



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NA REGIÃO SUL DO RS

**Liader S. Oliveira(1); Antônio César S. B. da Silva (2); Eduardo G. da Cunha (2);
César R. Rosa (3)**

(1) Eng. Eletricista; Departamento de Tecnologia da Construção – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Pelotas – RS; e-mail: liader@ufpel.edu.br

(2) Prof. Dr. Arquiteto e Urbanista; Departamento de Tecnologia da Construção - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Pelotas – RS; e-mail: acsbs@ufpel.edu.br

(2) Prof. Dr. Arquiteto e Urbanista; Departamento de Tecnologia da Construção - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Pelotas – RS; e-mail: egcunha@terra.com.br

(3) Bolsista; Departamento de Tecnologia da Construção – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Pelotas – RS; e-mail: cesar.rodeghiero@pop.com.br

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo analisar as condições de conforto térmico em uma habitação de interesse social situada no sul do RS, que utiliza um sistema construtivo inovador, com paredes e cobertura com material cimentício sem amianto e madeira de reflorestamento, possibilitando rapidez na construção e redução de custos. Esta análise é feita considerando quatro diferentes configurações do envelope da edificação. A primeira configuração é a existente. Na segunda e terceira trabalha-se com o aumento do isolamento das paredes externa e da cobertura, respectivamente. E na quarta com o aumento do isolamento tanto nas paredes externas quanto na cobertura. Para esta análise a edificação foi simulada utilizando-se o programa DESIGN BUILDER, que é uma ferramenta de simulação termo-energética de edificações e trabalha com os algoritmos do programa ENERGY-PLUS. Finalizando analisou-se o desempenho térmico da edificação, para as quatro configurações, durante todo o período do ano, em especial para as condições de verão e de inverno. Os resultados mostraram que o aumento do isolamento tanto das paredes quanto da cobertura é a melhor opção para melhoria das condições de conforto da edificação.

Palavras-chave: designbuilder, conforto térmico, simulação termo-energética.



1 INTRODUÇÃO

O efeito do consumo de energia no aquecimento global é um dos motivos mais importantes para se adotar políticas de redução do consumo de energia elétrica (CUNHA et al., 2004). Da energia elétrica consumida no Brasil, 45% é utilizada em edificações residenciais, comerciais e públicas, o que totalizou mais de 190TW em 2009, segundo dados do Balanço Energético Nacional (EPE - Ministério de Minas e Energia). O setor residencial é responsável por cerca de 50% deste consumo.

Os materiais de construção têm uma forte influência sobre as condições de conforto no ambiente interior e, por conseguinte, sobre o consumo energético da edificação. O profissional responsável pela elaboração do projeto deve utilizar-se das orientações e recursos disponíveis para definir os detalhes da edificação, buscando a adequação da mesma ao clima local. A utilização dos conceitos bioclimáticos na elaboração do projeto, associada à escolha correta e fundamentada dos materiais construtivos, fará com que a edificação consuma menos energia para obter as condições de conforto necessárias para o desenvolvimento das atividades a que se destina.

O auxílio de ferramentas de simulação, como o programa DESIGN BUILDER, permite respaldar decisões projetuais, através do cálculo do desempenho térmico das edificações, possibilitando que o profissional possa verificar os dados que serão obtidos em função de suas escolhas, tanto na orientação da edificação quanto da sua tipologia, definição de materiais de fechamentos, aberturas e estratégias de ventilação natural.

Desse modo o atendimento das exigências de conforto pode ser desvinculado da utilização excessiva de equipamentos mecânicos de refrigeração e iluminação, nem sempre acessíveis financeiramente à maioria da população (SCHINLLER et al, 1997).

2 OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo verificar as condições de conforto térmico, com base na utilização do programa DESIGN BUILDER, para quatro configurações no que diz respeito às características do plano horizontal e vertical do envelope construído, em uma habitação de interesse social localizada no município de Rio Grande, RS.

3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho é dividida em três etapas:

3.1. *Caracterização da edificação escolhida.*

3.2. *Elaboração do modelo computacional da edificação, utilizando os recursos do programa DESIGNBUILDER, versão 2.0(trail).*

3.3. *Simulação da edificação:*

- Simulação da edificação de referência.
- Simulação da edificação com maior isolamento térmico no fechamento vertical.
- Simulação da edificação com maior isolamento térmico no fechamento horizontal.
- Simulação da edificação com maior isolamento térmico tanto no fechamento vertical quanto horizontal.



3.1. Caracterização da edificação escolhida

A edificação escolhida é uma habitação de interesse social e está construída no município de Rio Grande, RS, utilizando-se de madeiras de reflorestamento e materiais cimentícios na sua concepção, o que possibilita rapidez e redução de custos da construção. Possui dois dormitórios, sala de estar, cozinha, banheiro e dois átrios, totalizando 46m², ilustrados na figura 1. Foram obtidas informações quanto aos componentes que fazem o fechamento da edificação como tipo, espessura e densidade de cada um dos materiais que compõem a cobertura, forro e paredes externas, além dos detalhes do sistema construtivo.

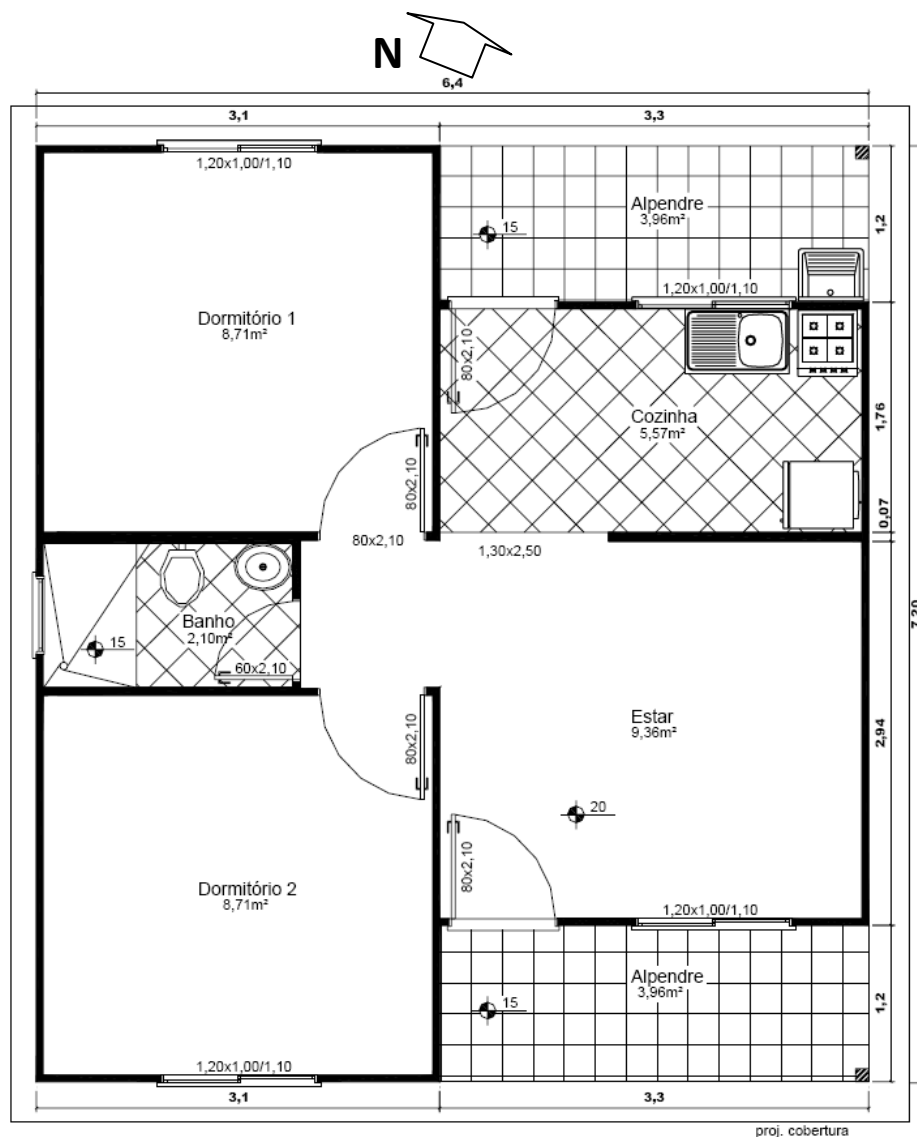


Figura 1. Planta baixa da edificação

Para simular as condições de conforto da edificação foi utilizado o arquivo climático de Porto Alegre (RS), município pertencente à zona bioclimática 2, a mesma de Rio Grande, conforme NBR 15220 (ABNT 2005).



3.2. Elaboração do modelo computacional

Foi utilizado o programa DESIGN BUILDER, versão 2.0 (trial), que, além de uma fácil introdução de geometrias, opera com os algoritmos do ENERGYPLUS, que atende as normas da ASHRAE 90.1 (1999) e ASHRAE 140 (2001).

Para a simulação inicial foram utilizados os materiais, componentes e aberturas reais da edificação. As simulações posteriores, feitas após a análise da simulação inicial, foram feitas com alterações dos sistemas construtivos, com a inclusão de materiais isolantes em paredes e na cobertura, e serão detalhadas a posteriori. A edificação foi modelada em dois blocos, em função do pé-direito variável, sendo que foram feitas aberturas internas que propiciaram a ligação entre os mesmos. A figura 2 ilustra a habitação simulada no trabalho.

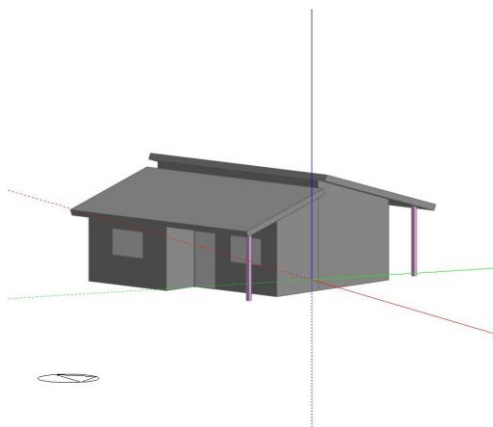


Figura 2. Habitação modelada através do programa DESIGNBUILDER

As propriedades térmicas dos materiais utilizados na simulação estão listadas na tabela 1.

Tabela 1. Características dos materiais utilizados na simulação

Material	ρ (kg/m ³)	λ (W/m.K)	c (kJ/kg.K)
Fibro-cimento			
Placas de fibro-cimento	1700*	0,35*	0,84
Telha de fibro-cimento	1600*	0,35*	0,84
Madeiras e derivados			
madeiras com densidade de massa aparente elevada (eucalipto)	800-1000	0,29	1,34
pinus	450-600	0,15	1,34

Fonte – NBR 15220 – 2005

*valores obtidos do site do fabricante (www.brasilit.com.br) em 24/04/2007



3.3. Configurações da edificação simulada

A edificação foi simulada levando-se em conta a ocupação por uma família de 4 pessoas, com uma rotina de ocupação pré-definida, assim como ganhos internos compostos pelo sistema de iluminação e aparelhos (14W/m^2). A mesma foi simulada com a utilização de ventilação natural calculada pelo programa DESIGNBUILDER, com abertura total dos vidros (50% da área, janela tipo guilhotina). O setpoint da temperatura interna para abertura dos vidros foi definido em 25°C , com base no trabalho de MARTINS et al, 2009. Para a simulação foram consideradas as portas internas abertas durante todo o tempo, os vidros fechados nos meses de junho, julho e agosto e abertos no restante do período do ano. Quanto às venezianas foram definidas diferentes configurações para inverno e verão, para possibilitar uma melhor ventilação no verão, no período noturno, como também para a minimização dos ganhos da radiação solar direta durante o dia e, durante o inverno para evitar as perdas de calor.

Foram definidas quatro configurações para a edificação. A primeira com os materiais realmente utilizados na edificação. Cabe salientar que, para as demais configurações, a estratégia projetual relacionou-se ao aumento do isolamento térmico, ora no plano vertical, ora no horizontal, ora de ambos, conforme tabela 2.

Tabela 2. Características dos fechamentos definidos na simulação

Edificação	Paredes externas	Cobertura
Configuração 1	Original ($U = 2,459 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Original ($U = 2,470 \text{ W/m}^2\text{K}$)
Configuração 2	Com isolamento térmico (manta de lã de vidro 4cm) ($U = 0,828 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Original ($U = 2,470 \text{ W/m}^2\text{K}$) ¹
Configuração 3	Original ($U = 2,459 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Com isolamento térmico (manta de lã de vidro 4cm) ($U = 0,830 \text{ W/m}^2\text{K}$)
Configuração 4	Com isolamento térmico (manta de lã de vidro 4cm) ($U = 0,828 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Com isolamento térmico (manta de lã de vidro 4cm) ($U = 0,830 \text{ W/m}^2\text{K}$)

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Análise de arquivo .TRY

Para esta análise foi utilizado o programa Analysis Bio, onde, em um primeiro momento, foi gerado o arquivo .TRY para cada configuração, nos meses de verão, inverno e no ano todo. Através da simulação computacional para cada configuração foram definidas as temperaturas e umidades relativas do ar internas na edificação e, através da utilização do programa Analysis Bio, foram gerados os arquivos .TRY. A utilização deste programa permite obter as estratégias de projeto adequadas para melhor adaptar a edificação ao clima local, através da avaliação de dados climáticos plotados sobre uma carta bioclimática. O programa utiliza a carta proposta por GIVONI (1992), na qual os limites máximos de conforto foram expandidos, considerando a aclimação de pessoas que vivem em países de clima quente e em desenvolvimento (PROGRAMA ANALYSIS-BIO, LABEEE-UFSC/SC). Nos gráficos 1, 2 e 3 ilustram-se as compilações das análises das 4 configurações de envelope considerando 3 situações: ano todo, verão e inverno.

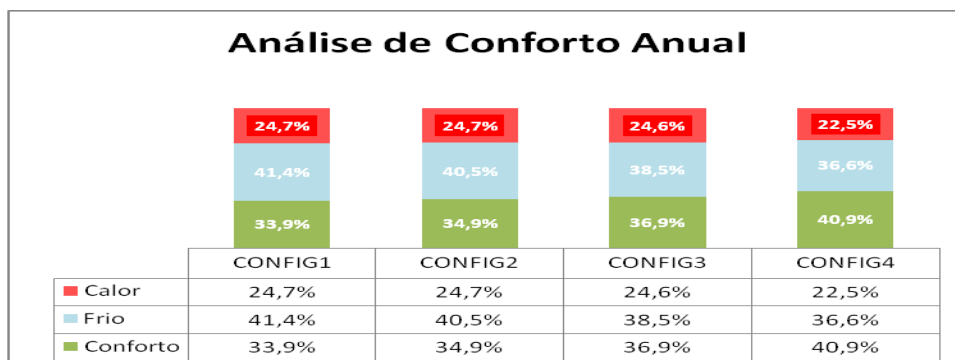


Gráfico 1 – Análise de conforto para o ano todo – configurações 1, 2, 3 e 4

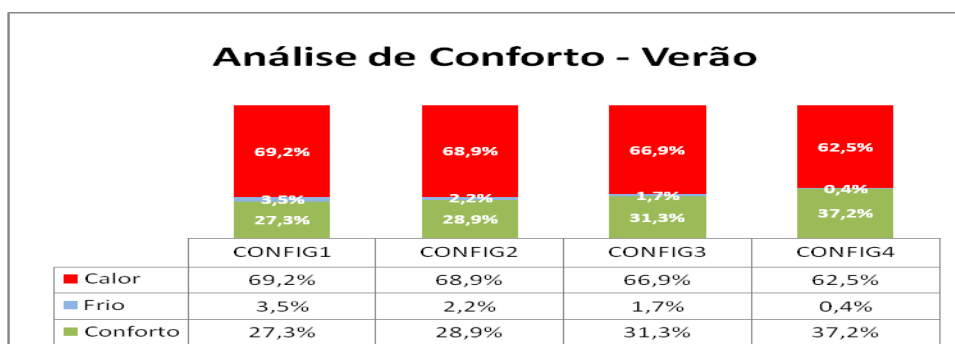


Gráfico 2 – Análise de conforto para as condições de verão – configurações 1, 2, 3 e 4

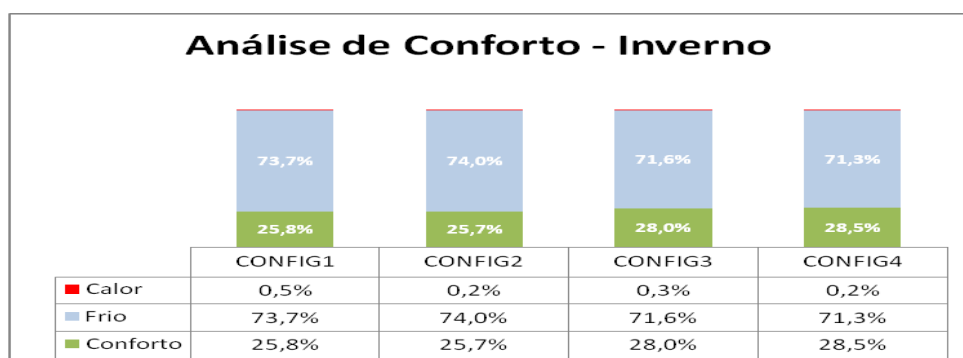


Gráfico 3 – Análise de conforto para as condições de inverno – configurações 1, 2, 3 e 4

Por outro lado, para melhor verificar-se a eficiência das alternativas propostas nas configurações 2,3 e 4 em relação à configuração original, bem como ao meio externo, utilizou-se o critério de graus-hora, que é normalmente utilizado para estimar a energia necessária para refrigeração ou calefação de um ambiente (GOULART, 1993).



Graus-hora é um parâmetro climático que pode ser definido como o somatório das diferenças de temperatura, quando esta se encontra abaixo de uma temperatura-base (T_b). Isto define os graus-hora para aquecimento. Da mesma forma pode ser calculado os graus-hora necessários para refrigeração. Neste caso é feito o somatório das diferenças de temperatura que se encontram acima da temperatura-base. Para este trabalho foram definidas as temperaturas-base inferior de 18°C e superior de 29°C , respectivamente, que correspondem as temperaturas de conforto para países em desenvolvimento segundo Givoni (1992).

Além do grau-hora foi utilizado também o conceito de grau-médio, sugerido por Papst (1999, p. 50) que é a razão do somatório dos graus-hora pelo número de horas em que a temperatura esteve acima, ou abaixo, da base estipulada, ou seja, a média dos graus-hora.

No gráfico 4 ilustra-se as compilações das análises das 4 configurações de envelope segundo os parâmetros anteriormente definidos.

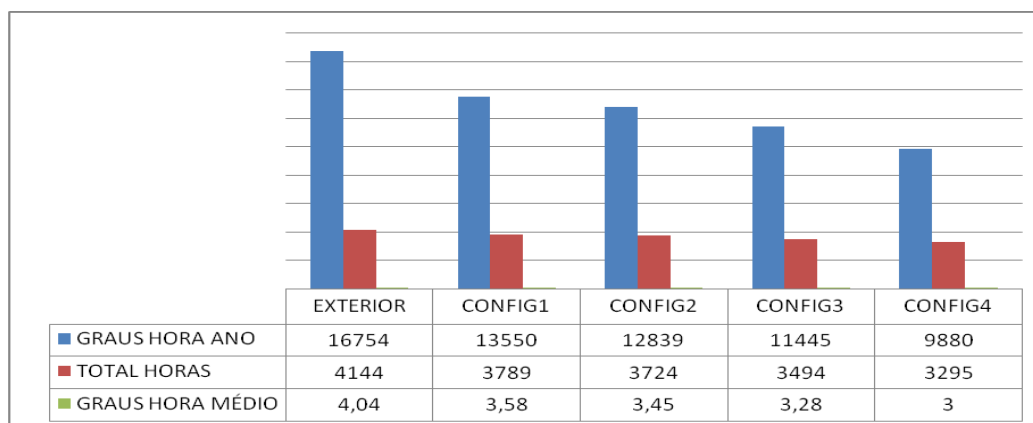


Gráfico 4 – Graus-hora, n° de horas e graus-médio para o ano todo – configurações 1, 2, 3 e 4

Verifica-se que a configuração 4 apresentou os melhores resultados em todas as situações. Tomando-se por base a carta de Givoni (1992) as horas de conforto aumentaram em cerca de 26% em relação à configuração 1, 17% em relação à configuração 2 e 11% em relação à configuração 3. Além disso o número de graus-hora médio reduziu-se de 4,04, na configuração 1 para 3,0 na configuração 4.

4.2 Comparação entre os resultados com base na aplicação da norma NBR 15575 – Desempenho de Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos – Parte 1 – Requisitos Gerais

A NBR 15575 - 1 (2008) considera o desempenho térmico como um dos critérios de análise, tanto no verão quanto no inverno. Um dos procedimentos aceitos para a verificação do atendimento dos critérios estabelecidos pela norma é a simulação computacional do desempenho térmico da edificação, e a sua comparação com parâmetros decorrentes do zoneamento bioclimático brasileiro.

4.2.1 Para o verão

A norma estipula que, para o verão, o valor máximo diário da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada, sem a presença de fontes internas de calor, deve obedecer as condições estabelecidas na tabela 3. Optou-se por fazer a análise de forma horária, para comparar-se com os graus-hora, referenciados por Papst (1999).

**Tabela 3** – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão

Nível de desempenho	Limites de temperatura do ar no verão
M (mínimo)	Valor máximo diário da temperatura do ar interior \leq valor máximo diário da temperatura do ar exterior (zonas 1 a 8)
I (intermediário)	Valor máximo diário da temperatura do ar interior $\leq 29^{\circ}\text{C}$ (zonas 1 a 7) Valor máximo diário da temperatura do ar interior $\leq 28^{\circ}\text{C}$ (zona 8)
S (superior)	Valor máximo diário da temperatura do ar interior $\leq 27^{\circ}\text{C}$ (zonas 1 a 7) Valor máximo diário da temperatura do ar interior $\leq 26^{\circ}\text{C}$ (zona 8)

Fonte: Zonas bioclimáticas de acordo com a NBR 15220 – Parte 3

Adotando-se os limites correspondentes a Zona Bioclimática 3 e fazendo-se uma análise horária dos dados coletados, obtém-se a Tabela 4, que demonstra o percentual de horas em cada nível de desempenho estabelecido pela Tabela 3, para cada configuração simulada.

Tabela 4 – Desempenho da edificação em percentual de horas para o verão

Configuração	Desempenho Aprovado			Desempenho Reprovado
	Superior	Intermediário	Mínimo	
1	70,29%	9,91%	3,05%	16,75%
		83,25%		16,75%
2	71,03%	9,67%	3,89%	15,41%
		84,59%		15,41%
3	71,22%	11,20%	5,41%	12,17%
		87,83%		12,17%
4	72,70%	11,94%	7,77%	7,59%
		92,41%		7,59%

4.2.2 Para o Inverno

A norma estipula que, para o inverno, os valores mínimos diários da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada, não devem ser inferiores aos estabelecidos na tabela 5. Optou-se por fazer a análise de forma horária, para comparar com os graus-hora, referenciados por Papst (1999).

Tabela 5 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas bioclimáticas 1 a 5*	Zonas bioclimáticas 6,7 e 8
M (mínimo)	Valor mínimo diário da temperatura do ar interior $\geq 12^{\circ}\text{C}$	
I (intermediário)	Valor mínimo diário da temperatura do ar interior $\geq 15^{\circ}\text{C}$	Nestas zonas este critério não precisa ser verificado
S (superior)	Valor mínimo diário da temperatura do ar interior $\geq 17^{\circ}\text{C}$	

*Nas zonas 1 e 2 o critério deve ser verificado considerando-se fonte interna de calor de 1000W.

Fonte: Zonas bioclimáticas de acordo com o projeto de norma NBR 15220 – Parte 3



A tabela 6 apresenta os resultados da simulação com a utilização deste critério.

Tabela 6 – Desempenho da edificação em percentual de horas para o inverno

Configuração	Desempenho Aprovado			Desempenho Reprovado
	Superior	Intermediário	Mínimo	
1	29,20%	21,77%	31,60%	17,43%
		82,57%		17,43%
2	28,25%	22,63%	33,14%	15,98%
		84,02%		15,98%
3	32,14%	23,45%	31,01%	13,40%
		86,60%		13,40%
4	32,73%	26,39%	30,33%	10,55%
		89,45%		10,55%

Verifica-se pelos resultados obtidos que, da mesma forma que a análise anterior, levando-se em conta os arquivos .try gerados através do programa AnalysisBio, a habitação é mais confortável no período de verão. Para este caso a configuração 4 leva vantagem em relação as demais, pois é desconfortável em apenas 7,59% do tempo, enquanto que a configuração 1 tem desconforto em 16,75% das horas. Em relação ao inverno a habitação tem seu desempenho reprovado em 17,43% das horas na configuração 1, sendo que na configuração 4 este percentual se reduz para 10,55% das horas.

Analizando-se pelos dois métodos, verifica-se que a configuração 2, na qual apenas as paredes recebem uma camada de isolamento térmico, não apresenta uma diferença substancial em relação a configuração 1, na qual as paredes e coberturas não possuem isolamento algum. Isto em função de que, no verão, é a cobertura que recebe a maior quantidade de radiação solar e não as paredes. Com isto o efeito do isolamento nas paredes é reduzido. Já no inverno as paredes recebem maior radiação, em função da menor altura solar, e o isolamento térmico prejudica a entrada de calor pelas mesmas. Na configuração 3, em que a cobertura é isolada, tem-se uma melhora substancial das horas de conforto em relação a configuração 1, em função da trajetória solar já referenciada anteriormente.

A configuração 4 é superior a todas as demais pois, ao isolar a cobertura durante o verão, impede a entrada de radiação solar através da mesma, mantendo a temperatura interna menor. No inverno esta mesma isolamento da cobertura impede a saída de calor que é obtido através da entrada de radiação solar pelos vidros, fazendo com que a temperatura interna fique um pouco mais elevada, e por mais horas dentro da zona de conforto.

Os resultados indicaram que o maior isolamento da cobertura e das paredes da edificação proporcionou um aumento substancial das condições de conforto térmico na edificação.



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15220** - *Desempenho térmico de edificações*, Rio de Janeiro:ABNT, 2005.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2009: ANO BASE 2008. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, RJ, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575** - *Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos Gerais*, Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

CUNHA, Eduardo; ZECHMEISTER, Dóris; MELO, Evanisa; MASCARÓ, Juan; VASCONCELLOS, Luciano; FRANDOLOSO, Marcos . *Elementos de arquitetura de climatização natural: método projetual buscando a eficiência energética nas edificações*. Passo Fundo: Editora da UFP, 2004.

GIVONI, B. *Performance and applicability of passive and low-energy cooling systems*. In: **Energy and Buildings**, Vol. 17, pp.177-179, 1991.

GIVONI, V. Confort, climate analysis and building design guidelines, *Energy and Building*, vol. 18, pp. 11-23, 1992.

GOULART, S. *Dados Climáticos para Avaliação de Desempenho Térmico de Edificações em Florianópolis*, 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 1993.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. *Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo, PW, 1997.

MARTINS, David; RAU, Sabrina; RECKZIEGEL, Simone; FERRUGEM, Anderson; SILVA, Antônio César. *Ensaio sobre a utilização da automação de aberturas na simulação do desempenho térmico de edificações*. In: X Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Natal, RN, 2009.

PAPST, A.L. *Uso da Inércia Térmica no Clima Sub-tropical: estudo de caso em Florianópolis – SC*. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 1999.

SCHILLER, S. DE. ET AL *Relevância de “proyescos demostratovps” de bajo impacto ambiental e eficiência energética*. Curso de Diseño y Urbanismo, Centro de Investigación Habitat e Energia, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina, 2002.

VENÂNCIO, Raoni. Treinamento para o programa Design Builder versão 2.0. LabCON, UFRN, RN, 2010.