

PERCENTUAL DE ABERTURA NA FACHADA E TIPOS DE FECHAMENTO NO DESEMPENHO TÉRMICO DA EDIFICAÇÃO

Solange M. Leder (1); Andréia C. de Oliveira (2)

(1) Pós-Doutorado, Coordenadora do Laboratório de Conforto Ambiental do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPB, solangeleder@yahoo.com.br, UFPB, Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia – Campus I, Departamento de Arquitetura. Castelo Branco, João Pessoa-PB, (83) 32167378.

(2) Doutoranda no programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFPB, Docente no curso de Arquitetura da FACISA, andreiaoliveira.arq@gmail.com, UFPB, Rua Argemiro de Figueiredo, 1901, Itararé, Campina Grande-PB, (83) 21018800.

RESUMO

Este trabalho investiga o desempenho térmico da envoltória de edificações residenciais de interesse social, em 6 diferentes localidades do estado da Paraíba. De acordo com a norma 15.220 (ABNT, 2005b) as cidades em análise estão inseridas na zona bioclimática 8, contudo, estas possuem algumas diferenças climáticas que merecem ser destacadas como: o regime de precipitação (clima quente e úmido x quente semi-árido) e a altitude (620 metros e nível do mar). Assim, pretende-se verificar quanto essas diferenças impactam no desempenho térmico da edificação tendo como foco a recomendação da norma para o sistema de abertura - aberturas com mais de 40% de percentual da área do piso do ambiente. O programa DesignBuilder foi utilizado para as simulações computacionais do desempenho térmico. Os parâmetros de análise do desempenho térmico da edificação foram: Graus horas para resfriamento, percentual de horas de desconforto e a taxa de renovação do ar. Adotou-se o mesmo modelo de edificação para todas as cidades, este, representa uma habitação de interesse social. A unidade residencial unifamiliar possui 35 m² de área total construída, com os seguintes ambientes: 1 sala, 1cozinha, 1 banheiro e 2 quartos. A edificação, isolada no lote, é térrea e possui a cobertura em duas águas com beiral. As aberturas possuem variações na dimensão e nos tipos de fechamento. A área da abertura é proporcional à área do ambiente, três proporções foram utilizadas: 15%, 30% e 45%. O tipo de fechamento empregado foi: vidro, veneziana de madeira e misto. Para todas as localidades analisadas, a abertura com fechamento em veneziana, nas dimensões de 30% e 45%, apresentou melhor desempenho, seguida pela abertura com fechamento misto.

Palavras-chave: aberturas, desempenho térmico, simulação computacional.

ABSTRACT

This paper investigates the thermal performance of social housing in 6 different locations in the state of Paraíba. According to standard 15220 (ABNT, 2005b) the cities in question are inserted in the bioclimatic zone 8, however, there are some climatic differences, between these cities, that should be highlighted as: precipitation regime (hot humid x hot semi-arid) and altitude (between 200 to 600 meters x sea level). Thus, this research focuses on the thermal performance impact of these differences, considering the standard 15220 recommendation for openings size: more than 40% percentage of the floor area. The DesignBuilder program was used for thermal performance simulation. The performance parameters considered are: cooling degree hours, hours of discomfort, and air change rate. The building model used represents a social dwelling, a single-family residential unit with 35 square meters and the following rooms: 1 living room, 1 kitchen, 1 bathroom and 2 bedrooms. The individual building plot is single storey and has an open gable roof with overhang. The area of the aperture is proportional to the area of the rooms, three ratios were used: 15%, 30% and 45%. Three types of opening enclosures were used: glass, wood shutter and mixed (glass and wood shutter). The wood shutter opening enclosure, size 30% and 45%, achieved the best performance, followed by mixed opening enclosure (glass and wood shutter).

Keywords: windows, computer simulation, thermal performance.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho investiga o desempenho térmico da envoltória de edificações residenciais de interesse social, em 6 diferentes localidades do estado da Paraíba. As cidades escolhidas – Areia, João Pessoa, Monteiro, Patos, Campina Grande e Souza, segundo o Zoneamento Bioclimático Brasileiro - NBR 15.220 (ABNT, 2005b), localizam-se na zona bioclimática 8, embora possua diferenças climáticas no regime de precipitação – clima quente e úmido e clima semi-árido, e na altitude – nível do mar até 600 metros acima do nível do mar. O Zoneamento Bioclimático Brasileiro divide o território nacional em oito zonas, sendo a zona 8 a maior delas, com mais de 53% da área, agrupando cidades com climas distintos. A adoção das mesmas diretrizes construtivas para um grupo de cidades que demonstram comportamentos distintos relativos às suas principais características climáticas tem sido questionada por alguns pesquisadores (PEDRINI, et al., 2009; DAMASCENO, 2011).

As aberturas são responsáveis por uma parcela significativa do consumo de energia das edificações, estudos de Buelow- Huebe (2001) indicam que 20-40% do desperdício de energia nas edificações deve-se às aberturas. Caracterizar o desempenho de diferentes configurações de aberturas é de grande importância para a adequação das normas às condições locais. As recomendações da norma NBR 15.220 quanto às aberturas foram resumidas no anexo C da norma, com percentuais que variam entre pequenas, médias e grandes para ambientes de longa permanência (tabela 1). O tamanho das aberturas foi expresso como percentual de área do piso, como pode ser observado na tabela abaixo (ABNT, 2005). A recomendação para a zona bioclimática 8 é de aberturas grandes e sombreadas. O tamanho das aberturas ou dos fechamentos transparentes pode ser determinado ainda pelo percentual de área da fachada (PAF), como é utilizado no Regulamento Técnico da Qualidade do nível de Eficiência Energética de Edifícios - RTQ-C.

Tabela 1 – Aberturas de ventilação.

Tamanho	A (em % de área do piso)
Pequenas	$10\% < A < 15\%$
Médias	$15\% < A < 25\%$
Grandes	$A > 40\%$

No estudo de Tahmasebi et al (2011) os autores concluem que, em áreas tropicais, dimensões de aberturas entre 34-41% não representam grandes diferenças no consumo de energia. A variável sombreamento, nesse contexto, é ainda muito genérica, pois, dada a dinâmica da trajetória solar, o sombreamento total da abertura frequentemente gera um conflito com a visão do exterior e a entrada de luz natural. Tendo a proteção solar e a iluminação natural como variáveis de análise, no estudo de Cho, Yoo e Kim (2014) a proteção solar de melhor desempenho, para todas as orientações, foi um sistema de elementos horizontais múltiplos. Este sistema se aproxima da tradicional veneziana, que no estudo de Martins (2013) apresentou melhores resultados de economia de energia.

Segundo De Dear e Brager (2002), edifícios naturalmente ventilados são fortemente influenciados pela mudança térmica do exterior. Pessoas que vivem em edifícios naturalmente ventilados, com controle sobre a abertura e o fechamento das janelas, demonstraram uma maior adaptação à variabilidade climática sazonal e à diversidade de temperaturas diárias, assim como, uma tolerância maior às temperaturas acima da zona de conforto. Fechamentos de abertura com venezianas permitem ventilação constante e a visão do ambiente externo, esta última dependendo da dimensão, espaçamento e inclinação das aletas.

Assim, esta pesquisa teve como foco de análise variações nas dimensões e no tipo de fechamentos das aberturas. O método adotado para a investigação foi a simulação computacional. Para a análise do desempenho térmico das edificações os principais métodos utilizados atualmente são: o método do percentual de horas de desconforto por calor e por frio, e o método de graus-hora para resfriamento e para aquecimento. O método de Percentual de horas de desconforto adota como critério de avaliação o total de horas por ano que as temperaturas internas, considerando uma temperatura base, apresentam desconforto por calor ou por frio.

O método Graus-hora para resfriamento ou aquecimento é um dos métodos de avaliação de desempenho termo-energético mais utilizado atualmente. O Graus-hora é calculado tomando-se como base a temperatura de conforto máxima (para resfriamento) e mínima (para aquecimento), que devem ser subtraídas das temperaturas de bulbo seco (Tar). O resultado é o somatório, tomando-se os valores para todo o ano, da diferença de temperaturas, quando estas se encontram acima ou abaixo de uma temperatura base (Tb) somando-se os valores para todo o ano (BARRIOS et al., 2012; GOULART, 1993).

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é verificar o quanto essas diferenças impactam no desempenho térmico da edificação tendo como foco a recomendação da norma para o sistema de abertura - aberturas com mais de 40% de percentual da área do piso do ambiente de uma edificação residencial ventilada naturalmente. As variáveis em análise são a dimensão da abertura e o tipo de fechamento considerando características como sombreamento, ventilação permanente e transparência.

3 MÉTODO

O trabalho de investigação foi desenvolvido tendo como base a simulação computacional. O programa escolhido foi o Design Builder, por ser um dos principais programas utilizados no Brasil e adotar o formato (.EPW) de base de dados climáticos relativo a um ano típico de referência – TRY, permitindo simulações horárias no período de um ano. A versão utilizada nas simulações foi DB 3.0.0.105, publicada em 2012 pela empresa Design Builder Software. Nos itens a seguir serão apresentadas maiores informações sobre a caracterização dos modelos (caso base) e a configuração destes na plataforma do programa.

3.1 Caracterização dos modelos de análise

Para as simulações, foi adotado um modelo representativo de habitação de interesse social desenvolvido pelo Programa Minha Casa Minha Vida, do Governo Federal em parceria com os estados e municípios e operacionalizado com recursos da CAIXA. A unidade residencial unifamiliar possui 35 m² de área total construída, com os seguintes ambientes: 1 sala, 1 cozinha, 1 banheiro e 2 quartos. A edificação é térrea e possui a cobertura em duas águas no sentido leste/ oeste (Figura 1).



Figura 1 – Planta baixa do modelo base.: (A) Perspectiva do modelo base; (B).

As propriedades dos fechamentos opacos foram consideradas constantes em todas as simulações a partir do modelo base que utilizou a combinação especificada na tabela 2 abaixo. A parede é referente ao fechamento, com maior transmitância térmica, sugerido pela norma e a coberta é referente ao fechamento com menor transmitância térmica, sugerido pela norma 15.220 (ABNT, 2005a).

Tabela 2 – Propriedades dos fechamentos opacos – verticais e horizontais.

Descrição	U [W/(m ² . K)]	Ct [kJ/(m ² . K)]	α	ϕ [horas]
Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 5,0 cm	5,04	120	0,20	1,3
Cobertura de telha de barro com 5,0 cm de lâ de vidro sobre o forro de madeira. Espessura da telha: 1,0cm Espessura da madeira: 1,0cm	0,62	34	0,7	3,1

As variáveis de análise nos modelos restringem-se somente às aberturas da edificação, que possuem variações na dimensão da abertura e nos tipos de fechamento. A área da abertura é proporcional à área do ambiente. Três proporções foram utilizadas: 15%, 30% e 45% da área do ambiente. O tipo de fechamento empregado foi: veneziana de madeira, vidro e misto. O fechamento misto corresponde a: 1/3 da área da abertura é em vidro e 2/3 da área da abertura é com veneziana, como mostra a tabela 3.

Tabela 3 – Características dos fechamentos transparentes

Legenda	Descrição	PAP
A1	Janelas de correr com esquadrias de alumínio com 3 cm de espessura e vidro simples de 4 mm incolor sem proteção solar	15%
A2	Janelas de correr com esquadrias de alumínio com 3 cm de espessura e vidro simples de 4 mm incolor sem proteção solar	30%
A3	Janelas de correr com esquadrias de alumínio com 3 cm de espessura e vidro simples de 4 mm incolor sem proteção solar	45%
B1	Janelas de madeira com veneziana fixa horizontal	15%
B2	Janelas de madeira com veneziana fixa horizontal	30%
B3	Janelas de madeira com veneziana fixa horizontal	45%
C1	Janelas de correr com esquadrias de alumínio com 3 cm de espessura e vidro simples de 4 mm incolor (1/3) + veneziana fixa horizontal (2/3)	15%
C2	Janelas de correr com esquadrias de alumínio com 3 cm de espessura e vidro simples de 4 mm incolor (1/3) + veneziana fixa horizontal (2/3)	30%
C3	Janelas de correr com esquadrias de alumínio com 3 cm de espessura e vidro simples de 4 mm incolor (1/3) + veneziana fixa horizontal (2/3)	45%

Os modelos utilizados referem-se a produtos encontrados no mercado. Por exemplo, o modelo A, janela de correr de alumínio, foi modelada com duas folhas, resultando em menos de 50% de abertura para ventilação natural, enquanto representa o percentual de abertura para iluminação natural. No modelo B, a janela foi modelada como veneziana fixa, com menos de 50% de abertura para ventilação natural, mas um percentual bem menor de visão do exterior e área para iluminação natural. Enquanto o modelo C, com solução mista, garante ventilação e iluminação natural constantes, conforme pode ser observado na figura 2.



Figura 2- Modelos de aberturas adotados

3.2 Configuração dos modelos de simulação computacional

O modelo de simulação foi configurado em quatro abas distintas: padrão de ocupação, padrão de construção, padrão de abertura e padrão de consumo energético. O mesmo padrão de ocupação e de consumo energético foi mantido para todas as simulações. O padrão de ocupação do edifício em análise teve como base o trabalho de Tavares (2006). Na definição do padrão de ocupação foi considerado um tipo de uso para os dias da semana (segunda-sexta) e outro para os finais de semana. A composição da família é de 4 pessoas: 1 casal e 2 filhos que estudam no período da manhã. Os quartos são ocupados por no máximo duas pessoas, enquanto a sala e a cozinha são utilizadas por toda a família, a ocupação máxima do banheiro é de um habitante.

Os ambientes são ventilados naturalmente, por tratar-se de habitações de interesse social, com a possibilidade de operação das aberturas que reproduzem hábitos dos ocupantes, com acionamento da rotina para temperaturas do ar interna superior a 26°C. O padrão de uso da iluminação artificial foi determinado por ambiente, com rotinas distintas para os dias úteis e para os finais de semana (TAVARES, 2006). Foram consideradas lâmpadas fluorescentes compactas em todos os ambientes – de 40 W para sala e cozinha, 15 W no banheiro 15 W e 25 W nos quartos. A densidade de potência média é de 4,5W/m². O consumo mensal de energia elétrica, estimado para as duas unidades é de 150 kWh.

A análise do desempenho térmico foi realizada tendo como parâmetros o percentual de horas de desconforto por calor e o graus-hora para resfriamento. Foram utilizadas como referência, temperaturas-base distintas para cada cidade, em função de sua temperatura média anual, como mostra a figura 1. Para Areia, a temperatura base foi de 24,5°C. Em Campina Grande a temperatura base foi de 25°C. Em João Pessoa, a

temperatura base foi de 26,0°C. Em Monteiro a temperatura base foi de 25,5°C. Em Patos, a temperatura base de 26,5°C. E em Sousa, a temperatura base foi de 26,5°C.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa.

Com uma altitude de 620 metros acima do nível mar e clima quente e úmido, do conjunto de cidades analisadas, a cidade de Areia possui o clima mais ameno. Os resultados obtidos para Areia podem ser observados na Figura 2, o fechamento com veneziana (B) apresentou melhor desempenho ao longo do ano, tanto para a variável Graus-hora para resfriamento, inferior a 3.000 horas, como para o percentual de horas de desconforto, inferior a 20%. Nota-se que a variação na dimensão da abertura, de 30% (2) para 45% (3) não representa diferença significativa. No modelo com fechamento misto (C) observa-se um pequeno aumento no percentual de horas de desconforto, diferença maior é observada em relação à variável Graus hora para resfriamento. Com o fechamento em vidro (A) observa-se o pior desempenho, proporcional ao tamanho da abertura – quanto maior a abertura maior o desconforto e o Gh para resfriamento.

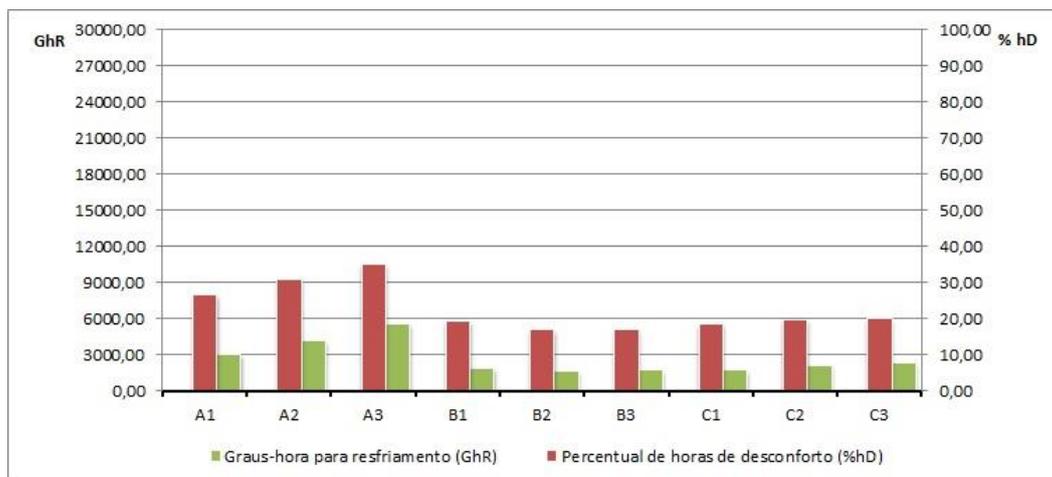


Figura 3 – Desempenho térmico da edificação em análise na cidade de Areia - PB.

Na cidade de Areia, considerando que se trata de um clima mais ameno, a possibilidade de desconforto por frio foi também investigada, porém não foi observada situações com ocorrência de desconforto por frio. As temperaturas mais baixas não ultrapassaram o limite de 18°C.

Na figura 3 observam-se os resultados para a cidade de Campina Grande, localizada a 550 metros acima do nível do mar, clima quente e úmido. O fechamento com veneziana (B) apresentou melhor desempenho ao longo do ano, tanto para a variável graus-hora para resfriamento, inferior a 8.000, quanto para o percentual de horas de desconforto, em torno de 10%. Nota-se que a variação na dimensão da abertura, de 30% (2) para 45% (3) não representa diferença significativa, assim como, o desempenho entre o fechamento com veneziana (B) e o misto (C) é similar.

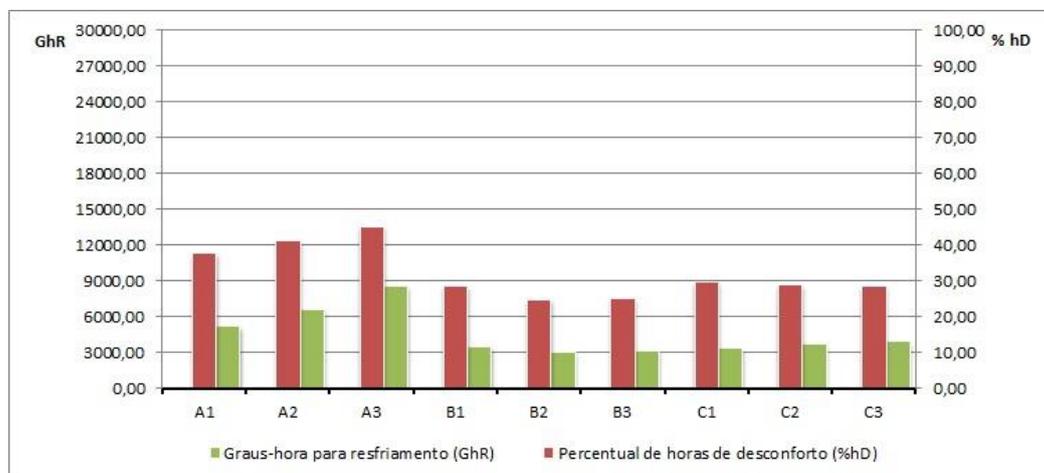


Figura 4 – Desempenho térmico da edificação em análise na cidade de Campina Grande - PB.

Para a cidade de João Pessoa, nível do mar e clima quente e úmido, a veneziana (B) apresenta, novamente, o melhor desempenho (Figura 4), principalmente quando a dimensão da abertura é 30% (2) e 45% (3), o percentual de horas de desconforto é em torno de 55% e o grau horas para resfriamento é de aproximadamente 7.000 horas. As aberturas com dimensões de 30% (2) e 45% (3) da área do piso e fechamento misto (C) apresentam valores um pouco acima: o percentual de horas desconforto é de 60% e o grau horas de resfriamento levemente inferior a 9.000 horas.

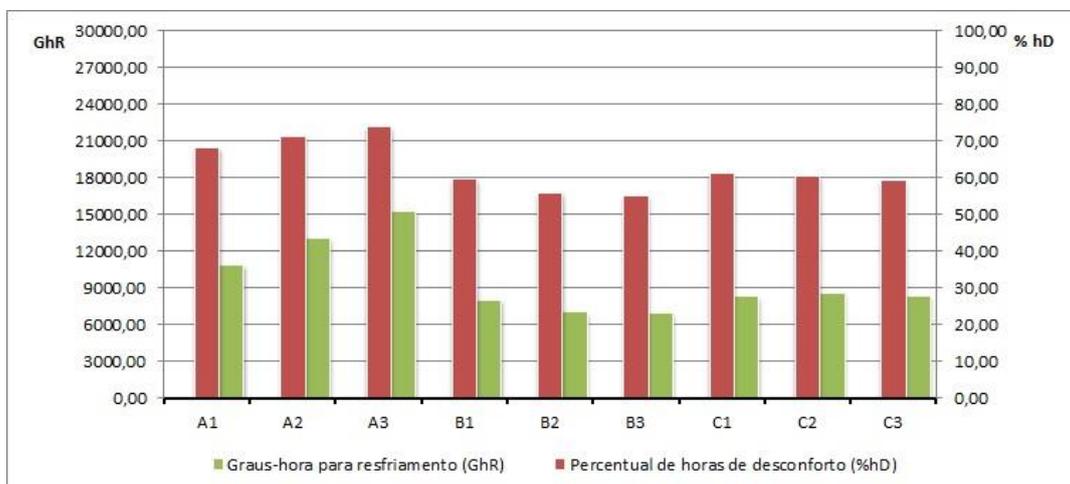


Figura 5 – Desempenho térmico da edificação em análise na cidade de João Pessoa - PB.

Monteiro situa-se a 599 metros acima do nível do mar e o clima é semi-árido. A abertura com fechamento em veneziana (B) continua tendo o melhor desempenho, principalmente quando a abertura possui dimensão de 30% (2) e 45% (3), o percentual de horas de desconforto é de um pouco abaixo de 30% e o grau horas para resfriamento aproximadamente 4.500 horas. O fechamento misto (C) apresentou desempenho um pouco inferior, o percentual de horas de desconforto é acima de 30% e o grau horas para resfriamento um pouco inferior a 6.000 horas (figura 5).

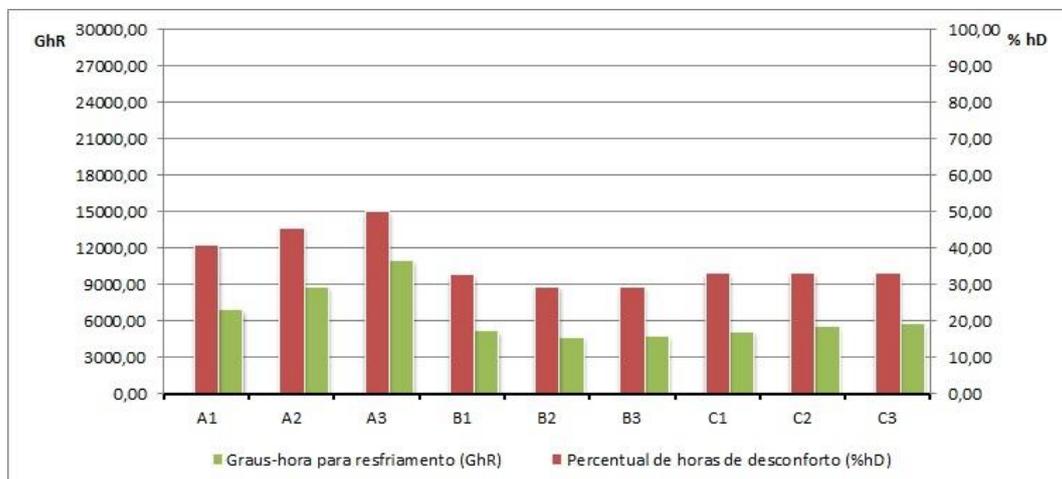


Figura 6 – Desempenho térmico da edificação em análise na cidade de Monteiro - PB.

As cidades de Patos e Souza, respectivamente 242 e 220 metros acima do nível do mar, possuem clima semi-árido. O desconforto térmico é notadamente superior nas duas localidades, quando comparadas às outras cidades analisadas neste trabalho. As aberturas com veneziana (B) e com dimensão de 30% (2) e 45% (3) da área do piso apresentam o melhor desempenho para as duas cidades. O percentual de horas de desconforto é um pouco acima de 50%, nas duas localidades. Para a variável grau horas para resfriamento observa-se em Patos aproximadamente 11.000 horas e em Souza 9.000. Ampliar a abertura de 30% para 45% nessas localidades tem um impacto mais significativo no aumento do desconforto e das horas de resfriamento, no caso mais crítico, em Patos, para as aberturas com dimensão de 30% e 45% as horas de resfriamento atingem o valor de 12.000 horas.

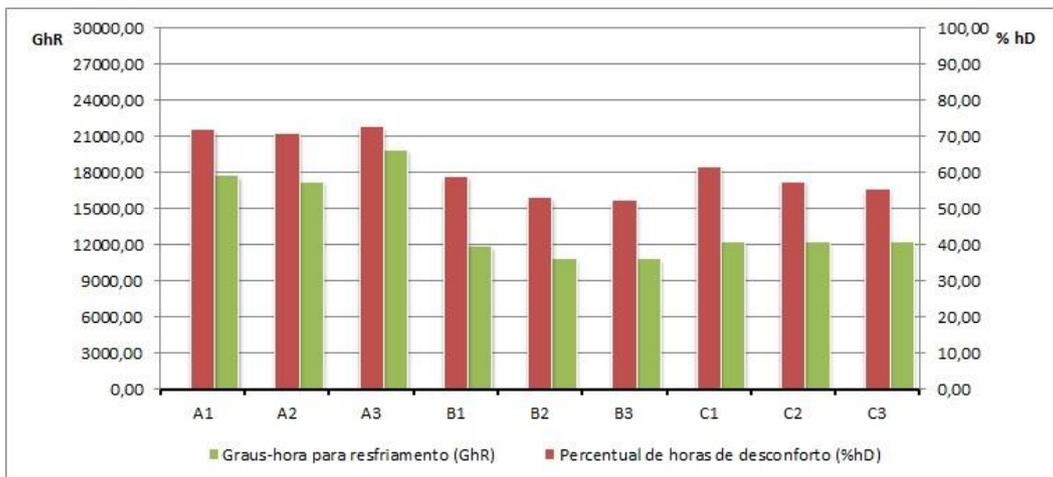


Figura 7 – Desempenho térmico da edificação em análise na cidade de Patos - PB.

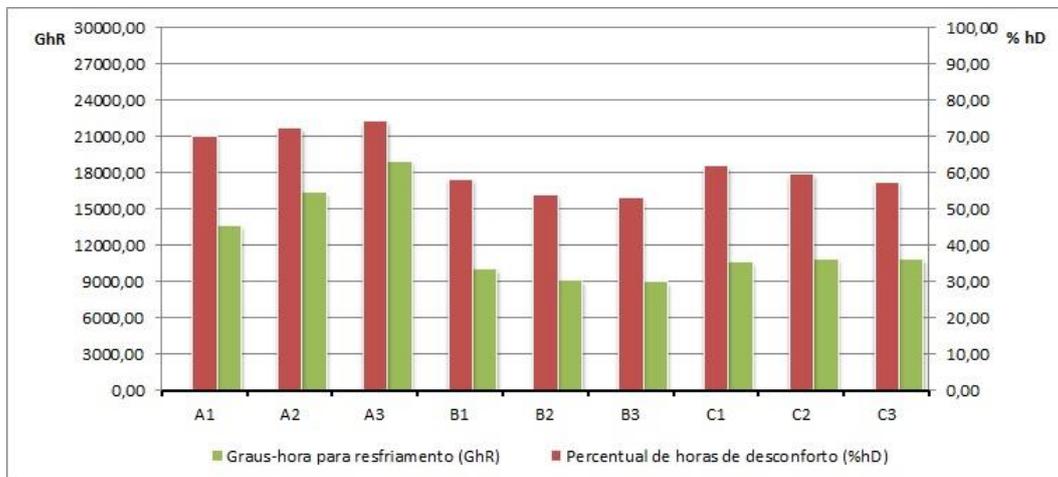


Figura 8 – Desempenho térmico da edificação em análise na cidade de Sousa - PB.

Ao comparar os valores de graus-hora para resfriamento de todas as cidades, é nítido o comportamento similar das aberturas em relação ao aumento das dimensões. As aberturas com fechamento em veneziana de madeira com os valores mais baixos, apresentam melhor desempenho térmico, seguidas pelas aberturas com fechamento misto, que, por sua vez, apresentam a vantagem (não investigada neste trabalho) de possibilitarem melhores condições de iluminação natural e de visão do exterior.

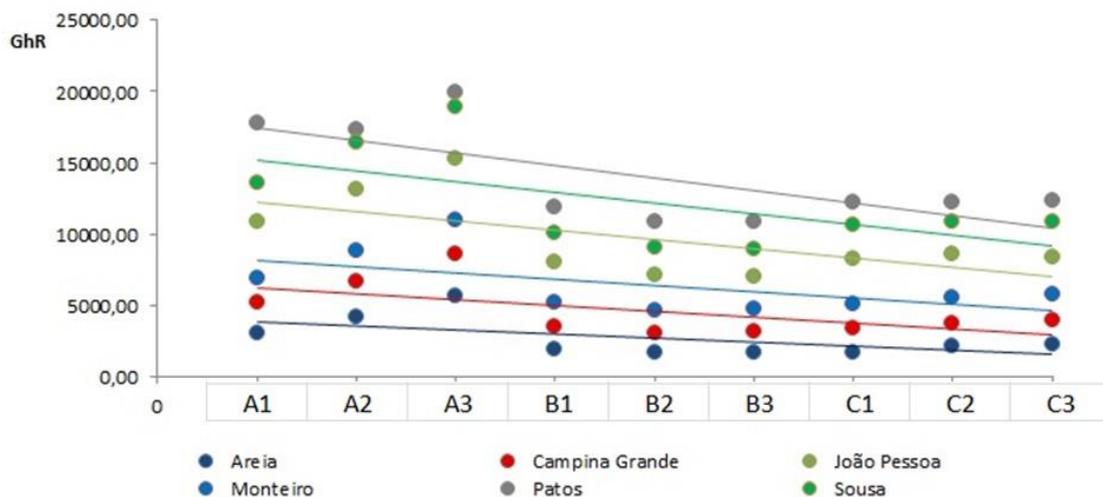


Figura 9 – Comparativo entre o valor de Graus-hora das cidades analisadas.

Ao comparar a influência das aberturas sobre as taxas de renovação de ar, percebe-se um comportamento similar nas localidades em estudo: a abertura em vidro com as menores taxas de renovação do ar, seguida pela abertura mista e, as maiores taxas, ocorrem na abertura com veneziana. Na cidade de Monteiro (quente e seco) as taxas de renovação do ar são as mais baixas. O padrão de ocupação adotado considera que no momento em que os usuários estão em casa as aberturas (em vidro) são abertas (50% da área da abertura), contudo, essa variação não é suficiente para superar a ventilação constante obtida com a veneziana. A abertura mista, apesar de valores inferiores de renovação do ar, apresenta taxas de renovação do ar próximas daquelas obtidas com a abertura em veneziana, principalmente em Areia, Monteiro e Souza, o que reforça a vantagem dessa solução pois esta, possibilita, melhores condições de iluminação e contato com o exterior.

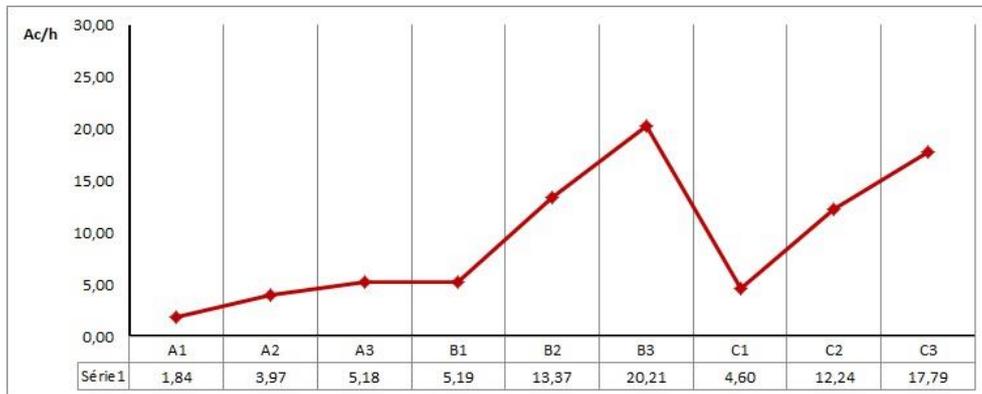


Figura 10 - Renovação de ar em Areia – PB

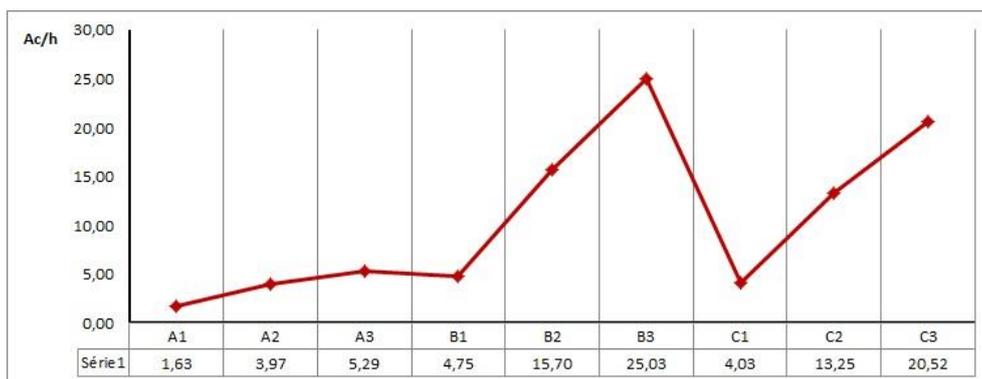


Figura 11 - Renovação de ar em Campina Grande – PB

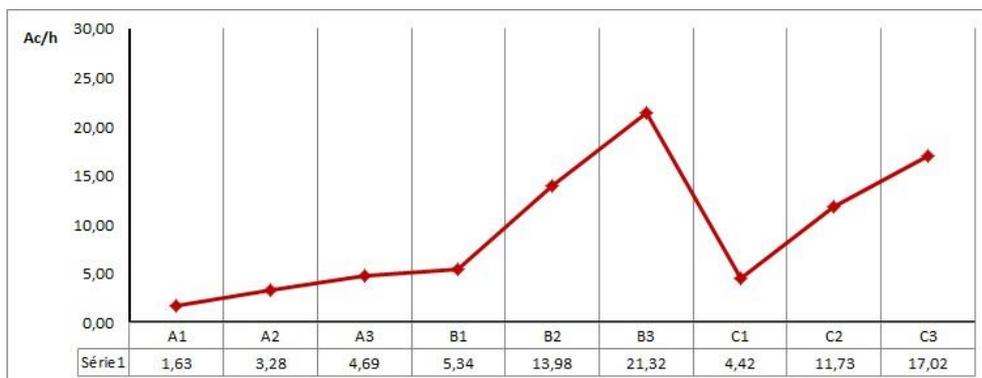


Figura 12 - Renovação de ar em João Pessoa – PB

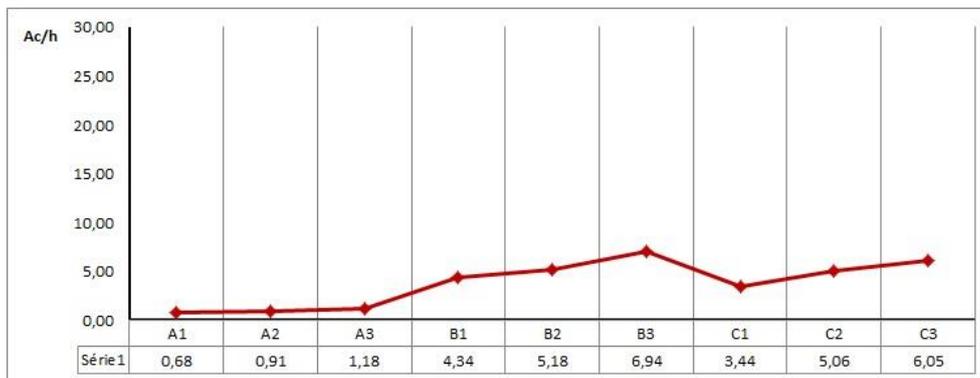


Figura 13 - Renovação de ar em Monteiro - PB

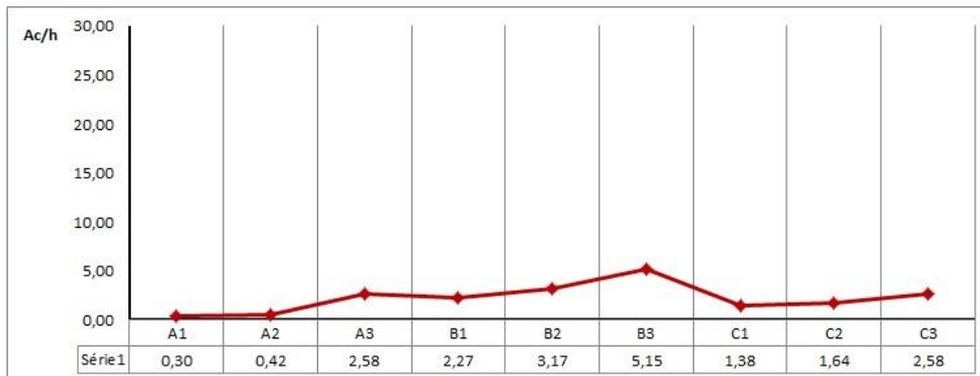


Figura 14 - Renovação do ar em Patos - PB

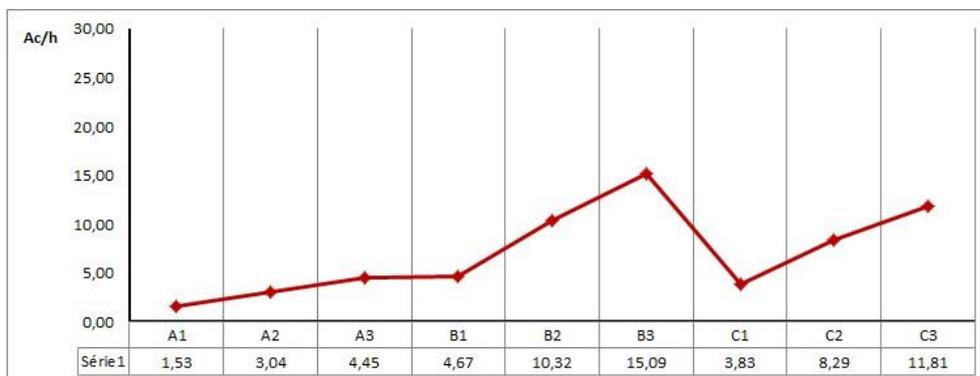


Figura 15 - Renovação de ar em Sousa - PB

5 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que, para as localidades analisadas e considerando as características da edificação objeto desse estudo, a abertura com fechamento em veneziana, nas dimensões de 30% e 45%, apresentou melhor desempenho, seguida pela abertura com fechamento misto. A variação da dimensão da abertura de 30% para 45% (percentual da área de piso) não apresentou diferença significativa no desempenho térmico da edificação em estudo, resultado similar ao estudo de Tahmasebi et al (2011), no qual concluiu-se que, em áreas tropicais, dimensões de aberturas entre 34-41% não representam grandes diferenças no consumo de energia.

A abertura com fechamento misto foi escolhida por agregar as vantagens da veneziana e do vidro, respectivamente: a ventilação natural constante, a iluminação natural e o maior contato com o exterior. O desempenho dessa solução foi um pouco abaixo da abertura com fechamento de veneziana, quanto mais ameno o clima, menor a diferença. Mas, ainda assim, considera-se essa solução adequada, recomendando-se estudos que incluam, além das variáveis térmicas, a iluminação natural e a visão do exterior.

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.
- _____. NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b.
- ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. 2005 ASHRAE Handbook – Fundamentals. p. 30.12. Atlanta, 2005.
- BARRIOS, G. et al. Envelope wall/roof thermal performance parameters for non air-conditioned buildings. *Energy and Buildings*, 50 2012. 120-127.
- BUELOW-HUEBE, H. A energy-efficient window systems: effects on energy use and daylighting in buildings. Lund University (Tese de doutorado). Lund (Suécia), p. 247. 2001.
- CHO, J.; YOO, C.; KIM, Y. Visibility of exterior shading devices for high-rise residential buildings: Case study for cooling energy saving and economic feasibility analysis. *Energy and buildings*, 82 2014. 771-785..
- DAMASCENO, S. R. G. Desempenho térmico e habitação: uma avaliação comparativa no contexto climático da zona bioclimática 8. UFAL (dissertação de mestrado). Maceió, p. 144. 2011.
- DE DEAR, R. J.; BRAGER, G. S. Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. *Energy and Buildings*, 31 2002. 549-561...
- GOULART, S. V. G. Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações em Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina (Dissertação de mestrado). Florianópolis. 1993.
- INMETRO. Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviço e Públicos (RTQ-C). Rio de Janeiro. 2009.
- MARTINS, L. H. A. A influência do sombreamento e da absorvância da envoltória no desempenho térmico e energético de edificações residenciais multipavimentos na cidade de João Pessoa. Universidade Federal da Paraíba (Dissertação de Mestrado). Florianópolis, p. 201. 2013.
- PEDRINI, A. et al. Desempenho térmico de tipologias de habitações de interesse social para seis cidades brasileiras. UFRN. Natal, p. 89. 2009.
- TAHMASEBI, M. M.; BANIHASHEMI, S.; HASSANABADI, M. S. Assesment of the variation impacts of window n energy consumption and carbon footprint. *Procedia Engineering*, 21, 2011. 820-828.
- TAVARES, Sérgio Fernando. Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras. Tese (doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos bolsistas de iniciação científica Yasmin Couto e Rodrigo de Carvalho pela contribuição na etapa de simulação computacional e ao Cnpq pelo apoio financeiro (Programa Pibic).