



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

PROPOSTA DE SAÍDA GRÁFICA PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO

Bianca Negreiros (1); Aldomar Pedrini (2);

(1) Msc, Arquiteta, bn.arquitetura@gmail.com

(2) PhD, Professor do Departamento de Arquitetura, apedrini@ufrnet.br

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Lagoa Nova, CEP 59072-970 Natal - RN BRASIL

RESUMO

A avaliação de desempenho térmico de edificações ventiladas naturalmente comumente emprega variáveis ambientais de conforto térmico, obtidas por meio de monitoramento ou por simulações. As formas mais comuns de quantificar este desempenho utilizam gráficos de distribuição de frequências de temperaturas do ar no ano, contagem de horas de desconforto anual e ocorrências de temperatura acima de um dado valor, como o método de graus-hora. O objetivo do artigo é discutir as vantagens e desvantagens de cada forma e apresentar uma saída para quantificar conforto e desconforto térmico que possa representar a distribuição de ocorrências de temperaturas ao longo das horas do dia, destacando períodos de desconforto ao frio, conforto térmico, conforto com movimento do ar e desconforto ao calor mesmo com movimento do ar. Este tipo de representação auxilia o projetista no momento de definir ocupação de espaços de acordo com seu desempenho ao longo do dia.

Palavras-chave: desempenho térmico, simulação, habitação.

ABSTRACT

The assessment of building thermal performance is often carried out using HVAC energy consumption data, when available, or thermal comfort variables measurements, for free-running buildings. The most common forms to quantify this performance use frequency distribution graphs of air temperatures in the year, counting of annual hours in discomfort and occurrences of temperature above of data value, as the degree-hour method. This article mains to argue the advantages and disadvantages of each form and to present an option to quantify comfort and thermal discomfort that can represent the distribution of temperatures occurrences throughout the hours of the day, detaching periods of discomfort to the cold, thermal comfort, comfort with air movement and discomfort to the heat even with air movement. This type of representation supports the designer at the moment of defining spaces occupation in accordance with its performance throughout the day.

Keywords: thermal performance, simulation, dwelling.

1. INTRODUÇÃO

A análise do desempenho térmico de edificações visa proporcionar edificações confortáveis termicamente e/ou reduzir o consumo de energia de sistemas de condicionamento ambiental (SANTAMOURIS, 2004). Como a maioria das habitações brasileiras é condicionada passivamente, há uma tendência em avaliar o seu desempenho por meio de ocorrências de temperaturas internas, sobretudo das do ar. Assim como indica a NBR 15.575 (ABNT, 2008), as análises podem empregar medições de temperatura do ar em edificações já construídas, ou podem empregar resultados de simulações computacionais, sobretudo quando se está em fase de elaboração de projeto. Há várias formas de avaliar as informações, sendo que as mais comuns são: a) identificação das temperaturas máximas e mínimas, comparando-as com a do exterior; b) identificação das temperaturas ao longo das horas do ano, para identificar quando ocorrem as maiores temperaturas; c) cômputo de ocorrências de temperatura acima de um dado valor, como o método de graus-hora. Entretanto, esse artigo defende que as análises devem considerar as ocorrências de temperaturas ao longo das horas do dia, separando-as em faixas de desconforto ao frio, conforto térmico, conforto com movimento do ar e desconforto ao calor mesmo com movimento do ar. Dessa forma, o desenvolvimento do projeto arquitetônico pode compatibilizar o desempenho com a forma de ocupação dos espaços. Por exemplo, é mais importante que os quartos sejam confortáveis à noite e de madrugada, e que as áreas de estar sejam durante o dia e início da noite. Inclusive, o projetista pode observar o impacto da ventilação e ajustar seu projeto para um maior aproveitamento desses recursos quando eles estão disponíveis.

2. OBJETIVO

O objetivo do artigo é discutir as vantagens e desvantagens de cada forma de representação gráfica para quantificar desempenho térmico e apresentar uma saída para quantificar conforto e desconforto térmico que possa representar a distribuição de ocorrências de temperaturas ao longo das horas do dia, destacando períodos de desconforto ao frio, conforto térmico, conforto com movimento do ar e desconforto ao calor mesmo com movimento do ar.

3. MÉTODOS DE ANÁLISE

No caso das habitações brasileiras as formas mais recorrentes de analisar o desempenho térmico são por meio de ocorrência de temperaturas máximas e mínimas, distribuição de frequências de temperaturas do ar, a contagem de horas de desconforto anual e graus-hora de desconforto. A NBR 15.575 limita a análise a apenas um dia representativamente quente, que atinge uma determinada temperatura máxima. A ocorrência de temperaturas máximas internas é comparada com a máxima externa, a fim de classificar o desempenho.

O RTQ-C define que, para edificações naturalmente ventiladas ou que possuam áreas não condicionadas de longa permanência, é obrigatória comprovação por meio de simulação que internamente os ambientes proporcionem temperaturas dentro da zona de conforto durante um percentual das horas ocupadas. O documento define zona de conforto como “Zona onde existe satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente. Para especificar a hipótese de conforto adotada, utilizar uma das seguintes normas: ASHRAE Standard 55/2004 ou ISO 7730/2005”. Para quantificação das horas dentro da zona de conforto são utilizados gráficos que mostram distribuição de frequências de temperaturas do ar em determinado período de tempo, a contagem de horas de desconforto anual e graus-hora de desconforto.

O método que utiliza a curva de distribuição de frequência de temperatura expressa a frequência de ocorrência de temperaturas ao longo de determinado período de tempo permitindo uma rápida leitura do gráfico. O método permite avaliar a variação de temperatura do ar interna ao longo do tempo, identificar a intensidade de desconforto e os extremos de temperatura no ambiente. No entanto, não há quantificação do tempo de desconforto por não permitir a contagem de horas em desconforto ocorrida no ambiente.

Na dissertação “Análise de desempenho térmico e consumo de energia de residências na cidade de Manaus” (LOUREIRO, 2003), o gráfico da Figura 1 é usado para mostrar a evolução de temperatura ocorridas nos ambientes ao longo do mês de estudo e sua variação em relação ao clima externo. Não é possível identificar a quantidade total de horas em desconforto ocorridas, para isso a autora utiliza um gráfico para complemento da avaliação de desempenho térmico que mostra a variação mensal da quantidade de horas em desconforto das temperaturas monitoradas para a residência (Figura 2).

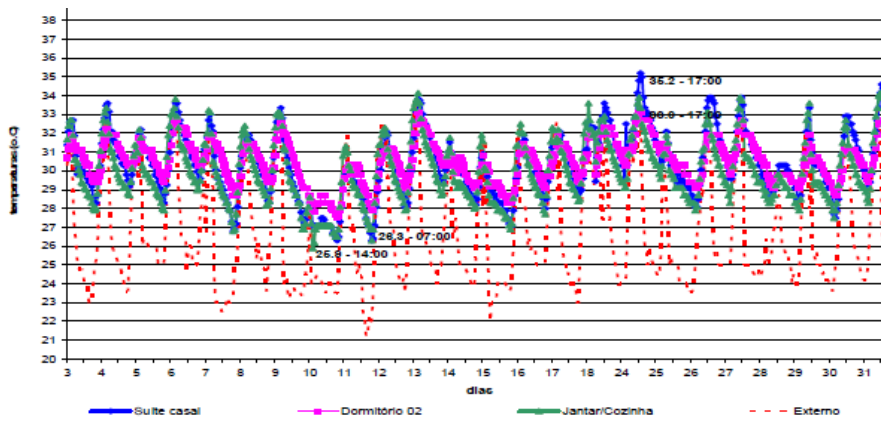


Figura 1. Gráfico de variações das TBS horárias na residência 01- mês de janeiro. (Loureiro, 2003)

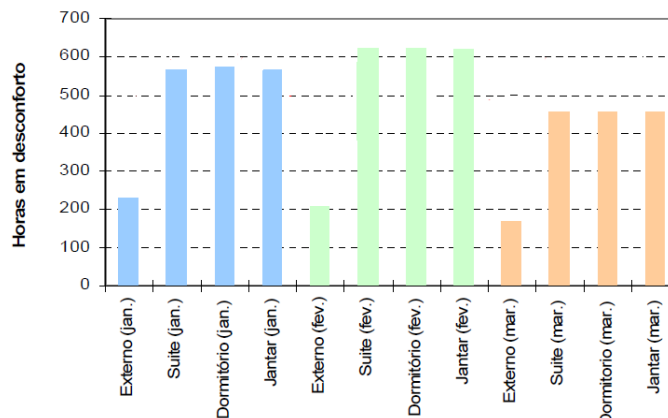


Figura 2. Gráfico de quantidade de horas em desconforto – Residência 01. (adaptado de Loureiro, 2003)

Neste método, de determinação de horas em desconforto, a análise se detém na contagem total de horas com temperatura interna fora da zona de conforto e menor ocorrência de horas de desconforto. Desta forma, através do índice de conforto têm-se quantas horas uma alternativa está em conforto ou não. Assim como na contagem de fração de horas totais de conforto com temperatura do ar interna na zona de conforto, a utilização deste método como única forma de avaliação leva a inobservância da constância de temperaturas do ar ocorridas no período de análise. Esta característica não permite o estudo das temperaturas do ar atingidas, podendo estas ter excedido em muitos graus a temperatura do ar limite, causando grande desconforto, como também pode exceder em poucos graus, não provocando grande desconforto ao usuário, levando-se em conta a possibilidade de adaptação através de métodos simples. Embora seja um método voltado preferencialmente para a predição do consumo de energia em métodos mais simplificados, autores têm usado para avaliação de edificações com condicionamento passivo (ROAF et al., 2001).

Na dissertação “Simulação computacional do desempenho térmico de residências em Florianópolis utilizando a ventilação natural” (MATOS, 2007), o desempenho é quantificado por meio do parâmetro “graus-hora” que representa a contagem em graus das diferenças entre a temperatura interna e a temperatura de conforto, resultando as horas em que é necessário o resfriamento ou aquecimento (horas em desconforto). A área hachurada, acima da linha de temperatura de 26°C representa a quantidade de graus-hora de resfriamento e a área hachurada abaixo da linha de temperatura de 20°C, representa a quantidade de graus-hora de aquecimento (Figura 3). Destaca-se que o número de graus-hora geralmente é calculado para as temperaturas do ar, porém a autora empregou a temperatura operativa (Top) ao invés da temperatura de bulbo seco (TBS) para evidenciar a contribuição da radiação térmica (ou temperatura radiante média). A temperatura operativa é “a temperatura uniforme de um ambiente negro imaginário no qual o ocupante poderia trocar a mesma quantidade de calor por radiação e convecção que no ambiente real não uniforme” (ABNT, 2005) e é calculada de acordo com a Equação 1 da ISO 7730 em que:

$$t_o = A t_a + (1 - A) t_r \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

to: temperatura operativa, em °C

ta: temperatura do ar, em °C

tr: temperatura radiante média, em °C

A :fator que depende da velocidade, de acordo com a Tabela 1

Tabela 1. Valores do fator A em função da velocidade do ar.

| Velocidade do ar (m/s) | A |
|------------------------|-----|
| $v < 0,2$ | 0,5 |
| $0,2 < v < 0,6$ | 0,6 |
| $0,6 < v < 1,0$ | 0,7 |

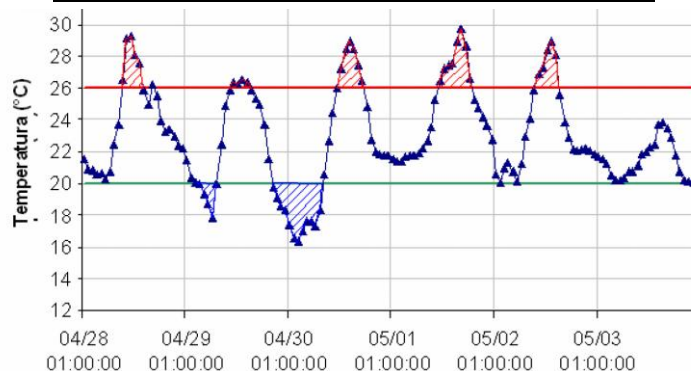


Figura 3. Exemplificação gráfica de “graus-hora” para aquecimento e resfriamento. (MATOS, 2007)

No método de contagem de graus-hora, a contagem de horas em desconforto mostra a intensidade do nível de desconforto, porém a distribuição das temperaturas atingidas ao longo do ano não é percebida, podendo ter um ambiente que atinja temperaturas bem mais elevadas que outro, mesmo os dois tendo o mesmo valor de graus-hora. Este índice geralmente é usado para estimar a energia necessária a ser gasta com sistemas de condicionamento artificial de ar.

Considerando-se, por exemplo, uma zona de conforto entre 25 e 29°C e um gráfico de distribuição de temperaturas ao longo de um dia de dois ambientes, assim chamados caso A e caso B (Figura 4). O gráfico dos dois apresenta o mesmo valor de graus-hora de desconforto (9 graus-hora), no entanto nota-se a diferença das temperaturas registradas nos dois casos. Nesta situação o caso B apresenta temperaturas mais elevadas que o caso A, mas uma avaliação baseada apenas no método de graus-hora não deixaria clara esta informação. Ocultando esta distribuição de temperaturas se torna impossível uma análise mais completa como a discussão: é mais desejável ter um ambiente com temperatura de bulbo seco pouco acima do limite de conforto por mais tempo, ou que o ambiente tenha temperatura de bulbo seco muito acima do limite de conforto por pouco tempo?

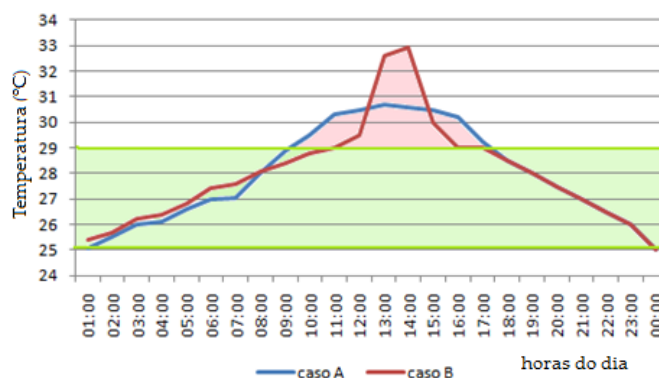


Figura 4. Gráfico de temperatura horária para representação de graus-horas.

Na pesquisa “Desempenho térmico de tipologias de habitações de interesse social para 6 climas brasileiros”, baseado no projeto de pesquisa “Avaliação de projetos de habitação popular da Caixa Econômica Federal” (PEDRINI, 2007), iniciada em 2004, realizou simulações de centenas de modelos de habitações empregando os programas VisualDOE 4 (ARCHITECTURAL ENERGY CORPORATION, 2005), DesignBuilder (DESIGNBUILDER SOFTWARE LTD, 2000-2005) e TAS (EDSL, 2001), com diferentes níveis de profundidade. Como o objetivo da pesquisa foi a determinação de recomendações projetuais para arquitetos da Caixa Econômica Federal, procurou-se adotar formas simplificadas para representar o desempenho de cada edificação. A primeira forma adotada foi a contagem da frequência de horas fora da zona de conforto. Os resultados horários das simulações foram avaliados quanto ao número de

horas de desconforto, tal qual empregado em trabalhos anteriores (BÁRTHOLO et al., 1999; LAMBERTS et al., 1999; ROAF et al., 2001).

O critério de escolha se deteve apenas na menor ocorrência de horas de desconforto (Figura 5). Para facilitar a leitura, mudou-se a contagem da frequência para as horas que ocorreram temperatura do ar de dentro dos cômodos da habitação entre 19 e 29°C, limites de desconforto ao frio e ao calor, respectivamente, como as recomendações de Givoni e no programa Analysis (LAMBERTS et al., 2003). Essa forma de representação demonstrou ser pouco sensível às variações dos casos analisados.

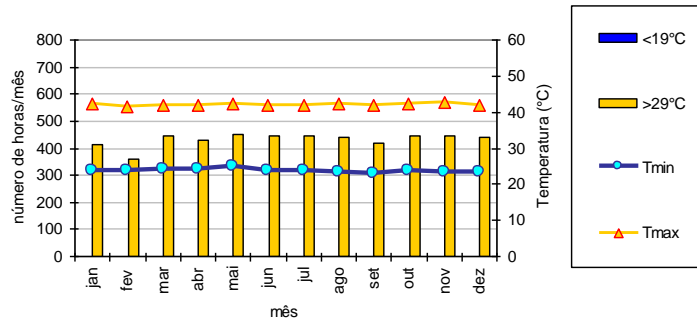


Figura 5. Gráfico de avaliação do desempenho de um caso original para Belém (PEDRINI, 2007).

Com o desenvolvimento da dissertação intitulada “Proposta de um método de classificação e de desempenho térmico de residências” (OLIVEIRA, 2006) concomitante à pesquisa “Desempenho térmico de tipologias de habitações de interesse social para 6 climas brasileiros”, foi proposto outro critério para avaliar o desempenho de forma mais completa, com a adoção de quatro zonas, que são identificadas na análise de distribuição de temperatura do ar (Tabela 2).

Tabela 2. Modelo proposto de avaliação do desempenho térmico.

| Condições | Intervalos de temperatura | Referências |
|---|--|--|
| Desconforto ao frio | $T < 19^{\circ}\text{C}$ | Givoni (1992) |
| Conforto térmico sem ventilação | $19 \leq T \leq 29^{\circ}\text{C}$ | Givoni (1992) |
| Conforto térmico com ventilação de até 1m/s | $29^{\circ}\text{C} < T \leq 33^{\circ}\text{C}$ | Humphreys (NICOL, 2004) e Szokolay e Docherty (1999) |
| Desconforto ao calor | $T > 33^{\circ}\text{C}$ | Humphreys (NICOL, 2004) e Szokolay e Docherty (1999) |

As quatro zonas de classificação de conforto térmico podem ser avaliadas no gráfico de distribuição de frequência acumulada em intervalos de temperaturas. Por exemplo, no caso da cidade Salvador, comparações de resultados simulados dos ambientes de uma habitação para dois casos (projeto original e otimizado), demonstram que há mais ocorrência de temperaturas internas mais altas do que o exterior, e que a otimização do modelo melhorou o desempenho, principalmente na redução de desconforto ao calor (Figura 6 e Figura 7).

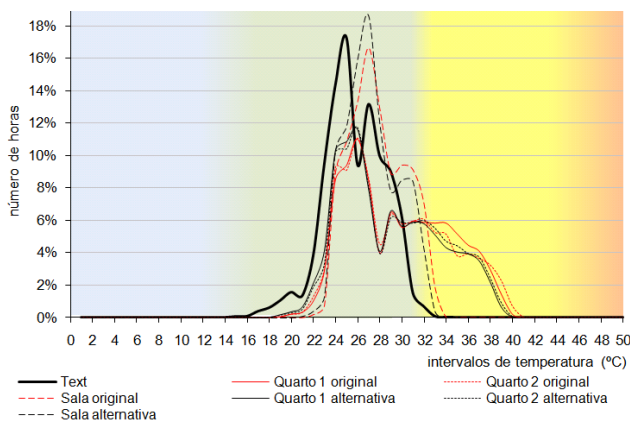


Figura 6. Gráfico de comparações de temperatura, para caso base e proposta otimizada, no clima de Salvador (PEDRINI, 2007)

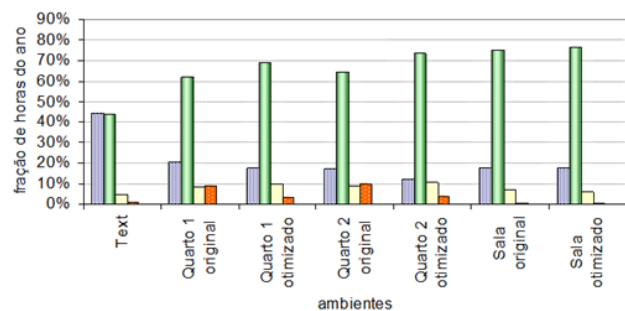


Figura 7. Gráfico de frequências de ocorrências (PEDRINI, 2007)

Como sugerido por Matos (2007), a temperatura operativa passou a ser considerada nas análises (ISO, 1994). O cálculo para obtenção da temperatura operativa seguiu a Equação 1 de acordo com a ISO 7730. A questão da adaptabilidade foi implementada com a adoção da uma faixa de conforto térmico que relaciona a temperatura média do ar externo com um intervalo de temperatura operativa interna (DE DEAR e BRAGER, 2002).

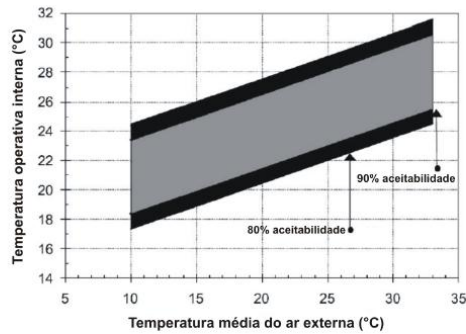


Figura 8. Norma de conforto adaptativo proposta pela ASHRAE Standard 55-2004 para edificações naturalmente ventiladas (DE DEAR e BRAGER, 2002).

Como a temperatura operativa também é influenciada pela velocidade do ar, as análises consideraram a velocidade no interior da edificação com base na correlação identificada com as renovações calculadas pelo *DesignBuilder*, velocidade de ar na entrada das aberturas e velocidade média no interior dos cômodos da edificação identificadas com o programa TAS (Figura 9). Com a simulação das renovações do ar dos ambientes foram questionadas maneiras de estimar a velocidade do ar interna e seu impacto sobre o limite da temperatura de desconforto ao calor.

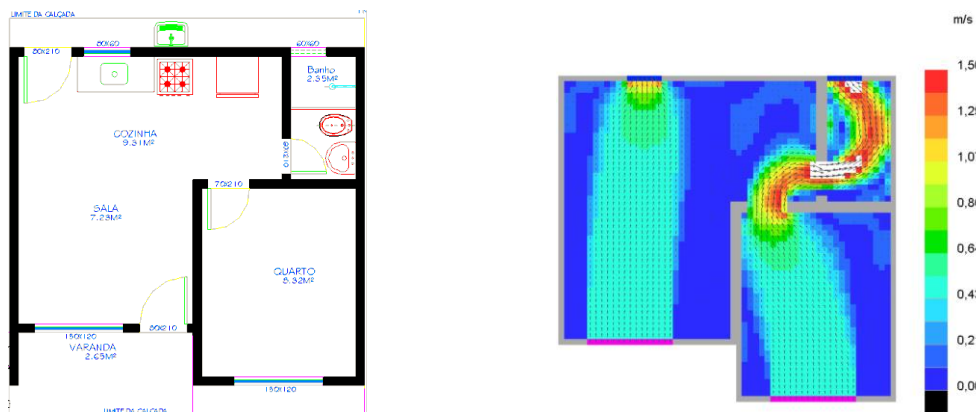


Figura 9. Simulações do escoamento do ar para uma determinada taxa de renovação de ar (PEDRINI, 2007).

Ao final, a curva de distribuição era apenas empregada nas análises (Figura 10) e somente a ocorrência de horas em conforto térmico era apresentada (Figura 11). Até o momento de conclusão da pesquisa, a maior dificuldade encontrada foi a identificação de um método de análise sensível à temperatura de bulbo seco, temperatura radiante média e à velocidade do ar.

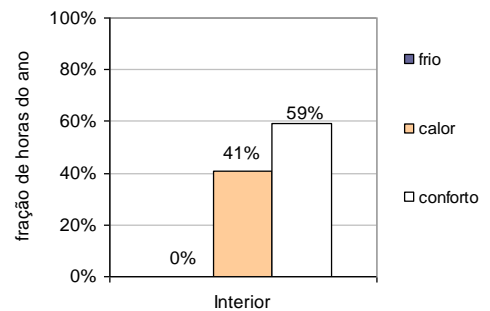
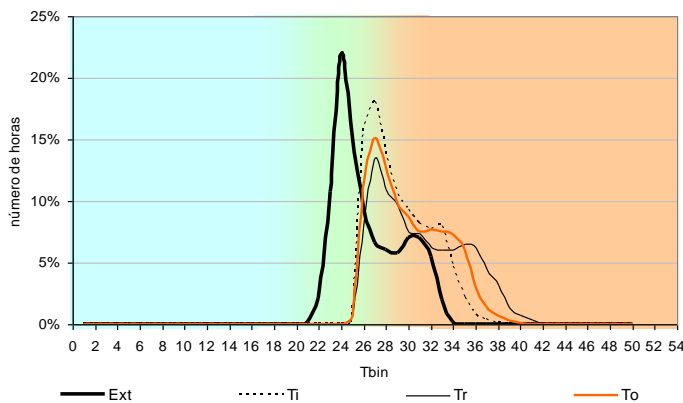


Figura 10. Distribuição de frequências para a sala da habitação (PEDRINI, 2007).

Figura 11. Ocorrências e horas de conforto para a sala da habitação (PEDRINI, 2007).

Demais estudos também fazem referência à importância de considerar a temperatura radiante média em suas análises. Para Al-Homoud (2005), uma análise que leve em consideração tanto a temperatura do ar como a temperatura radiante média é indicado para avaliar desempenho térmico. O autor indica o uso de temperatura operativa por esta ser numericamente uma temperatura média ponderada que integra a influência da temperatura do ar e temperatura radiante média com base respectivamente em seus coeficientes de transferências de calor convectivo e radiante. Em seu estudo para melhoria do desempenho térmico de edificações residenciais e de escritórios, Al-Homoud (2005) utilizou para avaliação de edificações condicionadas ativamente o parâmetro de menor gasto de energia elétrica durante o ano. Para edificações ventiladas naturalmente, se utilizou a avaliação de temperatura operativa junto aos limites de conforto estabelecidos pela norma ASHRAE 55-1992. Este limite de conforto é aceito para faixas de temperatura operativas desde que assumindo uma ocupação leve com atividades sedentárias ($\leq 1,2$ met), 50% de umidade relativa e velocidade média do ar ≤ 30 fpm (0,15m/s) com 10% de insatisfação durante o inverno e verão resultando numa faixa de conforto de $20 \leq t_o \leq 29$ °C.

Van der Linden et al (2006) apresentou orientações para conforto térmico em edificações na Holanda relacionando temperaturas operativas com dois tipos diferentes de edificações classificados de acordo com seus sistemas de ventilação. Para os dois tipos de edificação foram especificados limites para 90, 80 e 65% de aceitação de clima interno das edificações, limitados de acordo com a pesquisa de Dear e Brager (2001), o valor de 65% foi especialmente calculado para a pesquisa.

4. MÉTODO

Devido às limitações dos recursos gráficos de estudos anteriores e devido às novas necessidades de análise, propôs-se a elaboração de uma nova proposta de saída gráfica, também considerando as necessidades do projetista, deixando claro o maior número de informações possíveis.

Observou-se que a variação de temperatura do ar internas dos ambientes ao longo do dia e o grau de desconforto são fatores importantes para uma possível correlação com momentos mais favoráveis de ocupação. A presença desta variação de temperatura permite a avaliação da variação das zonas térmicas presentes nos ambientes permitindo a identificação dos períodos de maior conforto e a escolha de momentos mais favoráveis para ocupação. Como por exemplo, garantir que quartos fiquem em áreas mais confortáveis durante a noite enquanto que demais ambientes o sejam durante o dia. Assim, foi desenvolvido um gráfico por meio de uma planilha eletrônica que representa a variação de zonas térmicas delimitadas ao longo das horas do dia, todos os dias do ano.

O índice de conforto utilizado para originar a saída gráfica foi o índice de Dear e Brager que relaciona a temperatura média do ar externo com um intervalo de temperatura operativa interna. Esta faixa de conforto é recomendada para uso apenas sob as seguintes circunstâncias:

- Espaços condicionados naturalmente onde as condições térmicas são controladas principalmente pelos usuários através da abertura e fechamento de janelas;
- Espaços que podem ter aquecimento artificial, mas o método não se aplica quando em funcionamento;
- Espaços onde não haja sistemas mecânicos de resfriamento;
- Espaços onde haja sistemas de ventilação mecânica, porém sem condicionamento de ar;
- Os ocupantes devem estar em atividade sedentária (1-1,4 met) e aptos à livre adaptação de vestimenta e condições térmicas entre o interior e o exterior.

O modelo é representado pela Equação 2 e seu limite de conforto utilizado foi de $\pm 2,5$ °C que é considerado para 90% de pessoas satisfeitas (Figura 8).

$$T_c = 0,31T_e + 17,8$$

Equação 2

Em que:

T_c é temperatura de conforto, em °C

T_e é temperatura média mensal externa, em °C

Cálculo de temperatura Neutra

O primeiro passo para a realização do gráfico é o cálculo da temperatura neutra ou temperatura de conforto. Esta é calculada utilizando a equação de temperatura neutra do índice de conforto utilizado. Este se baseia na temperatura média mensal externa para fazer cálculo da temperatura neutra, que foi calculada para cada dia como uma média da temperatura dos 30 dias anteriores a ele, por considerar que esta seria uma temperatura mais representativa para a aclimação do usuário do ambiente.

Calculo dos limites das zonas térmicas

Os limites das zonas térmicas de desconforto ao frio e de conforto são calculados de acordo com as variações para temperatura de conforto estabelecida pelo índice de conforto. O índice de de Dear e Brager estabelece uma variação de $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ para a zona de conforto. Para temperatura abaixo dessa variação foi considerada valor dentro da zona de desconforto ao frio. Para valores maiores foi enquadrado dentro dos próximos limites estabelecidos: conforto por uso de ventilação ou desconforto ao calor.

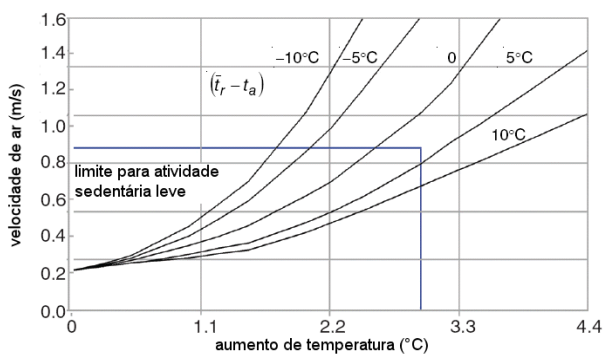
Em seguida passou-se para o estabelecimento do limite da zona de conforto com uso de ventilação e de desconforto ao calor. Este foi calculado utilizando a equação que considera a velocidade do ar para aumento da temperatura limite de conforto para este índice. Segundo a ASHRAE Standard 55-2004 (OLESEN, 2000), que utiliza o índice de de Dear e Brager, além da velocidade do ar, também é considerada a diferença entre as temperaturas radiante e temperatura do ar (Figura 12). A velocidade do ar limite considerada foi de 0,8m/s devido aos efeitos provocados por velocidades mais elevadas segundo a norma.

Através do gráfico da Figura 12 e do programa DataFit version 9.0.59 (OAKDALE ENGINEERING, 2009) chegou-se a equação de correlação entre velocidade do ar e diferença entre temperatura radiante e do ar a seguir:

$$dT = a + b \cdot x_1 + c \cdot x_2 + d \cdot x_1^2 + e \cdot x_2^2 + f \cdot x_1 \cdot x_2 + g \cdot x_1^3 + h \cdot x_2^3 + i \cdot x_1 \cdot x_2^2 + j \cdot x_1^2 \cdot x_2,$$

Em que:

dT é o aumento de temperatura por uso da velocidade do ar, em $^{\circ}\text{C}$
 x_1 representa a diferença entre temperatura radiante e do ar, em $^{\circ}\text{C}$
 x_2 representa a velocidade do ar, em m/s e as constantes est



| Valores das constantes | | |
|------------------------|-------------|-------------|
| a=-8,95E-03 | e=4,86 | i=-1,61E-02 |
| b=9,03E-03 | f=0,14 | j=2,48E-03 |
| c=1,67 | g=-1,33E-04 | |
| d=-2,18E-04 | h=-3,58 | |

Figura 12. Velocidade do ar para aumento do limite de temperatura de conforto (adaptado de ASHRAE Standard 55-2004)

O valor resultante da equação foi somado ao limite de conforto e assim estabelecido o limite da zona de conforto com uso de ventilação. Para todas as temperaturas acima desse valor foi considerado dentro da zona de desconforto ao calor. Os limites de cada zona térmica não são fixos, uma vez que estão em função da temperatura externa por se tratar de índices adaptativos.

Identificação de ocorrência de conforto térmico de ambientes

A identificação de ocorrência de conforto térmico ocorre calculando-se a temperatura operativa de cada hora do ano e comparado-a com os limites preestabelecidos. A temperatura operativa é calculada com a equação definida pela ISO 7730.

A Figura 13 mostra detalhes de uma das planilhas desenvolvidas demonstrando os cálculos efetuados para composição do gráfico. A Figura 14 exemplifica o gráfico resultante. Através do gráfico é possível visualizar a distribuição das faixas de temperatura atingidas ao longo do dia durante todo o ano, identificando os horários de pico, a intensidade do nível de desconforto e fazer a contagem percentual do total de horas do ano dentro de cada faixa de temperatura.

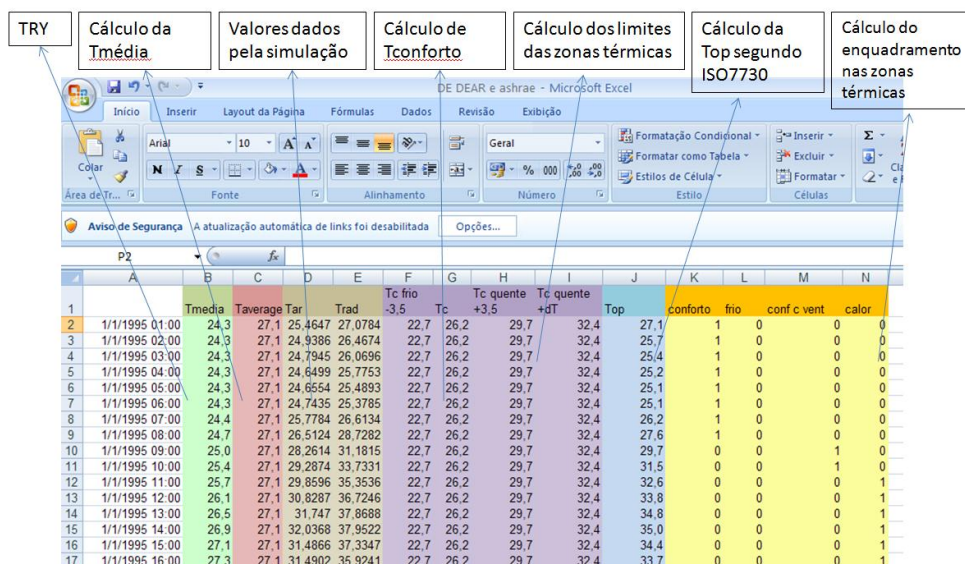


Figura 13. Detalhes da planilha.

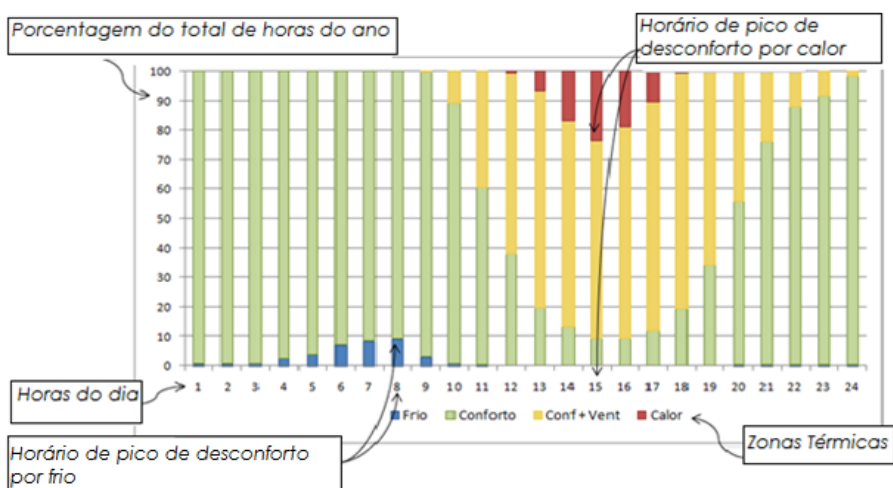


Figura 14. Exemplo de gráfico para avaliação de desempenho térmico desenvolvido

5. CONCLUSÕES

A saída gráfica elaborada para visualização dos resultados das simulações foi desenvolvida através da contagem de horas de conforto e desconforto nas 24 horas do dia em todas as horas do ano resultando numa grande quantidade de dados para serem analisados, agrupados da melhor maneira encontrada para visualização. O gráfico resultante mostrou ser adequado para apontar as variações de temperatura ao longo do dia, durante todas as horas do ano, possibilitando a identificação do grau de desconforto registrado e de momentos mais adequados para ocupação dos ambientes. Entretanto, deixa de mostrar pequenas diferenças na frequência de horas ocorridas quando estas ocorrem dentro da mesma zona térmica não acarretando grande perda de informação uma vez que a diferença de frequência nas temperaturas é relativamente pequena, não chegando a influenciar o nível de conforto ou desconforto sentido.

A análise de desempenho pode ainda ser dividida em intervalos de tempo menores (estações do ano) permitindo um exame mais específico sobre os períodos do ano com clima diferenciado e assim possibilitando melhor estudo das necessidades de cada período para atingir conforto na edificação.

A análise de ocorrência de conforto ou desconforto nas horas do dia demonstra ser eficaz para identificar desempenho da habitação, o que é essencial para tomar as providências de melhoria do projeto arquitetônico. A análise se torna ainda mais específica ao separá-la por estações do ano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. Desempenho térmico de edificações Parte 1: Definições, símbolos e unidades.: Desempenho térmico de edificações Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. Parte 1: Requisitos gerais: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2008.
- AL-HOMOUD, M. S. A Systematic Approach for the Thermal Design Optimization of Building Envelopes Journal of Building Physics [S.I.], v. v. 29, n. n. 2, p. p. 95-119, 2005.
- ARCHITECTURAL ENERGY CORPORATION. VisualDOE 4. San Francisco, CA USA2005.
- BÁRTHOLO, Á. D. M. et al. Projeto de uma Residência Energeticamente Eficiente em Foz do Iguaçu. In: XV SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Foz do Iguaçu. FURNAS Centrais Elétricas SA, 1999.
- CABÚS, Ricardo C.. TropLux: um sotaque tropical na simulação da luz natural em edificações. In: IV Encontro Latino-Americano e VIII Encontro Nacional Sobre Conforto no Ambiente Construído, Maceió, 2005, Anais... Maceió, ENCAC-ELAC 2005. CD-ROM.
- CORREIA, Paulo. Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil: Pesquisa na Classe Comercial – AT. Ecoluz , 2007 Disponível em: <<http://www.eletronbras.com/pci/main.asp>>. Acesso em: abr. 2007.
- DE DEAR, R. J.; BRAGER, G. S. Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. Energy and Buildings [S.I.], v. 34, n. 6, p. 549-561, JUL 2002.
- DE DEAR, R.; BRAGER, G. Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference. International Journal of Biometeorology [S.I.], v. v. 45, p. p. 100-108, 2001.
- DESIGNBUILDER SOFTWARE LTD. DesignBuilder. 2000-2005.
- EDSL. Developers of Tas. v. 2001. n. July: EDSL, 2001.
- Energy Efficiency and Renewable Energy. Building Technologies Program - Weather Data. Disponível em: <www.eere.energy.gov/buildings/EnergyPlus>. Acesso em: abr. 2007.
- ENERGYPLUS. EnergyPlus Engineering Reference. The Reference to EnergyPlus Calculations. EnergyPlus, set., 2007.
- GHISI, EneDir; TINKER, John A.. An ideal window area concept for energy efficient integration of daylight and artificial light in buildings. Building and Environment, v. 40, n. 1, p 51-60, jan. 2005.
- GIVONI, B. Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines. Energy and Buildings [S.I.], v. 18, n. 1, p. 11-23, 1992.
- ISO (Ed.) ISO 7730 Moderate Thermal Environments - Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort. Geneva: International Standards Organisation, 2nd ed. 1994.
- Laboratório de eficiência energética em Edificações. Arquivos Climáticos. Disponível em: <www.labeee.ufsc.br>. Acesso em: set. 2006.
- LAMBERTS, R. et al. Designing an Energy Efficient Demonstration House for Foz do Iguaçu, Southern Brazil. In: Proceedings of the PLEA99' Conference, 22-24 September, Brisbane / Austrália. 1999.
- _____. Analysis Bio. Florianópolis, SC2003.
- LOUREIRO, K. C. G. Análise de desempenho térmico e consumo de energia de residências na cidade de Manaus. (2003). 139p. f. - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- MATOS, M. Simulação computacional do desempenho térmico de residências em florianópolis utilizando a ventilação natural. (2007). (Mestre) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil UFSC, Florianópolis, 2007.
- NICOL, F. Adaptive thermal comfort standards in the hot-humid tropics. Energy and Buildings [S.I.], v. 36, n. 7, p. 628-637, JUL 2004.
- OLIVEIRA, A. G. D. Proposta de método para avaliação do desempenho térmico de residências unifamiliares em clima quente-úmido. (2006). Mestrado - Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.
- PEDRINI, A. Relatórios internos de modelagem e análise de resultados de análise do desempenho térmico de habitações da Caixa Econômica Federal UFRN. Natal. 2007
- PEREZ, Richard; PIERRE, Ineichen; SEALS, Robert; MICHALSKY, Joseph; STEWART, Ronald. Modeling daylight availability and irradiance components from direct and global irradiance. Solar Energy, v. 44, n. 5, p 271-289, 1990.
- REINHART, Christoph F.. Tutorial on the use of Daysim Simulations for Sustainable Design. Institute for Research in Construction, National Research Council Canada, Ottawa, Canada, ago. 2006.
- REINHART, Christoph F.; WALKENHORST, Oliver. Validation of dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a test office with external blinds. Energy and Buildings, v. 33, n. 7, p 683-697, set. 2001.
- ROAF, S. et al. Ecohouse : a design guide. Boston, MA: Architectural Press, 2001.
- SANTAMOURIS, M. (Ed.) Energy performance of residential buildings: a practical guide for energy rating and efficiency: Earthscan James and James Publicationsed. 2004.
- SOUZA, Marcos B. Potencialidade de Aproveitamento da Luz Natural Através da Utilização de Sistemas Automáticos de Controle para Economia de Energia Elétrica. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- SOUZA, Roberta V. G. DE; PEREIRA, Fernando O. R.. Primeira estação de medição de iluminação natural em território brasileiro: análise dos dados dos dois primeiros anos de funcionamento. Ambiente Construído, v.4, n. 3, p 79-94, Porto Alegre, jul.-set., 2004.
- SZOKOLAY, S. V.; DOCHERTY, M. (Eds.) Climate Analysis. Passive and Low Energy Architecture International Design Tools and Techniques. Brisbane: PLEA in association with Department of Architecture, The University of Queensland, p.56, Passive and Low Energy Architecture International Design Tools and Techniquesed. 1999.
- VAN DER LINDEN, A. C. et al. Adaptive temperature limits: A new guideline in The Netherlands. A new approach for the assessment of building performance with respect to thermal indoor climate. Energy and Building [S.I.], v. v. 38, n. n. 1, p. p. 8-17, 2006.
- WINKELMANN, Frederick C.; SELKOWITZ, Stephen. Daylighting Simulation in the DOE-2 Building energy Analysis Program. Energy and Buildings, v. 8, n. 4, p 271-286, dez. 1985.