

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE CASAS POPULARES

KRÜGER, Eduardo L. (1); LAMBERTS, Roberto (2)

(1) Eng. Civil, Dr.-Ing., Professor do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - CEFET-PR -Av. Sete de Setembro, 3165 CEP 80230-901 Curitiba - PR. E-Mail: krueger@ppgte.cefetpr.br

(2) Eng. Civil, PhD., Coordenador do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Professor da Universidade Federal de Santa Catarina - NPC Caixa Postal 476 CEP 88040-900 Florianópolis - SC. E-mail: lamberts@ecv.ufsc.br

RESUMO

A construção de moradias para a população de baixa renda em países em desenvolvimento envolve diversos aspectos começando pela escolha do local para a construção, passando pela fase da construção e chegando até a avaliação pós-ocupação. Em climas tropicais, a avaliação térmica de moradias populares deveria estar relacionada principalmente à otimização das condições de conforto térmico no ambiente construído. Entretanto, do ponto de vista econômico, melhorias nas condições de conforto térmico em moradias populares não deverão resultar em aumentos substanciais no custo final da habitação.

No presente trabalho, analisou-se o impacto de diversas estratégias de baixo custo, como técnicas eficientes de ventilação natural e redesenho apropriado da envoltória, para a obtenção de melhores condições de conforto térmico em um projeto de uma habitação popular padrão no Brasil. Neste artigo, apresenta-se a metodologia adotada na pesquisa e os resultados de simulações para a situação de verão em Florianópolis (27.5°S).

Foi possível avaliar de forma detalhada o impacto de diversas técnicas de ventilação natural para uma residência unifamiliar padrão com o software de ventilação AIOLOS. Usando-se os resultados na forma de fluxos de ar como dados de entrada para o ambiente de simulação TRNSYS, observou-se então o potencial de estratégias de projeto, propondo-se diversas melhorias no desenho da edificação.

ABSTRACT

The construction of dwellings for people with low incomes in developing countries encompasses a broad range of issues starting from the choice of the building site, to the construction phase and finally to the evaluation of the building itself. For tropical climates, the thermal evaluation of low-cost dwellings should be primarily related to the optimisation of internal comfort conditions.

Nevertheless, from the financial point of view, the improvement of thermal comfort conditions in low-cost housing should not result in a substantial increase in the final building costs.

In the present research, the impact of low-cost strategies for the achievement of better thermal comfort conditions, such as improved ventilation techniques and appropriate building design was analysed for a typical project of a low-cost dwelling in Brazil. In this paper the methodology developed and the simulation results for summer climatic conditions of the city Florianópolis (27.5°S) are presented.

It was possible to evaluate in a detailed manner the impact of several natural ventilation strategies for a single-storyed building with the AIOLOS software. Using the outputs in the form of airflow data as inputs for the TRNSYS simulation environment, the potential of design strategies was then observed, and several design improvements were proposed.

1. INTRODUÇÃO

Como parte de um esforço para apresentar soluções eficientes para o considerável déficit habitacional de aproximadamente 5 milhões de unidades habitacionais, verificou-se um grande empenho em se redefinir uma política habitacional para a população de baixa renda durante a última década, com diversas pesquisas tratando da avaliação de sistemas construtivos para a habitação de interesse social no Brasil. De fato, em diversas publicações e congressos nesta área, a avaliação de programas de habitação de baixo custo, além das considerações técnicas e construtivas, vem incluindo também aspectos como a melhoria dos padrões de qualidade (QUALHARINI, 1993), fatores sociais e culturais de se construir para os pobres (SANTOS, 1995; KRÜGER, 1998) e aqueles relacionados à melhoria das condições de conforto térmico no ambiente construído (MASCARÓ & MASCARÓ, 1992; BARBOSA, 1997).

Os programas habitacionais para a população de baixa renda são em geral implementados em todo o Brasil igualmente, com praticamente nenhuma atenção à região climática onde as casas devem ser construídas.

Desta maneira, um mesmo sistema construtivo é empregado em cidades com características muito distintas. Para corrigir estas distorções, projetos tais como o de Normalização em conforto Ambiental (UFSC/FINEP) vem sendo desenvolvidos no Brasil, com o objetivo de desenvolver padrões que promovam edificações adequadas ao clima.

A presente pesquisa tem como objetivo principal a melhoria de condições internas de conforto em moradias para a população de baixa renda. Tomando-se como referência e como modelo para as simulações térmicas o sistema construtivo mais freqüentemente adotado no Brasil, procurou-se identificar as causas possíveis para o desconforto térmico, apresentando-se soluções de baixo custo que poderiam conduzir a um projeto mais apropriado da edificação.

2. METODOLOGIA

Os dados climáticos do tipo ano climático de referência (TRY) foram usados primeiramente para uma avaliação inicial da edificação a respeito de suas necessidades bioclimáticas. Focalizando a pesquisa em condições do verão, foi possível, usando o software ANALISYS, desenvolvido no Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LabEEE/NPC/UFSC), que se obtivesse um sumário das estratégias básicas necessárias para a obtenção de melhores condições de conforto térmico, assim como informações sobre o grau de conforto para aquelas condições climáticas. O software ANALISYS plota os dados climáticos de hora em hora na carta psicrométrica e apresenta uma lista de estratégias básicas para promover melhores condições de conforto térmico num determinado ambiente.

A edificação considerada foi modelada então como um volume, definindo-se as características de suas aberturas, com o software AIOLOS 1.1, desenvolvido pela Universidade de Atenas, Grécia, por Mat Santamouris e Elena Dascalaki (ALLARD, 1998). Com este software, foi então realizada a simulação de diversas estratégias de ventilação natural, visando inclusive o posicionamento apropriado da edificação para uma obtenção de melhores taxas de fluxo de ar. Os resultados da simulação foram então usados como dados de entrada no ambiente de simulação térmica TRNSYS 14.2 (SEL, 1996).

Finalmente, os resultados de TRNSYS foram processados, usando-se o software ANALISYS, e o grau de conforto térmico observado.

3. O MODELO

A edificação usada como modelo para as simulações foi de uma moradia de baixo custo padrão COHAB, aplicada extensivamente em regiões de características climáticas diversas.

A edificação (Fig. 1) consiste de uma sala, dois quartos, uma cozinha e um banheiro, perfazendo uma área construída de 34m². As paredes externas são constituídas de tijolos cerâmicos padrão (e=10cm), cobertos por 2cm de argamassa. Há um forro entre os quartos e o ático. O telhado é coberto por telhas cerâmicas vermelhas.

As aberturas têm área média de 1.2m², onde é usado vidro simples. Nenhum tipo de proteção solar foi adotado nas aberturas ou nas paredes externas.

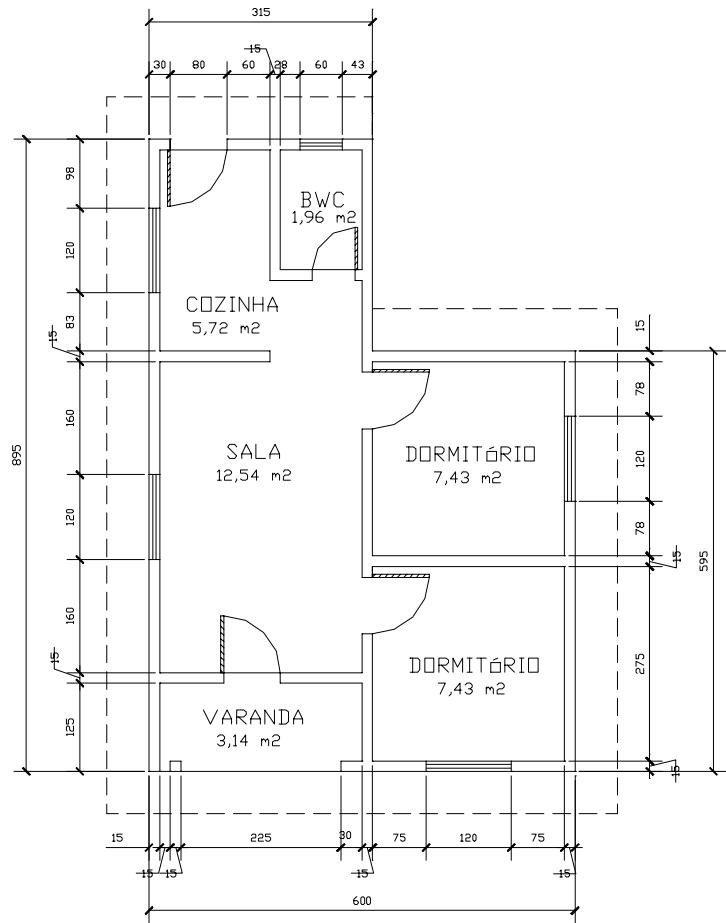


Fig.1: Casa padrão COHAB

4. A REGIÃO CLIMÁTICA

As simulações foram feitas para condições de verão (janeiro) em Florianópolis (27.5°S) com a temperatura de bulbo seco variando entre 18°C e 36°C e com amplitudes da temperatura de aproximadamente 7K.

Analisando-se os resultados do software ANALISYS para estas condições climáticas (Fig.2, Tabela 1: Resultados do Programa ANALISYS para Florianópolis), verifica-se que cerca de 90% do total de horas do mês de janeiro apresentam desconforto térmico, na maior parte devido a calor em excesso. Em relação à ventilação natural, sua contribuição em termos de promover o conforto térmico em condições de verão em Florianópolis é elevada e atinge 76.5%. Assim, a ventilação natural é a principal estratégia para a melhoria das condições de conforto térmico.

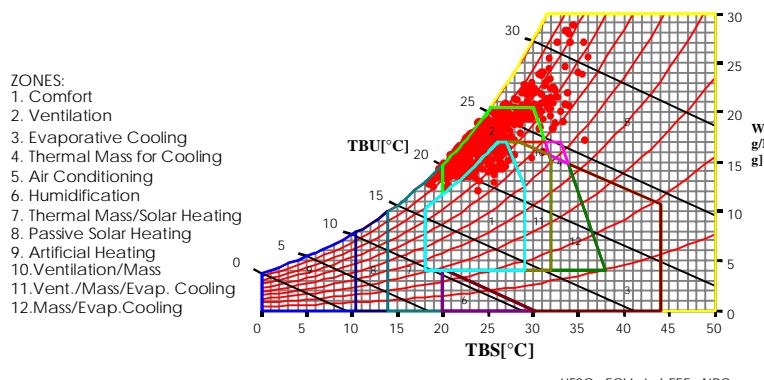


Fig.2: Resultados do Programa ANALISYS para Florianópolis (Janeiro)

Tabela 1: Sumário do Programa ANALISYS para Florianópolis (Janeiro)

Geral	Calor	Frio	Estratégias Bioclimáticas
Conforto: 9.17% Desconforto: 90.8% Frio: 3.19% Calor: 87.6%	Ventilação: 76.5% Massa Térmica para Resfriamento: 3.19% Resfriamento: 0.833% Evaporação: 0.694% Condicionamento de Ar: 11.1%	Massa Térmica/Aquecimento Solar: 0% Aquecimento Solar Passivo: 0% Aquecimento Artificial: 0% Umidificação: 0%	Ventilação: 75.7% Ventilação/Massa: 0.139% Ventilação/Massa/ Resfriamento Evaporativo: 0.694% Massa Térmica para Resfriamento: 0% Massa/ Resfriamento Evaporativo: 0% Conforto: 9.17% Massa Térmica/Aquecimento Solar: 3.19% Aquecimento Solar Passivo: 0% Condicionamento de Ar: 11.1% Resfriamento Evaporativo: 0% Umidificação: 0%

5. SIMULAÇÕES

Somente aquelas modificações do modelo básico que não acarretariam em despesas substanciais ao construtor/usuário foram consideradas, mantendo-se o sistema construtivo. Com isto em mente, as seguintes simulações foram realizadas:

1. ventilação diurna (6-18h) através de janelas de correr (área de ventilação = 50% da área de janela) e noturna através de venezianas;
2. ventilação noturna (18-6h) através de janelas de correr e diurna através de venezianas;
3. ventilação diurna (6-18h) através de janelas de abrir (área de ventilação = 100% da área de janela) e noturna através de venezianas;
4. ventilação noturna (18-6h) através de janelas de abrir e diurna através de venezianas;
5. ventilação diurna (6-18h) através de janelas de abrir e noturna através de venezianas, com ático ventilado;
6. ventilação noturna (18-6h) através de janelas de abrir e diurna através de venezianas, com ático ventilado;
7. ventilação diurna (6-18h) através de janelas de abrir e noturna através de venezianas, com ático ventilado, com o telhado pintado de branco;
8. ventilação noturna (18-6h) através de janelas de abrir e diurna através de venezianas, com ático ventilado, com o telhado pintado de branco;

9. ventilação diurna (6-18h) através de janelas de abrir e noturna através de venezianas, com ático ventilado, com o telhado pintado de branco e um isolamento de 2cm sobre o forro;
10. ventilação noturna (18-6h) através de janelas de abrir e diurna através de venezianas, com ático ventilado, com o telhado pintado de branco e um isolamento de 2cm sobre o forro.

6. RESULTADOS

Com melhorias simples do modelo básico foi possível observar uma redução em termos de temperatura de 6.2K, comparando-se o primeiro com o último caso simulado (Fig.3: Gráfico de temperaturas para o primeiro e para o último caso simulado).

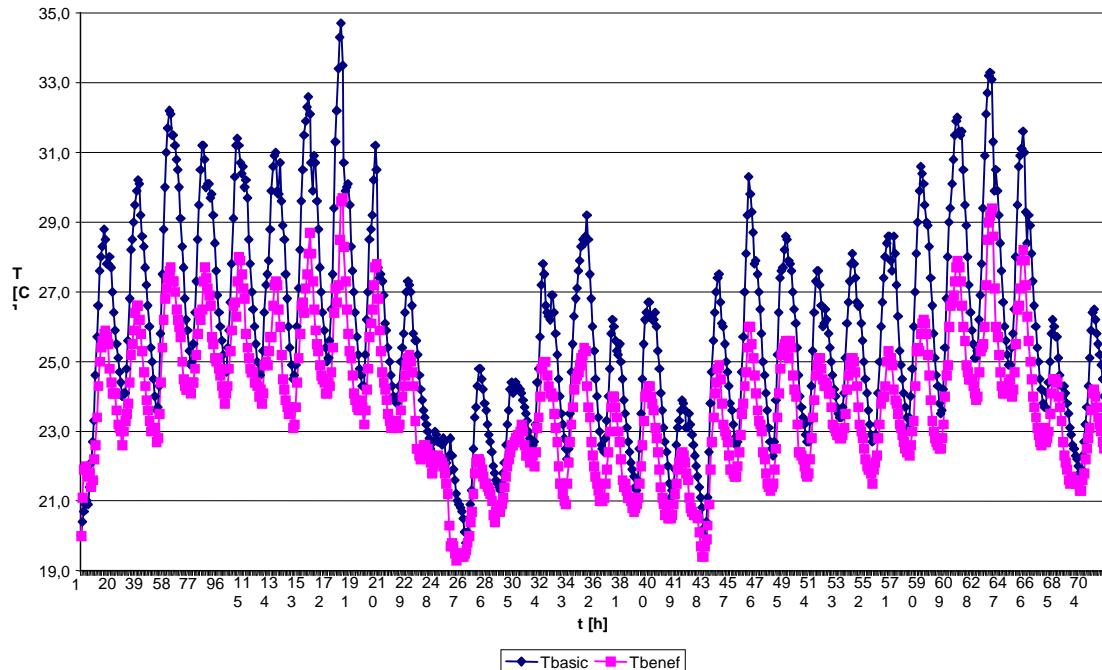


Fig.3: Gráfico de temperaturas para o primeiro e para o último caso simulado

Examinando cada simulação separadamente, foi possível extrair as seguintes conclusões (Tabela 2: Sumários das Simulações):

Tabela 2: Sumários das Simulações

Simulação	Condições de Conforto	T_{max}	ΔT ($T_{max, exterior} - T_{max, interior}$)
1	Conforto:6.95%; Desconforto:93%; Frio:0.139%; Calor:92.9%	34.7	1.2
2	Conforto:8.48%; Desconforto:91.5%; Frio:0%; Calor:91.5%	33.2	2.7
3	Conforto:7.37%; Desconforto:92.6%; Frio:0.417%; Calor:92.2%	35.0	0.9
4	Conforto:8.34%; Desconforto:91.7%; Frio:0.974%; Calor:90.7%	33.2	2.7
5	Conforto:9.46%; Desconforto:90.5%; Frio:0.695%; Calor:89.8%	34.6	1.3
6	Conforto:12.2%; Desconforto:87.8%; Frio:1.81%; Calor:86%	31.9	4.0
7	Conforto:11%; Desconforto:89%; Frio:1.25%; Calor:87.8%	33.9	2.0
8	Conforto:17.5%; Desconforto:82.5%; Frio:2.64%; Calor:79.8%	29.9	6.0
9	Conforto:10.7%; Desconforto:89.3%; Frio:1.53%; Calor:87.8%	33.9	2.0
10	Conforto:17.7%; Desconforto:82.3%; Frio:2.5%; Calor:79.8%	29.7	6.2

- uma maior ventilação noturna e uma redução da radiação solar diretamente transmitida pelas aberturas para o interior (fator solar para venezianas = 75%), contribuiu minimamente para a melhoria do conforto térmico dentro do envelope. Os sumários do ANALISYS mostram que o período dentro da zona de conforto aumenta de 6.95% (50 de um total de 720 horas em janeiro) para 8.48% (61h).
- dobrar a área de abertura das janelas (de 50 para 100%) não foi relevante para a melhoria do conforto térmico. Como na primeira simulação (com janelas de correr) as temperaturas internas já mostraram-se próximas às externas, os aumentos das taxas de fluxo de ar não significaram reduções substanciais da temperatura do ar interno. Os níveis de conforto foram 7.37% (53h) e 8.34% (60h), em comparação com 6.95% e 8.48%, para a ventilação diurna e noturna, respectivamente.
- com a ventilação do ático, reduções adicionais das temperaturas internas em relação à primeira e à segunda simulação foram de 1.6K (ventilação diurna) e 1.9K (ventilação noturna). Os níveis de conforto foram de 9.46% (68h) e 12.2% (88h) do total de horas simuladas, respectivamente.
- um coeficiente de absorção solar mais baixo do material do telhado (pintura branca) foi responsável por uma redução de até 3.8K (ventilação diurna) e de 6K (ventilação noturna), comparativamente com as simulações 1 e 2. Os níveis de conforto alcançaram valores superiores: 11% (79h) e 17.5% (126h).
- reduções adicionais das temperaturas internas e melhorias dos níveis de conforto térmico não foram substanciais para as simulações com o ático isolado. A remoção do calor dentro desse espaço através da ventilação e a minimização dos ganhos solares da superfície do telhado com pintura branca provaram ser suficientes para reduzir a grande carga de calor do teto para o ambiente interno.

Conclue-se que, adotando-se soluções de baixo custo que requerem somente pequenas mudanças no projeto, uma redução substancial do desconforto térmico dentro de um edificação pode ser alcançada. Outras melhorias nas condições de conforto térmico poderiam ser alcançadas usando-se outros materiais de construção e redefinindo-se o projeto do edificação. Entretanto, as soluções apresentadas poderiam ajudar a melhorar o nível de conforto para o período de verão em regiões similares onde o sistema construtivo analisado foi empregado.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, F. (Editor) (1998) **Natural Ventilation in Buildings, a Design Handbook**. James & James Ltd, London.

BARBOSA, M.J. **Uma Metodologia para Especificar e Avaliar o Desempenho Térmico de Edificações Residenciais**. Florianópolis: UFSC, 1997. (PhD Thesis)

KRÜGER, E.L. **Analyse von Bausystemen im sozialen Wohnungsbau Brasiliens**. Hannover: Technische Universität Hannover, 1997. (PhD Thesis)

MASCARÓ, J. L. & MASCARÓ, L. **Incidência das Variáveis Projetivas e de Construção no Consumo Energético dos Edifícios**. Porto Alegre: Luzzato, 1992.

QUALHARINI, E.L. Gestão Estratégica na Avaliação de Projetos de Construção Civil. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: Qualidade e Tecnologia na Habitação, 1. Rio de Janeiro, November 1993. **Proceedings**. Rio de Janeiro, Nov. 1993.

SANTOS, M.C. **Anforderungs- und Leistungskriterien für Bausysteme in Brasilien**. Hannover: Technische Universität Hannover, 1995. (PhD Thesis)

SOLAR ENERGY LABORATORY (SEL) (1996) **TRNSYS: Reference Manual**. University of Wisconsin, Madison, USA.