



AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE HABITAÇÕES SOCIAIS DE PASSO FUNDO – RS

Milton Serpa Menezes (1); Rosa Maria Locatelli Kalil (2); Eduardo Grala da Cunha

(3)

(1) Universidade de Passo Fundo - Caixa Postal 611 - Passo Fundo - RS, Brasil - menezes@upf.br

(2) Universidade de Passo Fundo - Caixa Postal 611 - Passo Fundo - RS, Brasil - kalil@upf.br

(3) Universidade de Passo Fundo - Caixa Postal 611- Passo Fundo - RS, Brasil - egcunha@upf.br

RESUMO

Proposta: Este trabalho avalia o desempenho térmico de habitações de interesse social, tendo como estudo de caso os projetos habitacionais implantados em Passo Fundo, RS, no período de 2000 a 2004, visando verificar a aplicabilidade dos procedimentos das normas vigentes, especialmente NBR-15220 (ABNT, 2005). **Método de pesquisa/Abordagens:** A metodologia adotada baseia-se em outros estudos já desenvolvidos, na norma citada e no projeto de norma 02:136.01 (ABNT, 2004), relativas ao desempenho térmico de edificações. Em uma amostra de cinco unidades habitacionais representativas do programa habitacional municipal do tipo PSH (Programa de Subsídios à Habitação de Interesse Social), foram realizadas medições de temperatura de bulbo seco de ar e de umidade relativa de ar no inverno no ano de 2005 e no verão no ano de 2006. Ao mesmo tempo, realizaram-se cálculos de parâmetros de avaliação tais como transmitância térmica das paredes e cobertura, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar. Utilizou-se o software de simulação Energyplus, desenvolvido para a avaliação de desempenho térmico e energético de edificações para análise do comportamento das edificações. **Resultados:** Os resultados das inter-relações entre as características construtivas das unidades habitacionais, os parâmetros climáticos do município e a temperatura no interior dos ambientes demonstram que atendem em parte as exigências das normas quanto ao desempenho térmico, mas que alguns parâmetros estão aquém do estabelecido, exigindo recomendações em termos de tipologia, orientação solar, tecnologias construtivas e materiais das habitações de interesse social. **Contribuições/Originalidade:** Oferece diagnóstico da realidade que servirá de subsídio para outros estudos de alternativas de atendimento às normas relativas ao desempenho térmico dos programas habitacionais de interesse social no município de Passo Fundo e da região.

Palavras-chave: desempenho térmico, conforto térmico, habitações sociais.

ABSTRACT

Propose: This work evaluates the thermal performance of habitations of social interest, having as case study the implanted habitation projects in *Passo Fundo*, RS, in the period of 2000 the 2004, aiming at verifying the applicability of the procedures of the effective norms, especially Nbr-15220 (ABNT, 2005). **Methods:** The adopted methodology is based on other already developed studies, the cited norm and the project of norm 02:136.01 (ABNT, 2004), relative to the thermal performance of constructions. In a sample of five representative house units of the municipal habitation program of the PSH (Program of Subsidies to the Habitation of Social Interest) type, there have been measurements of temperature of dry bulb of relative air and humidity in the winter in the year of 2005 and the summer in the year of 2006. At the same time, there were calculations of evaluation parameters such as thermal transmittance of the walls and covering, thermal capacity, thermal delay and solar factor. The used software was Energyplus, developed for the evaluation of thermal and energy performance of buildings for analysis of the behavior of the buildings. **Findings:** The results of

the inter-relations between the constructive characteristics of the habitations, the climatic parameters of the city and the temperature in the interior of environments demonstrate that they partly satisfy the requirements of the norms concerning the thermal performance, but that some parameters are below the established ones, demanding recommendations regarding typology, solar orientation, constructive and material technologies of the habitations of social interest. **Originality/value:** It offers a diagnosis of the reality that will serve as subsidy for other studies about alternatives of satisfaction of the norms related to the thermal performance of the habitation programs of social interest in the *Passo Fundo* city and in the region.

Keywords: thermal performance, thermal comfort, social habitations.

1 INTRODUÇÃO

As políticas públicas de habitação devem ir além da construção de casas àquelas famílias de baixa renda. Pois o conceito de habitação abrange o acesso à cidade e àquilo que representa a vida no espaço urbano, como emprego, educação, cultura, transporte, saúde, esporte, lazer etc. (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 1999).

A vida do ser humano depende de várias necessidades reais que precisa satisfazer no seu dia-a-dia e que podem ser classificadas em físicas vitais, afetivas, sociais, culturais e éticas. A satisfação dessas necessidades está relacionada ao conceito de qualidade de vida (BONILLA, 1992).

Conforme destaca Westphal (2000) o conceito de qualidade de vida deve dar conta da complexidade que ele representa e refletir a organização social e sua dinâmica. Deve ser objetivo suficiente para que seja capaz, ao ser transformado em indicador, de subsidiar sugestões para implementar políticas que garantam uma ordem social mais equitativa de distribuição de riqueza.

Conforto é uma das condições que garantem uma melhor qualidade de vida. De acordo com Dantas (1998) conforto é uma conceituação que visa o bem estar físico (ação contínua de promoção do prazer e da produtividade) e determina a qualidade de vida dos ocupantes de um ambiente interior. A satisfação manifestada com relação às condições térmicas do ambiente é conhecida como conforto térmico. Além da temperatura e outros fatores físicos, envolve uma gama de fatores pessoais que tornam sua definição bastante subjetiva. Conforto térmico é definido como o estado mental que expressa satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa (ASHRAE, 2003).

No Brasil, a preocupação com o desempenho térmico de habitações é recente, sobretudo nas chamadas habitações de interesse social. Os grupos de pesquisadores que iniciaram estudos neste campo e podem ser destacados são: o IPT (AKUTSU, 1987), o grupo de Conforto Ambiental e Eficiência Energética da ANTAC e o LabEEE da UFSC (BARBOSA, 1997).

Em abril de 2005 foi publicada e entrou em vigor uma norma da ABNT em Conforto Ambiental - Desempenho térmico de edificações: procedimentos para avaliação de habitações de interesse social (ABNT, 2005). Esta norma estabelece uma parâmetros para avaliar o desempenho térmico de habitações de interesse social, recomendando limites mínimos de conforto térmico. A metodologia adota um zoneamento bioclimático do Brasil, que propõe a divisão do território brasileiro em oito zonas quanto ao clima, adaptando a Carta Bioclimática sugerida por Givoni (1992). Para cada uma destas zonas, são apresentadas recomendações tecno-construtivas de adequação climática visando à otimização do desempenho térmico das edificações, tais como: tamanho das aberturas para ventilação, proteção das aberturas, vedações externas (tipo de parede externa e cobertura, considerando-se transmitância térmica, atraso térmico e absorvância à radiação solar) e estratégias de condicionamento térmico passivo.

Há também o projeto de norma 02:136.01 da ABNT (2004) que considera as exigências dos usuários em tópicos como segurança, estanqueidade, higiene, conforto e durabilidade. Procura traduzir na forma de critérios, que quantificam as necessidades dos usuários. Somando esses fatores com

condições de exposição da edificação e critérios para avaliação de desempenho de sistemas construtivos, chega-se a respostas técnicas possíveis e desejáveis. Este projeto de norma prevê três níveis de desempenho: mínimo, intermediário e superior.

Com relação ao desempenho térmico considera as características bioclimáticas definidas na norma NBR-15.220 e estabelece três procedimentos alternativos para avaliação da adequação de habitações:

- a) Procedimento 1 – Simplificado: verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos para fachadas e coberturas;
- b) Procedimento 2 – Simulação: verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos por meio da simulação computacional do desempenho térmico do edifício;
- c) Procedimento 3 – Medição: verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos por meio da realização de medições em edificações ou protótipos construídos.

Este estudo utilizou uma sistemática incluindo cálculos, medições e simulações, cujo modelo de procedimentos metodológicos poderão ser utilizados para testar protótipos, ou verificação de unidades habitacionais de novos programas com relação à avaliação do desempenho térmico destas edificações residenciais, tanto em Passo Fundo como em outros municípios do país.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é avaliar as condições de desempenho térmico das habitações de interesse social construídas em Passo Fundo (RS) no período de 2001 a 2004, levando-se em consideração o que estabelecem as normas da ABNT e de outras órgãos, o que possibilitará iniciativas futuras que permitam otimizar o conforto térmico das mesmas.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da Amostra

Trabalhou-se com as habitações construídas em Passo Fundo (RS) nos últimos 4 anos, por haver disponibilidade de informações e porque as habitações mais antigas normalmente sofrem modificações (ampliações e melhorias) que descaracterizam a construção original, a qual se deseja avaliar. Considerando que o principal foco da pesquisa diz respeito à comparação de uma norma que está entrando em vigor, é mais lógico compará-la com a realidade mais recente. Assim decidiu-se por delimitar o estudo para as habitações construídas nos últimos 4 anos em Passo Fundo.

Definido o período alvo da pesquisa, foram levantados os Programas Habitacionais executados em Passo Fundo, que totalizaram 427 habitações construídas no período, entre as quais 169 através do PSH – Programa de Subsídios à Habitação de Interesse Social, pelo qual optou-se em avaliar as habitações do Projeto PSH por este apresentar um maior número de construções realizadas e possuir um padrão de casas definido e sendo construídas e administrados pela municipalidade.

Como no programa PSH existem residências isoladas e geminadas e com diferentes orientações definiu-se 5 (cinco) habitações representativas, ou seja, duas da vila Donária, uma da Vila Valinhos, uma da Vila Santa Marta e outra da Vila Entre-Rios. Todas as habitações apresentam o mesmo projeto, ou seja, possuem as mesmas dimensões, as mesmas divisórias e localização de aberturas. Apenas a habitação 4 é construída isolada, apresentando um dormitório a menos, pois prevê a possibilidade de futura ampliação.

3.2 Medições

Foram realizados medições “in loco” de temperatura e umidade nas habitações definidas em dois períodos, ou seja, um no inverno, durante os meses de junho e julho, e no verão, durante o mês de janeiro.

Para a realização das medições dos parâmetros térmicos das moradias foram utilizados dois registradores de temperatura e umidade UTRReg – S1615, marca Squitter que possuem sensores de temperatura e umidade embutidos. Os mesmos ficaram em abrigos construídos em chapa perfurada, que foca num pedestal de 1,20 cm de altura (ABNT, 2004). Em cada uma das 5 habitações definidas se fizeram medições de temperatura interna e externa durante 48 horas, com uma periodicidade dos registros de 30 minutos. Um dos registradores foi localizado dentro da casa, geralmente dentro da sala e outro foi colocado do lado de fora a cerca de 1 metro da edificação.

Depois de coletados, os dados eram transferidos para um microcomputador PC, através de um cabo serial, gerando um arquivo tipo txt. Daí os dados foram analisados e tratados, com auxílio do Microsoft Excel.

Simultaneamente às medições dos parâmetros nas residências, foram identificadas as tipologias construtivas das habitações em estudo, caracterizando-se os tipos de parede, piso, cobertura, divisórias, janelas e orientação. Igualmente foram desenvolvidos os cálculos do desempenho térmico destas edificações através do método definido pelo da norma da ABNT 15220, parte 2, calculando-se para cada elemento construtivo a transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar.

3.3 Software de Simulação

Atualmente a maioria dos trabalhos científicos realizados na área de avaliação termo-energéticas realizados no país estão adotando o software EnergyPlus, que se trata de uma ferramenta gratuita que se destaca pelo rigor na modelação da geometria da edificação e pela integração de modelos que facilitam os estudos. O EnergyPlus é um software de simulação que pode ser utilizado com diferentes interfaces (incluindo CAD) e ferramentas de análise de resultados (incluindo o Excel) que serão utilizados nesta pesquisa.

Apesar de não apresentar uma interface amigável, o que exige maior esforço e dedicação do pesquisador, já que o aprendizado é lento e a modelagem difícil, lenta e trabalhosa. Mas o Energyplus permite modelagens complexas e depois de definido o modelo, se torna fácil alterar alguns parâmetros e observar o comportamento dos resultados.

Considerando o que é referido pela grande maioria dos pesquisadores, como Grings (2003), que afirmam que este software reproduz com bastante aproximação o comportamento térmico de uma edificação, decidiu-se pela utilização do Energyplus para a realização das simulações das habitações em estudo.

3.4 Dados Climáticos:

Os dados climáticos, indicados para serem usados na avaliação do desempenho térmico de edificações, são do ano climático de referência. Segundo Carlo (2002), os dados climáticos horários de um ano são fundamentais na simulação do desempenho térmico de uma edificação. No entanto no Brasil, muitas vezes, não há disponibilidade desses dados, dificultando as pesquisas na área. Esta realidade foi experimentada durante a realização deste trabalho, quando não se encontraram dados climáticos completos e confiáveis, em publicações oficiais ou científicas, sobre a cidade de Passo Fundo.

Assim utilizou-se um arquivo climático (formato TMY2) da cidade de Passo Fundo, montado por Degelman (2005). O Arquivo foi construído pelo autor utilizando os dados das Normais Climatológicas de Passo Fundo, tendo por base o ano de 2003, utilizando dados simplificados (normais) para estimar ano completo. No caso esse ano climático não é tão preciso, mas não deixa de ter uma boa representatividade. Ele foi estimado a partir de médias mensais de temperatura, pressão e umidade relativa.

O arquivo climático com extensão TMY2 é convertido por um programa auxiliar do Energyplus em arquivo EPW, que então é utilizado pelo programa EnergyPlus, para avaliação do desempenho térmico

das habitações em estudo. Além do referido arquivo climático utilizou-se informações na Embrapa Trigo, (EMBRAPA, 2005).

3.5 Desenvolvimento da pesquisa e tratamento dos dados:

Definido o software e obtidos os dados climáticos, foram realizadas as simulações visando a executar a avaliação do desempenho térmico das habitações em estudo.

Para a coleta dos dados de temperatura e umidade foram utilizados dois UTReg – S1615 para aquisição de dados. Com os dados coletados e mais os dados climáticos obtidos junto a EMBRAPA Trigo (EMBRAPA, 2005), foi realizada a modelagem e simulação no programa EnergyPlus.

Os valores encontrados nas simulações para cada uma das habitações foram comparados com os das outras. Igualmente os valores obtidos nas medições, foram comparados entre as diferentes habitações. Ainda foram confrontados os dados das simulações com os das medições e com os parâmetros calculados.

Os cálculos das propriedades térmicas - resistência, transmitância e capacidade térmica, atraso térmico e fator de calor solar - de elementos e componentes de edificações foram realizados obedecendo aos procedimentos estabelecidos pelo Projeto de Norma da ABNT 15.220 e descritos na revisão bibliográfica (ABNT, 2005).

De posse das informações, tanto medidas, como calculadas e simuladas, realizou-se uma análise dos resultados obtidos, com referência ao desempenho térmico das habitações em estudo, comparando-se os resultados nos diferentes métodos, sobretudo, com relação aos parâmetros definidos na norma 15.220 da ABNT e no projeto de norma 02:136.01.

3.6 Materiais e equipamentos

Nas medições da temperatura e da umidade, utilizaram-se dois registradores UTReg – S1615, marca Squitter, que possuem sensores de temperatura e umidade embutidos em seu corpo.

Foi utilizada uma câmara fotográfica digital Sony, Cyber-shot DSC-P93A, para o registro visual de elementos ou de situações importantes para a pesquisa.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Dados Climáticos

Junto a estação meteorológica da Embrapa Trigo em Passo Fundo (EMBRAPA, 2005) obtiveram-se dados climáticos: normais climatológicas, evapotranspiração potencial, fotoperíodo, horas-de-frio, características do vento, caracterização de ph de águas de chuva e radiação solar. Desta forma, usando estas informações, mais o arquivo climático no formato TMY2, que retrata o ano climático da cidade de Passo Fundo, gerado por Degelman (2005), utilizou-se o conversor do Energyplus para criar um arquivo EPW, que então foi utilizado pelo programa EnergyPlus, para a simulação do desempenho térmico das habitações em estudo.

4.2 Características das Habitações em Estudo

As características das tipologias construtivas, foram obtidas através de plantas e memoriais descritivos conseguidos junto a Secretaria Municipal da Habitação de Passo fundo e em vistoria nas construções, levantando dados complementares.

Tabela 1 - Característica das Habitações estudadas

	Habitação 1	Habitação 2	Habitação 3	Habitação 4	Habitação 5
Tipos	geminada	geminada	geminada	individual	geminada
Área	36,60 m ²	36,60 m ²	36,60 m ²	30,37 m ²	36,60 m ²
Nº de pessoas	5	4	3	4	2
Equipamentos	fogão/TV/ refrigerador	fogão/TV/ refrigerador	fogão/TV/ refrigerador	fogão/TV/ refrigerador	fogão/TV/ refrigerador
Nº dormitórios	2	2	2	1	2
Telha	fibrocimento 5mm	fibrocimento 5mm	fibrocimento 5mm	fibrocimento 5mm	fibrocimento 5mm
Forro	Lambri pinus 1 cm	Lambri pinus 1 cm	Lambri pinus 1 cm	Lambri pinus 1 cm	Lambri pinus 1 cm
Esquadrias	metálica	metálica	metálica	metálica	metálica
Paredes externas	alvenaria 10 cm, reboco externo de 1cm	alvenaria 10 cm, reboco externo de 1cm	alvenaria 10 cm, reboco de 1cm nas duas faces	alvenaria 10 cm, reboco de 1cm nas duas faces	alvenaria 10 cm, reboco de 1cm nas duas faces
Paredes Int.	madeira 2 cm	madeira 2 cm	madeira 2 cm	madeira 2 cm	madeira 2 cm
Piso	cimentado	cimentado	cimentado	cimentado	cimentado
Orient.fachada	NO	NO	NE	NO	NE

A área construtiva das unidades habitacionais em estudo varia de 30,37 m² a 41,88 m². Estas habitações apresentam-se em construção geminadas ou individuais, sendo a grande maioria o primeiro caso. As paredes são de alvenaria, executada com tijolo cerâmicos de 6 furos, rebocado nas duas faces, com espessura média de 10 cm. As coberturas são feitas em duas águas, com telhas de fibrocimento, de 5mm de espessura. Possuem forro em lambri de madeira, com 1 cm de espessura. O beiral varia de 40 a 52 cm de largura. Todas as janelas possuem vidro de 3 mm de espessura. As janelas da sala, e do dormitório são de correr, são fabricadas em ferro e possuem uma área média de 1,2 m². Já a cozinha e o banheiro possuem janelas tipo basculante, sendo a primeira com uma área de 0,72 m² e a segunda 0,64 m². As 5 habitações avaliadas através de medições estão a seguir caracterizadas, na Tabela 1.

4.3 Propriedades Térmicas Calculadas

A seguir são apresentados os cálculos realizados das propriedades térmicas - resistência, transmitância

Tabela 2 - Propriedades térmicas Calculadas e recomendadas pela NBR-15220 da ABNT

		Transmitância Térmica (W/m ² .K)		Atraso Térmico (Horas)		Fator de Calor Solar	
		Calculado	NBR -15220	Calculado	NBR -15220	Calculado	NBR -15220
HAB1	Parede	2,50	≤ 3,00	4,25	≤ 4,3	3,00	≤ 5,0
	Cobertura Verão	2,02		0,91	≤ 3,3	2,43	≤ 6,5
	Inverno	2,82					
HAB2	Parede	2,50	≤ 3,00	4,25	≤ 4,3	3,00	≤ 5,0
	Cobertura Verão	2,02		0,91	≤ 3,3	2,43	≤ 6,5
	Inverno	2,82					
HAB3	Parede	2,55	≤ 3,00	4,50	≤ 4,3	3,06	≤ 5,0
	Cobertura Verão	2,02		0,91	≤ 3,3	2,43	≤ 6,5
	Inverno	2,82					
HAB4	Parede	2,55	≤ 3,00	4,50	≤ 4,3	3,06	≤ 5,0
	Cobertura Verão	2,02		0,91	≤ 3,3	2,43	≤ 6,5
	Inverno	2,82					
HAB5	Parede	2,55	≤ 3,00	4,50	≤ 4,3	3,06	≤ 5,0
	Cobertura Verão	2,02		0,91	≤ 3,3	2,43	≤ 6,5
	Inverno	2,82					

Obs: Parâmetros que não atendem a Norma

e capacidade térmica, atraso térmico e fator de calor solar - de todos os elementos das edificações em

estudo, para que se possa comparar com os valores calculados com aqueles especificados pela Norma NBR -15220 da ABNT.

4.4 Resultados Obtidos nas Medições Efetuadas

Nas medições, realizada no verão, nas 5 residências em estudo, no período de 04 a 18 de janeiro de 2006, obteve-se temperaturas internas e externas, para o verão e para o inverno, conforme as apresentadas em curvas similares aquela do Figura 1 (a). A umidade relativa se comportou similar ao apresentado no Figura 1 (b).

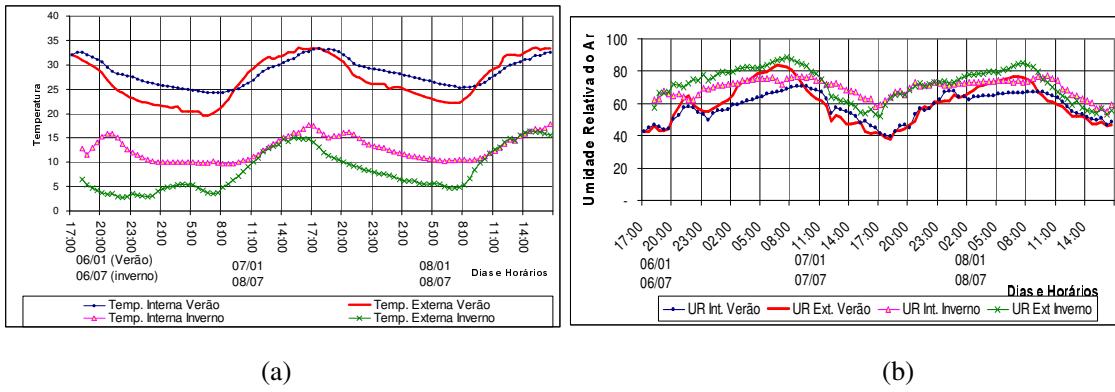


Figura 1 – Temperatura e umidade relativa do ar, interna e externa, medida na habitação 1

4.5 Resultados das Simulações Realizadas Utilizando o EnergyPlus

O comportamento térmico, obtido nas simulações para o verão e inverno, é muito parecido nas 5 (cinco) habitações em estudo, conforme pode ser visto no Figura 2, para um dia típico de verão e outro de inverno, isto se deve pelo fato das construções apresentarem mínimas diferenças tipológicas e construtivas. Observa-se que a habitação 1 apresenta as menores temperaturas no verão, principalmente à tarde e à noite. Já a habitação 4 é aquela que apresenta as maiores temperaturas.

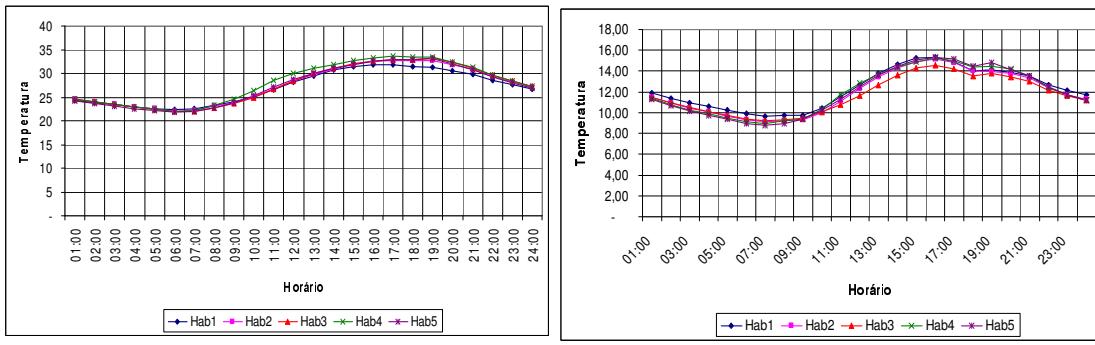


Figura 2 - Temperatura interna simulada para as 5 habitações para um dia típico de verão (a) e de inverno (b)

4.6 Análise dos Resultados

Neste item é apresentada a análise dos resultados obtidos com relação ao que estabelece as normas e projetos de normas da ABNT, relativos a tema.

4.6.1 Relacionado à Norma da ABNT 15220

Através dos cálculos realizados (ver Tabela 2), constatou-se que as paredes das casas possuem uma transmitância térmica de 2,50 e 2,55 W/m²K, portanto inferior ao valor máximo fixado para a norma, que é de 3,00 W/m²K. A cobertura apresenta para o verão um valor calculado da transmitância térmica levemente superior ao limite estabelecido pela norma, ou seja, o valor calculado é de 2,02 e o normatizado deve ser menor do que 2,00. Já no inverno este valor é bem superior ao limite estabelecido, sendo o calculado igual a 2,82 e o da norma menor ou igual a 2,0.

O atraso térmico obtido para as paredes sem rebocos internos, foi de 4,25, levemente inferior ao valor fixado pela norma de 4,3 horas, atendendo portanto a norma 15.220 da ABNT. Já nas paredes com reboco nas duas faces o valor calculado do atraso térmico é de 4,50, portanto superior ao valor normatizado. Com relação ao telhado o valor calculado é bem inferior àquele fixado pela norma. O fator de ganho de calor solar, calculado para todas as habitações, é inferior ao estabelecido pela norma, já que todas as casas podem ser classificadas como de cores claras, atendendo ao estabelecido.

A NBR - 15220 da ABNT estabelece, para a zona bioclimática 2, onde Passo Fundo está inserida, que a edificação deve possuir aberturas para ventilação médias, de 15 a 25% da área do piso. As habitações 1, 2, 3 e 4 apresentam janelas de 1,20 metros quadrado nos dormitórios e na sala, enquanto que na habitação 4 elas possuem 1,4 m². Assim, se a área de abertura para ventilação fosse 100% do vão, as áreas das esquadrias atenderiam ao estabelecido pela norma. No caso estudado, todas as janelas só abrem 50% da área total, portanto, com relação a este item não é atendido o estabelecido pela norma.

4.6.2 Relacionado ao Projeto de Norma da ABNT 02:136.01

Os valores máximos admissíveis para a transmitância térmica das paredes externas segundo o projeto de norma 02:136.01, parte 4, são de 2,5 W/(m².K), assim os valores calculados, de 2,5 para as habitações 1 e 2 estão no limite. Já nas habitações 3, 4 e 5 os 2,55 estão acima do limite estabelecido pela PNBR. No verão a transmitância calculada para as coberturas de todas as habitações (são do mesmo tipo), é de 2,02 W/(m².K), sendo desta forma inferior a 2,3 W/(m².K) fixado como limite pelo projeto de norma. Já para o inverno os valores calculados de 2,82, são superiores aos estabelecido, não atendendo ao normatizado.

A capacidade térmica calculada apresenta um valor de muito superior ao mínimo estipulado pelo projeto de norma que é de 45 kJ/(m.K), pois para as habitações 1 e 2 o valor é de 199 kJ/(m.K) e para as habitações 3, 4 e 5 é de 213 kJ/(m.K).

A referida norma estabelece que os elementos de cobertura devem possuir capacidade térmica maior ou igual a 150 kJ/(m.K), que no caso não é atendido, já que a cobertura das habitações em estudo possuem valores muito inferior, ou seja, apresentam apenas 13,84 kJ/(m.K), portanto não satisfazendo o projeto de norma.

Tabela 3 – Comparativo das aberturas de ventilação existente e PNBR 02:136.01

Habitação	Ambiente	Percentual de Área de Ventilação Existente	Percentual de Área de Ventilação Exigido
1,	Dormitório 1	7,2 %	≥ 8 %
2,	Dormitório 2	8,2 %	≥ 8 %
3 e 5	Sala Cozinha	6,0 % 8,3 %	≥ 8 %
4	Dormitório Sala/Cozinha	9,3 % 8,2 %	≥ 8 %

Tabela 4 – Percentual anual das temperaturas inferiores a 12 °C

Descrição	Percentual horário anual com temperatura inferior a 12 °C
Habitação 1	2,53
Habitação 2	3,65
Habitação 3	3,95
Habitação 4	3,82
Habitação 5	4,68

Conforme pode ser visto na Tabela 3, as aberturas de ventilação são inferiores ao fixado no referido projeto de norma, no dormitório 1 e na sala das habitações 1, 2, 3 e 5.

O Projeto de Norma 02:136.01 requer que haja sombreamento das aberturas localizadas em paredes externas. No caso em estudo, apenas as janelas dos dormitórios de todas as residências possuíam venezianas, que possibilitam o sombreamento e o controle da entrada de luz. As demais aberturas externas não possuem sombreamento, assim não atendendo ao exigido no PNBR.

Com relação às condições de conforto para o verão, as habitações atendem as condições mínimas exigidas, já que tanto as temperaturas simuladas, como as medidas, no interior, são menores do que as do exterior, conforme normatizado.

Já com referência ao inverno não se pode dizer o mesmo, pois nas simulações todas as habitações apresentaram temperaturas inferiores a 12 oC. Igualmente nas medições efetuadas no inverno, onde apenas a habitação 5 não apresentou temperaturas inferiores a 12 oC por que no dia da medição as temperaturas externas não eram muito baixas.

Na Tabela 4 são apresentados os percentuais obtidos nas simulações para o ano típico, onde as temperaturas são inferiores aos 12 oC fixados pela norma. Num primeiro instante podem parecer pequenos os percentuais para um ano, mas se transformarmos em horas, veremos que na habitação 1 onde ocorre o menor percentual, ele equivale a 222 horas, que seriam mais de 9 dias por ano em situação de temperatura em desacordo com a norma. Já na Habitação 5, que apresentou o maior valor percentual, teríamos 410 horas anuais de desconforto, o que equivaleria a mais de 17 dias por ano.

Os resultados permitem concluir que a maioria dos parâmetros das habitações estudadas está dentro daqueles estabelecidos pela norma 15220 da ABNT. Verificando-se entretanto que o valor da transmitância da cobertura, no inverno não atende a estes parâmetros, bem como, o atraso térmico das paredes rebocadas nas duas faces (habitações 3, 4 e 5) que é superior ao fixado pela norma. Igualmente as áreas de abertura estão bem abaixo do recomendado pela norma.

Com referência ao que estabelece a PNBR 02:136.01 da ABNT, igualmente grande parte dos parâmetros das habitações estudadas estão dentro dos valores recomendados. No entanto verifica-se que a transmitância da cobertura, no inverno não atende a estes parâmetros. Do mesmo modo a capacidade térmica da cobertura é muito inferior ao valor estabelecido. Com relação às aberturas de ventilação, também se verifica que alguns ambientes não atendem ao mínimo fixado pelo PNBR. Igualmente faltam sombreamento das janelas, pois apenas as dos dormitórios possuem venezianas. Com relação às condições de conforto verifica-se que no verão há atendimento ao que é fixado, enquanto que no inverno não.

5 REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220:** Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de Norma 02:136.01:** Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Rio de Janeiro, 2004.

AKUTSU, M.; SATO, N.M.N.; PEDROSO, N.G. **Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares: manual de procedimentos para avaliação.** São Paulo: IPT, 1987.

ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERING. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.** Atlanta: ANSI/ASHRAE Standard, 2003.

BARBOSA, M. J. **Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares.** 1997. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

BONILLA, José A. **Fundamentos da agricultura ecológica**: sobrevivência e qualidade de vida. São Paulo: Nobel, 1992.

CARLO, J. C. **Diferenças no consumo de energia elétrica em edificações com arquivos climáticos de sítios e anos distintos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

DANTAS, Eduardo H. M. **Ar Condicionado Vilão ou Aliado?** Uma Revisão Crítica. Revista Brasindoor, São Paulo, v.2, n.9, p.04-14, abr/jun.98.

DEGELMAN, L. **Arquivo Climático de Passo Fundo (TMY2)**. Disponível no Labeee, UFSC, Florianópolis, 2005.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Trigo. **Informações Meteorológicas**. Disponíveis em: <http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/index.htm>. Acesso em: 30 out. 2005.

ENERGYPLUS MANUAL, Version 1.2.3. The board of Trustees of the University of Illinois and the Regent of the University of California, USA, 2005.

GIVONI, B. **Comfort, climate analysis and building design guidelines**. Energy and Buildings, v.18, 1992.

GRINGS, E. T. O. **Comparação entre Resultados Computacionais e Experimentais do Comportamento Térmico de um Ambiente**. UFRGS, Porto Alegre, 2003.

Prefeitura Municipal de Porto Alegre. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre (PDDUA)**, 1999. Disponível em: <<http://www.portoalegre.rs.gov.br/planeja/spm/default.htm>>. Acesso em 11 nov. 2005.

USP - Universidade de São Paulo, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. **Conforto Térmico**, 2006. Disponível em: <<http://www.master.iag.usp.br/conforto/index.html>> . Acessado em: 21 jan. 2006.

WERNA, E. et al. **Pluralismo na habitação**. São Paulo: Annablume, 2001.

WESTPHAL, M. F. . **O movimento Cidades/Municípios saudáveis**: um compromisso com a qualidade de vida. Ciência Saúde Coletiva, Rio de Janeiro - Brasil, v. 5, n. 1, p. 39-52, 2000.