração (kWh)

| INTERVALO LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO | | |
|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| Modelos | Diferença estimada | Intervalo livre de distribuição |
| CI_ABS0.90 x CI_SP | 0.54 | 0.53 A 0.55 |
| CII_ABS0.90 x CII_SP | 0.54 | 0.53 A 0.55 |
| CIII_ABS0.90 x CIII_SP | 0.44 | 0.43 A 0.45 |
| CI_ABS0.20 x CI_SP | - 0.23 | - 0.24 A - 0.22 |
| CII_ABS0.20x CII_SP | - 0.21 | - 0.22 A - 0.21 |

| | | |
|-----------------------------|--------|-----------------|
| CIII_ABS0.20 x CIII_SP | - 0.17 | - 0.18 A - 0.17 |
| CI_ABS0.90 x CI_ABS0.20 | 0.78 | 0.78 A 0.80 |
| CII_ABS0.90 x CII_ABS0.20 | 0.76 | 0.74 A 0.78 |
| CIII_ABS0.90 x CIII_ABS0.20 | 0.62 | 0.60 A 0.63 |
| CI_VEN x CI_SP | - 0.24 | - 0.25 A - 0.23 |
| CII_VEN x CII_SP | - 0.20 | - 0.21 A - 0.18 |
| CIII_VEN x CIII_SP | - 0.20 | - 0.20 A - 0.19 |
| CI_ABS0.90 x CI_VEN | 0.80 | 0.78 A 0.82 |
| CII_ABS0.90 x CII_VEN | 0.76 | 0.74 A 0.78 |
| CIII_ABS0.90 x CIII_VEN | 0.65 | 0.63 A 0.66 |
| CI_ABS0.20 x CI_VEN | - 0.03 | - 0.04 A - 0.02 |
| CII_ABS0.20 x CII_VEN | - 0.05 | - 0.05 A - 0.04 |
| CIII_ABS0.20 x CIII_VEN | - 0.02 | - 0.02 A - 0.01 |

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2013

A influência do entorno também foi analisada. Observou-se uma redução no consumo de energia ao aumentar o grau de obstrução do entorno, mas nem sempre esse balanço é favorável, algumas tipologias apresentaram um aumento no consumo.

As tipologias, predominante e com absorvância 0.90, apresentaram uma redução no consumo de energia em condições de entorno mais adensado. A tipologia predominante apresentou diferenças pequenas ao variar o grau de obstrução do entorno. Quantitativamente, o pico dessa diferença foi de 0,05kWh entre o cenário atual e o máximo adensado.

Já os modelos mais eficientes, com veneziana e o modelo com absorvância 0.20 apresentaram resultados opostos, ao aumentar o grau de obstrução do entorno, o consumo aumentou. Embora esse aumento tenha sido pequeno, comparando o modelo com veneziana no cenário atual (II) com o cenário isolado (I) a diferença encontrada foi 0,04 kWh.

Estendendo as análises, foram feitas comparações entre o consumo mensal e anual dos modelos, nessas análises foram utilizados os resultados apresentados no cenário I (isolado). O consumo energético mensal do edifício de referência (sem proteção e absorvância 0.41 - SP) foi comparado com o consumo do modelo sem proteção com absorvância 0.20 (ABS0.20). As maiores diferenças de consumo foram registradas nos meses de agosto (14,97%), julho (14,26%) e abril (11,97%), como pode ser observado no quadro 3. O que implica na redução de 1748,47 kWh por ano, ou 10,43% (Quadro 3).

Quadro 3– Consumo mensal kWh – tipologia base x absorvância 0.20

| | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | TOTAL |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|-----------------------|
| SP | 2056,02 | 2539,90 | 2312,48 | 1556,33 | 1229,90 | 487,56 | 286,92 | 373,53 | 917,02 | 1251,16 | 1743,52 | 2007,11 | 16761,44 |
| ABS0.20 | 1855,36 | 2288,17 | 2077,69 | 1369,98 | 1088,76 | 430,35 | 246,02 | 317,63 | 822,93 | 1132,45 | 1578,22 | 1805,43 | 15012,97 |
| Diferença Absoluta (kWh) | | | | | | | | | | | | | Economia (kWh) |
| | 200,66 | 251,73 | 234,79 | 186,35 | 141,14 | 57,21 | 40,91 | 55,90 | 94,09 | 118,71 | 165,30 | 201,68 | 1748,47 |
| Diferença Relativa (%) | | | | | | | | | | | | | Economia (%) |
| | 9,76 | 9,91 | 10,15 | 11,97 | 11,48 | 11,73 | 14,26 | 14,97 | 10,26 | 9,49 | 9,48 | 10,05 | 10,43 |

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2013

A mesma análise foi feita com a tipologia veneziana, seu uso promoveu uma economia anual de energia de 1495,50 kWh. Ao dividir esse valor pelo número de apartamentos analisados (6 apartamentos), observou-se que cada um obteve uma redução anual de

249,25 kWh no consumo energético. Desta forma, considerando-se uma taxa de R\$ 0,38765¹ por kWh, a utilização do protetor solar resultou em uma economia anual de R\$ 96,62 por apartamento.

Ao fazer a mesma comparação para o modelo sem proteção, mas com absorvância baixa (ABS 0.20), encontrou-se uma redução na ordem de 1748,47 kWh, dividindo pelo número de apartamento analisados, tem-se uma redução de 291,41 kWh, o que representa uma economia anual por apartamento de R\$ 112,96.

4 CONCLUSÕES

Pode-se concluir que o uso do dispositivo de proteção solar representou uma significativa redução no consumo de energia para refrigeração. O uso da veneziana resultou na redução anual de 1.495,50 kWh, em percentual essa redução foi 8,92%, ficando atrás apenas do modelo com absorvância 0.20, que apresentou uma redução de até 1.748,17 kWh, ou seja, 10,43% de economia.

Sobre a influência do entorno destacam-se dois aspectos:

a) O sombreamento reduz a incidência solar sobre a envoltória, reduzindo assim a carga térmica nos ambientes analisados. Verificou-se que, principalmente nas situações de elevada absorvância e ausência de proteção solar, o entorno tende a favorecer a redução do consumo de energia para refrigeração;

b) O entorno adensado reduz a possibilidade de dissipar o calor armazenado, visto que o adensamento diminui as correntes de ar, assim como maximiza a radiação difusa. Fazendo com que aumente o consumo de energia nessas situações. Esse efeito foi percebido nos modelos que apresentam maior proteção à radiação, através de dispositivos de proteção na abertura e menor coeficiente de absorção.

Maior atenção deve ser dada à influência do entorno no desempenho energético das edificações. Considerando o clima quente e úmido, a ventilação é uma variável de grande impacto no resfriamento das edificações, principalmente no período noturno, quando as temperaturas são mais amenas. O adensamento reduz essa possibilidade, como pode ser observado com os resultados desse trabalho.

Agradecimentos

À Capes, pelo auxílio financeiro, através de bolsa de estudo e ao Laboratório de Métodos Quantitativos Aplicados - LabMEQA, DEP/CT/UFPB, pelo auxílio na análise estatística.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **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, 2005.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Anuário estatístico de energia elétrica 2012** – ano base 2011. Empresa de pesquisa energética – EPE, Rio de Janeiro, 2012.

1

Taxa cobrada pela empresa concessionária local – Energisa Paraíba – Distribuidora de energia; para a tipologia B1 Residencial. Vigência da taxa: 28/08/2012 a 27/08/2013.

BENEDETTO, Gisele Saveriano de. **Avaliação da aplicação do modo misto na redução da carga térmica em edifícios de escritórios nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro.** Dissertação de mestrado – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

CÓDIGO DE OBRAS DE JOÃO PESSOA-PB. Prefeitura Municipal de João Pessoa – Secretaria de Planejamento. João Pessoa/Pb, Agosto de 2001.

LAMBERTS, Roberto; CARLO, Joyce C.; TOCCOLINI, Gisele. **Levantamento De Dados Visando A Definição De Protótipos De Edificações Brasileiras** – Relatório LABEEE - Universidade Federal de Santa Catarina, VERSÃO: FEV 2005.

LEAL, Lilianne de Queiroz. **A influência do entorno sobre as iluminâncias e o ofuscamento em ambientes internos: um estudo de caso em edifícios residenciais multipavimentos no bairro de Manaíra, João Pessoa-Pb.** Dissertação de mestrado - Programa de pós-graduação em Arquitetura e urbanismo – UFPB. João Pessoa, 2013.

MENDES, Nathan; WESTPHAL, Fernando Simon; LAMBERTS, Roberto; CUNHA, José A. Bellini da. **Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil.** Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 47-68, out./dez. 2005.

OLGYAY, Victor. **Arquitectura y clima: manual de diseñobioclimático para arquitectos y urbanistas.** Barcelona: Gustavo Gili, 1998.

SANTANA, M. V. **Influência de parâmetros construtivos no consume de energia de edifícios de escritório localizados em Florianópolis – SC.** Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, 2006.

WONG, NH e S. Li. **A study of the effectiveness of passive climate control in naturally ventilated residential buildings in Singapore.** Buildings and Enviroment, 42: 1395-1405, 2007.