



Avaliação do conforto térmico nas residências convencional e inovadora do “Projeto CASA”, Unioeste, Campus de Cascavel

Carlos Eduardo Camargo Nogueira^{1*}, Jair Antonio Cruz Siqueira¹, Samuel Nelson Melegari de Souza¹, Rosana Krauss Niedzialkoski² e Naimara Vieira do Prado²

¹Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, R. Universitária, 2069, 85819-110, Cascavel, Paraná, Brasil. ²Curso de Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: cecn1@yahoo.com.br

RESUMO. Este trabalho teve por objetivo comparar os níveis de conforto térmico nas residências convencional e inovadora do Projeto CASA (Centro de Análise de Sistemas Alternativos de Energia) da Unioeste – campus de Cascavel, Estado do Paraná. As medidas dos parâmetros de conforto térmico foram realizadas com a utilização de termo-higrômetros digitais, nos diversos cômodos das residências e na área externa, em diferentes horas do dia. Foi utilizado o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para comparar os resultados obtidos. Verificou-se que a residência inovadora apresentou Índices de Temperatura e Umidade menores que os verificados na casa convencional, justificando sua arquitetura diferenciada para a obtenção de um maior conforto térmico.

Palavras-chave: índice de temperatura e umidade, conforto térmico residencial, residência inovadora.

Evaluation of the thermal comfort in conventional and innovative residences of “Projeto CASA”, Unioeste, Campus of Cascavel

ABSTRACT. This study aimed to compare the thermal comfort levels in conventional and innovative residences of Projeto CASA (Center of Alternative Energy System Analysis) from UNIOESTE – campus of Cascavel. The measures of the thermal comfort parameters were accomplished using digital thermo-hygrometers, in all of the rooms of the residences and in the outer area, in different hours of the day. We used the Temperature and Humidity Index to compare the obtained results. The innovative residence presented lower values of Temperature and Humidity Index than the conventional residence, justifying its differentiated architecture in order to obtain a higher thermal comfort.

Keywords: temperature and humidity index, residential thermal comfort, innovative residence.

Introdução

O conforto térmico é uma característica apresentada pelo meio ambiente e pelas edificações, que indica a satisfação do ser humano com o ambiente térmico em que se encontra. Santos e Andrade (2008) afirmam que o conforto térmico é uma condição que expressa a satisfação do indivíduo com o ambiente térmico. Essa característica afeta diretamente o desempenho das atividades realizadas pelos indivíduos em seu interior e apresenta grande influência sobre a saúde humana. Donaisky et al. (2010) afirmam que o conforto térmico tem efeitos diretos na produção e na satisfação de cada indivíduo. Condições climáticas urbanas inadequadas significam perda da qualidade de vida para uma parte da população, enquanto para outra, conduzem ao aporte de energia para o condicionamento térmico das edificações (ANDREASI et al., 2010; LAMBERTS et al., 1997).

O conforto térmico humano e sua resposta fisiológica ao estresse térmico dependem de uma série de fatores, como a produção de calor metabólico pelo organismo, fatores ambientais (velocidade do vento, temperatura do ar, umidade relativa etc.) e tipo de vestimenta que o indivíduo está usando (BARRADAS, 1991). Nas últimas décadas, inúmeros trabalhos foram desenvolvidos com o intuito de avaliar o conforto dos ambientes ocupados pelos indivíduos, e como consequência, um grande número de índices de conforto térmico foi estabelecido, podendo-se citar o Índice de Desconforto (THOM, 1959), o Índice de “Wind-Chill” (SIPLE; PASSEL, 1945) e Índice de Temperatura Efetiva (ONO; KAWAMURA, 1991).

Uma versão alternativa do Índice de Desconforto é proposto por Giles et al. (1990), sendo também denominado de Índice de Temperatura e Umidade (ITU), em que a temperatura ambiente (T_a) é dada

em °C, e a umidade relativa (UR) é dada em termos percentuais (%), conforme apresentado na equação 1.

$$ITU = T_a - 0,55(1 - 0,01UR)(T_a - 14,5) \quad (1)$$

Esse índice é utilizado para avaliar o conforto humano em regiões de clima quente, verificado durante a estação de verão. Ele considera que a evaporação do suor é uma maneira natural de resfriar a temperatura do corpo. Quando o ar está muito úmido, contudo, a perda de calor por evaporação é reduzida. Por isso, um dia quente e úmido parecerá mais quente e desconfortável que um dia quente e seco. Valores de ITU acima de 25 indicam desconforto para a maioria das pessoas, enquanto valores entre 15 e 20 são aceitos pelas pessoas como sendo confortáveis. Valores entre 21 e 24 indicam um valor crescente de desconforto.

Este trabalho comparou os Índices de Temperatura e Umidade de duas residências com concepções construtivas diferentes, sendo uma convencional e outra com proposta inovadora, para cada um dos cômodos e em diferentes horas do dia.

Material e métodos

Esta pesquisa foi realizada nas instalações do Projeto CASA (Centro de Análise de Sistemas Alternativos de Energia), construído no campus de Cascavel – Unioeste (latitude: 24°59'S; longitude: 53°27'W e altitude: 758 m). O Projeto CASA contempla dois módulos experimentais compostos por uma residência unifamiliar convencional e outra inovadora, ambas com 50 m² de área. A casa convencional consiste em uma residência padrão em que se buscou reproduzir condições comumente encontradas em residências de mesmo padrão. Tanto o sistema construtivo e os materiais empregados, como a implantação nos lotes, refletem uma prática

de construção que não apresenta preocupação com o conforto ambiental. A casa inovadora consiste em uma residência construída em formato octogonal, utilizando os preceitos de arquitetura bioclimática, em que as condições de insolação e iluminação não dependem das condições do terreno. Esta residência é caracterizada por possuir uma claraboia com abertura zenital, situada no centro da planta, sobre um cômodo de caráter especial, o banheiro, com dupla função de transmissão e armazenamento de calor. Os demais cômodos são construídos com paredes externas de concreto celular (material com um razoável poder de isolamento térmico), com janelas relativamente pequenas e em esquadrias de vidros duplos, evitando assim a perda de calor durante o inverno. No verão, a casa é intensamente ventilada, aproveitando tanto a ventilação cruzada como a convecção natural, mantendo a casa fria ao longo do dia, sem necessidade de ar condicionado.

A vista aérea das duas residências está apresentada na Figura 1, as plantas baixas estão apresentadas na Figura 2 e a planta de corte da residência inovadora está apresentada na Figura 3.



Figura 1. Vista aérea das residências inovadora e convencional, respectivamente.

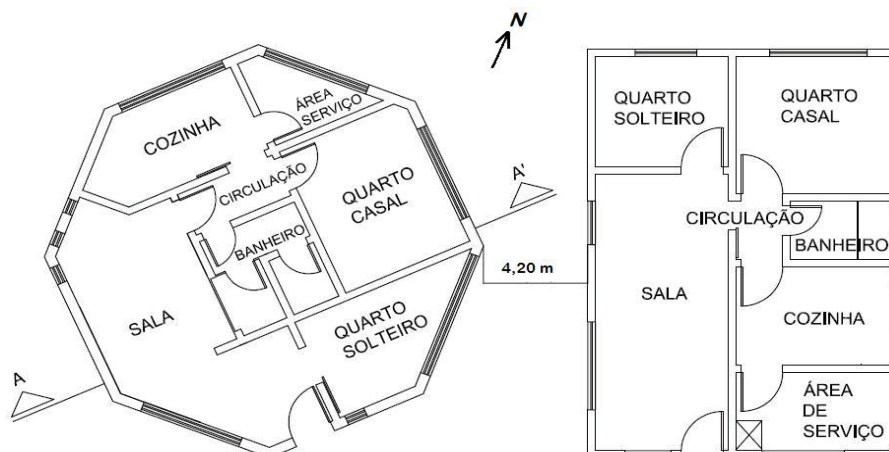


Figura 2. Plantas baixas das residências inovadora e convencional, respectivamente.

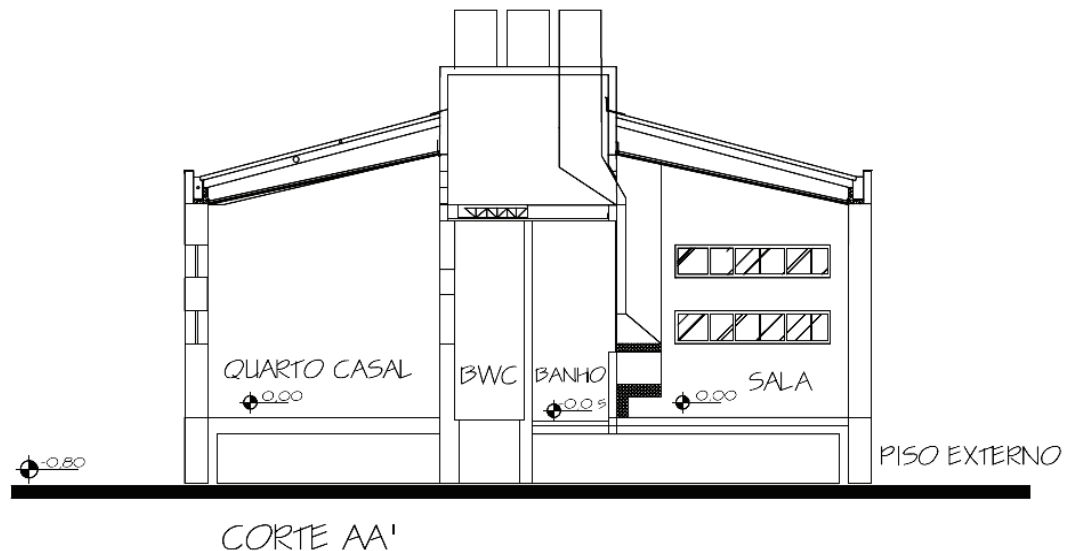


Figura 3. Planta de corte AA' da residência inovadora.

Foram coletados, diariamente, dados de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa (%) em todos os cômodos das duas residências, no período de 1 $^{\circ}$ a 29 de fevereiro de 2008. Os dados foram obtidos de 2 em 2h, entre as 4 e 22h. Nesses mesmos intervalos, foram coletados, também, os dados de temperatura e umidade relativa da área externa. Para todas as coletas foram utilizados dois termohigrômetros digitais portáteis, da marca Instrutherm, modelo HT-270, previamente calibrados. As medições foram realizadas no centro de cada um dos cômodos, sendo essa metodologia padronizada para as duas residências, de modo a possibilitar a comparação dos resultados entre cômodos semelhantes.

A análise dos dados foi efetuada por meio do cálculo das médias aritméticas horárias de temperatura e umidade relativa, para todos os cômodos e horários considerados. Posteriormente, utilizando-se a equação 1, foram calculados e comparados os Índices de Temperatura e Umidade (ITU).

Importante ressaltar que ambas as residências estavam ocupadas por três pessoas (um casal com filho menor de 10 anos), e não foram utilizados

quaisquer aparelhos para condicionamento do ar.

Resultados e discussão

As Tabelas 1 e 2 apresentam os Índices de Temperatura e Umidade dos diferentes cômodos das residências convencional e inovadora, respectivamente, em função das horas do dia. A Tabela 3 ilustra o Índice de Temperatura e Umidade para a área externa, também em função das horas do dia. Para facilitar a visualização, todos os Índices foram arredondados.

Em todas as tabelas, a cor mais clara representa um ITU menor ou igual a 20, considerado confortável pela maioria das pessoas (GILES et al., 1990), e as cores mais escuras, um ITU maior que 20. Embora as diferenças sejam bastante sutis, verifica-se, de modo global, que a casa inovadora apresenta índices de conforto mais satisfatórios que a casa convencional e que a área externa.

A Figura 4 apresenta, graficamente, a distribuição dos Índices de Temperatura e Umidade nos cômodos de ambas as residências, em função das horas do dia.

Tabela 1. Índices de Temperatura e Umidade (ITU) para a residência convencional.

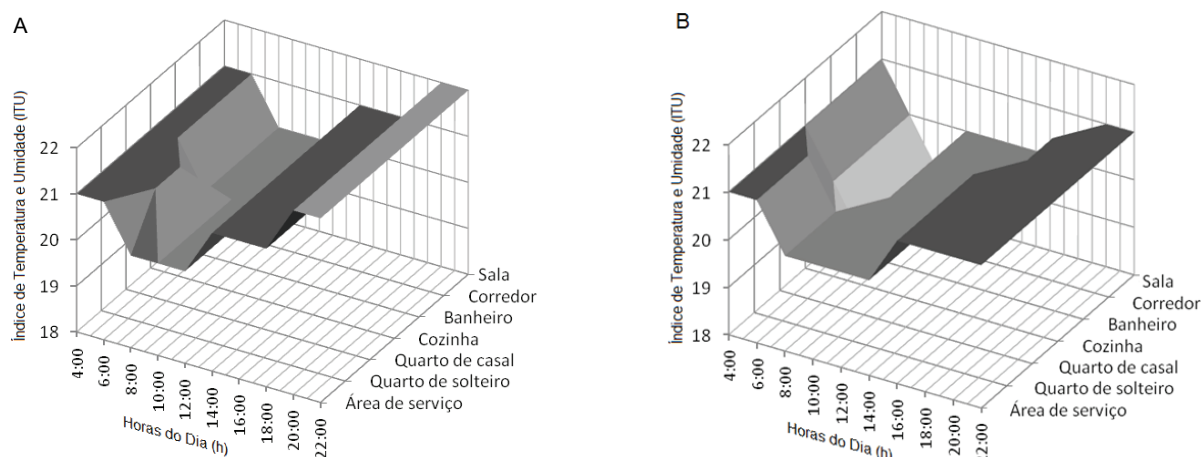
Residência	ITU									
	4:00	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
Convencional										
Sala	21	21	20	20	20	21	21	21	22	22
Corredor	21	21	20	20	20	21	21	21	22	22
Banheiro	21	21	20	20	20	21	21	21	22	22
Cozinha	21	21	20	20	20	21	21	21	22	22
Quarto de casal	21	21	21	20	20	21	21	21	22	22
Quarto de solteiro	21	21	21	20	20	21	21	21	22	22
Área de serviço	21	21	20	20	20	21	21	21	22	22

Tabela 2. Índices de Temperatura e Umidade (ITU) para a residência inovadora.

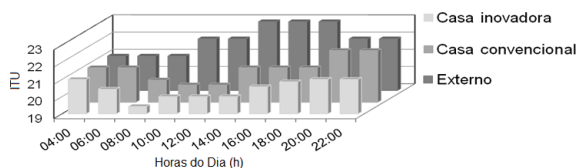
Residência	ITU									
	4:00	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
Inovadora										
Sala	21	20	19	20	20	20	20	20	21	21
Corredor	21	20	19	20	20	20	20	21	21	21
Banheiro	21	20	19	20	20	20	20	21	21	21
Cozinha	21	20	19	20	20	20	21	21	21	21
Quarto de casal	21	21	20	20	20	20	21	21	21	21
Quarto de solteiro	21	21	20	20	20	20	21	21	21	21
Área de serviço	21	21	20	20	20	20	21	21	21	21

Tabela 3. Índices de Temperatura e Umidade (ITU) para a área externa.

Área	ITU									
	4:00	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
Externa	21	21	21	22	22	23	23	23	22	22

**Figura 4.** Distribuição dos Índices de Temperatura e Umidade nos cômodos da casa convencional (A) e da casa inovadora (B), em função das horas do dia.

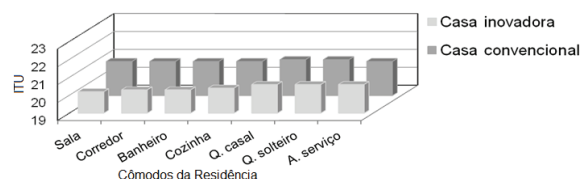
A Figura 5 apresenta uma comparação entre os Índices de Temperatura e Umidade de ambas as residências e da área externa, em função das horas do dia. Os valores horários de ITU das residências representam as médias aritméticas dos índices obtidos nos diversos cômodos das residências ao longo de todo o período de medição.

**Figura 5.** Índices de Temperatura e Umidade da casa inovadora, da casa convencional e da área externa, em função das horas do dia.

Observando-se a Figura 5, pode-se verificar que os maiores valores de ITU, para todos os horários, foram verificados na área externa, e os menores foram verificados na casa inovadora. A casa inovadora apresentou um ITU médio de 20,4, com desvio-padrão de 0,6. A casa convencional

apresentou ITU médio de 20,9, com desvio-padrão de 0,7 e a área externa apresentou ITU médio de 22,0, com desvio-padrão de 0,8.

A Figura 6 apresenta uma comparação entre os Índices de Temperatura e Umidade dos cômodos das residências convencional e inovadora. Esses valores de ITU representam as médias aritméticas dos índices obtidos nos diversos horários do dia ao longo de todo o período de medição.

**Figura 6.** Índices de Temperatura e Umidade obtidos nos cômodos da casa inovadora e da casa convencional.

Observando-se a Figura 6, pode-se verificar também que todos os cômodos da casa inovadora apresentaram ITU médio menor que os apresentados pela casa convencional, corroborando

os resultados anteriores. Para a casa inovadora, o ITU médio foi de 20,4, com desvio-padrão de 0,2, e para a casa convencional, o ITU médio foi de 20,9, com desvio-padrão de 0,1.

Os resultados obtidos podem ser justificados pelas diferentes coberturas utilizadas nas residências. As coberturas, compostas pelos telhados e forros, representam grande superfície de interação entre o interior e o exterior, influenciando todos os ambientes internos. Assim sendo, na casa convencional, o calor do interior da residência é deslocado para o forro por convecção natural (o ar quente sobe, o ar frio desce). Do forro para as telhas, o calor é deslocado por um efeito combinado de convecção natural e radiação. Por fim, as telhas perdem calor para o meio por condução e pela radiação para o espaço. Já na casa inovadora, a claraboia localizada sobre o banheiro, com cerca de 8 m², se encontra protegida por placas que formam diferentes aberturas, todas elas orientadas segundo um plano paralelo ao eixo do equador e inclinado de 65° em direção ao norte. Tal configuração permite o ingresso de radiação solar direta somente na metade mais fria do ano, entre os equinócios de outono e primavera, atravessando o inverno. Na outra metade do ano, penetra apenas a radiação solar difusa, responsável pela iluminação, sendo os raios diretos refletidos pela combinação de superfícies lisas numa face, e estriadas na outra face das placas. Este efeito, combinado à ventilação cruzada e à convecção natural, durante o período de verão, mantém o interior da casa inovadora mais frio, proporcionando um nível de conforto térmico mais adequado aos moradores.

Conclusão

A casa inovadora, em função de sua arquitetura diferenciada, e particularmente, da existência da claraboia com abertura zenital, apresentou Índices de Temperatura e Umidade (ITU) mais satisfatórios para o mês de fevereiro (verão), quando comparada à casa convencional. A casa inovadora apresentou ITU médio de 20,4, enquanto a casa convencional apresentou ITU médio de 20,9. Embora as diferenças encontradas tenham sido sutis, para o caso particular estudado, é importante ressaltar que a concepção da arquitetura de uma edificação, quando bem planejada, pode contribuir para a melhoria dos níveis de conforto térmico de seus usuários, reduzindo, ou até mesmo excluindo, a necessidade

de utilização de equipamentos para condicionamento do ar.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Unioeste, Copel, Eletrobrás, Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica (PROCEL), Sinduscon (Oeste do Paraná), Fundatec e Prefeitura Municipal de Cascavel, Instituições que possibilitaram o desenvolvimento deste trabalho.

Referências

- ANDREASI, W. A.; LAMBERTS, R.; CÂNDIDO, C. Thermal acceptability assessment in buildings located in hot and humid regions in Brazil. **Building and Environment**, v. 45, n. 5, p. 1225-1232, 2010.
- BARRADAS, V. L. Air temperature and humidity and human comfort index of some city parks of México City. **International Journal of Biometeorology**, v. 35, n. 1, p. 24-28, 1991.
- DONAIISKY, E.; OLIVEIRA, G. H. C.; MENDES, N. Algoritmos PMV-MBPC para conforto térmico em edificações e aplicação em uma célula-teste. **Sba: Controle e Automação**, v. 21, n. 1, p. 1-13, 2010.
- GILES, D. B.; BALAFOUTS, C.; MAHERAS, P. Too hot for comfort: the heatwaves in Greece in 1987 and 1988. **International Journal of Biometeorology**, v. 34, n. 2, p. 98-104, 1990.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.
- ONO, H. S. P.; KAWAMURA, T. Sensible climates in monsoon Asia. **International Journal of Biometeorology**, v. 35, n. 1, p. 39-47, 1991.
- SANTOS, R. L.; ANDRADE, H. O. Avaliação quantitativa do conforto térmico de uma cidade em área de transição climática: Feira de Santana-Bahia, Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**, n. 40, p. 77-84, 2008.
- SIPLE, P. A.; PASSEL, C. F. Measurements of dry atmosphere cooling in subfreezing temperatures. **Proceedings of the American Philosophical Society**, v. 89, n. 1, p. 177-199, 1945.
- THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, n. 2, p. 57-60, 1959.

Received on August 12, 2010.

Accepted on October 15, 2010.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.