



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

POTENCIALIDADES DO USO DE ALVENARIAS DE FARDO DE PALHA DE ARROZ NO RIO GRANDE DO SUL

Marcelo Bento Terres (1); Antônio César Silveira Baptista da Silva (2); Eduardo Grala da Cunha (3); Liader da Silva Oliveira (4)

(1) Laboratório de Conforto e Eficiência Energética – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Universidade Federal de Pelotas/RS, Brasil – e-mail: terres@pelotas.ifsul.edu.br

(2) Laboratório de Conforto e Eficiência Energética – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Universidade Federal de Pelotas/RS, Brasil – e-mail: acsbs@uol.com.br

(3) Laboratório de Conforto e Eficiência Energética – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Universidade Federal de Pelotas/RS, Brasil e-mail: egcunha@terra.com.br

(4) Laboratório de Conforto e Eficiência Energética – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Universidade Federal de Pelotas/RS, Brasil e-mail: liader@ufpel.edu.br

RESUMO

A escolha do tema desenvolvido neste artigo segue uma tendência natural da adoção de soluções construtivas mais sustentáveis, fundamenta-se na possibilidade de utilização de materiais cujos processos produtivos promovam baixo impacto ambiental e a possibilidade do reaproveitamento de resíduos abundantes no Estado do Rio Grande do Sul (palha de arroz), fonte renovável regularmente disponível como subproduto da produção dos grãos. Segundo *Commings* e *Stone* (Conselho Americano para Economia de Eficiência Energética – *Summer Studies* 1998), os fardos de palha na sua espessura usual (48 cm) possuem excelente resistência térmica. Algumas experiências práticas têm sido realizadas no IPEP (Instituto de Permacultura do Pampa) em Bagé/RS, com alvenaria de fardos de palha também com grande espessura. No entanto, para uso dos fardos em habitações de interesse social (HIS) enfrentam-se duas questões: a) a espessura da alvenaria reduziria a área útil da habitação, já que os terrenos costumam ter dimensões reduzidas; b) um aumento significativo do isolamento térmico das paredes poderia obrigar um aumento do isolamento da cobertura, que consequentemente representaria aumento de custo. Estas questões conduzem a uma tentativa da redução da espessura da alvenaria, levantando-se a hipótese de uso da palha como preenchimento de câmara em painéis contra-placados. Neste sentido, este trabalho avalia: 1) as propriedades térmicas dos fardos em relação à sua espessura para que possam ser usados em alvenarias em HIS; 2) comparar o desempenho de uma edificação simulando diferentes transmitâncias nas paredes (especificação da NBR 15.220 – Desempenho Térmico de Edificações e reduções destes valores), mantendo na cobertura a transmitância máxima admitida nesta Norma, avaliando se haveria armazenamento do calor ganho pela cobertura no interior desta edificação. Para tal foi utilizada simulação computacional através do programa *Energy Plus* com interface do *Design Builder*. Como resultado, verificou-se a eficiência deste tipo de solução construtiva e concluiu-se que para a transmitância máxima da cobertura, estabelecida pela Norma, a diminuição da transmitância das paredes não gera problemas, ao contrário, melhora o desempenho da edificação. Portanto seria possível desenvolver sistemas para compressão dos fardos em espessuras reduzidas, usando-os como enchimento de painéis, devido à necessidade de adequação das dimensões dos fardos para uso em HIS.

Palavras-chave: sustentabilidade, palha de arroz, HIS, eficiência energética, simulação computacional.



1. INTRODUÇÃO

A escolha do tema fundamenta-se na crescente necessidade do uso de tipologias mais sustentáveis, que busquem maximizar o aproveitamento do conforto natural e também no emprego de materiais que apresentem um bom desempenho quanto ao isolamento térmico nas edificações, proporcionando a diminuição do consumo energético. “Uma casa de palha pode economizar até 75% nos custos anuais com aquecimento e refrigeração” Morrison (www.strawbale.com). O valor agregado desta tipologia, dimensão econômica, portanto, será percebido pelo usuário, no decorrer do tempo de utilização da edificação. Busca-se também, na dimensão ecológica, o uso de materiais cujos processos produtivos promovam menor impacto ao meio ambiente e a possibilidade do reaproveitamento de resíduos abundantes na região (palha de arroz), fonte renovável regularmente disponível como subproduto dos grãos, para produção dos fardos que possam ser usados nas alvenarias de palha. “Os materiais usados na construção de edificações afetam significativamente o meio ambiente e têm um grande impacto ambiental. Sua extração, produção, transporte e eliminação consomem recursos e energia.” (Pearson, 1994, p. 128). “Palha de arroz, particularmente, possui alto teor de sílica na sua composição, que aumenta sua resistência à decomposição” Morrison (www.strawbale.com).

Buscou-se caracterizar as propriedades térmicas da palha, verificando sua capacidade de isolamento nas suas dimensões usuais e calculando o isolamento em uma espessura que fosse adequada para uso em habitação de interesse social. Mesmo em espessuras menores, o isolamento do material é alto, o que levantou uma questão: Até que ponto o aumento do isolamento das paredes com a manutenção do isolamento da cobertura prejudicaria o desempenho da edificação, fazendo com que os ganhos de calor pela cobertura ficassem dentro desta edificação.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo verificar o desempenho de uma edificação em função do aumento do isolamento das paredes, obtido através do uso de fardos de palha de arroz, mantendo a transmitância máxima da cobertura recomendada pela NBR 15.220. Esta verificação foi motivada pela constatação de que mesmo em espessuras menores, uma alvenaria de palha possui uma grande capacidade de isolamento, que poderia prejudicar o desempenho desta edificação. Em simulação computacional, através da utilização do programa *Design Builder*, foram comparados os desempenhos de quatro configurações, mantendo-se a transmitância da cobertura e variando as transmitâncias das paredes, em uma HIS localizada no município de Pelotas, RS.

3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho é dividida em cinco etapas principais:

- 3.1 Identificação das diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social para a região sul do Estado do Rio Grande do Sul (NBR 15.220 – Parte 3);
- 3.2 Caracterização das propriedades térmicas dos fardos de palha;
- 3.3 Compatibilização da espessura dos fardos para seu uso em HIS;
- 3.4 Simular, utilizando o *software Design Builder*, diferentes transmitâncias nas paredes mantendo-se a transmitância da cobertura, verificando o desempenho de uma edificação através de três parâmetros:
 - A) Carta bioclimática de Givoni (1991);
 - B) Recomendações da NBR 15.575 – Desempenho de Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos – Parte 1 – Requisitos Gerais;
 - C) Determinação de graus hora e graus hora médio;
- 3.5 Análise de resultados.



3.1 Diretrizes Construtivas:

Identificação das diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social para a região sul do Estado do Rio Grande do Sul (NBR 15.220 – Parte 3)

Grande parte do território do Estado do Rio Grande do Sul situa-se na zona bioclimática 2 (figura 1), inclusive o município de Pelotas, para esta zona devem ser atendidas as diretrizes construtivas apresentadas na tabela 1.

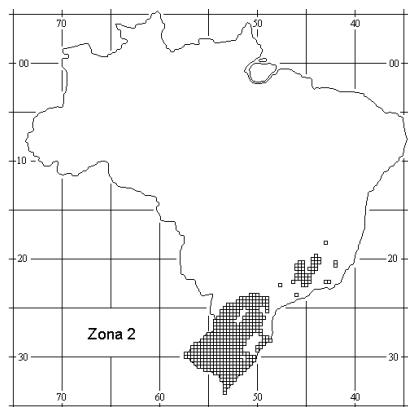


Figura 1 – Zona Bioclimática 2

Tabela 1: Características das vedações externas para a Zona Bioclimática 2

Vedações externas		Transmitância térmica U $W/m^2.K$	Atraso térmico ϕ Horas	Fator solar FS_o %
Paredes	Leve	$U \leq 3,00$	$\phi \leq 4,3$	$FS_o \leq 5,0$
Coberturas	Leve isolada	$U \leq 2,00$	$\phi \leq 3,3$	$FS_o \leq 6,5$

Fonte: Adaptado da NBR 15.220

3.2 Caracterização das propriedades térmicas dos fardos de palha:

Condutividade térmica.

Commins e Stone (1998), através de medições mostraram o valor de Condutividade Térmica de fardos de palha: $\lambda = 0,099 W/mK$ (valor muito próximo da condutividade do capim Santa Fé: $\lambda = 0,12 W/mK$ – expresso na NBR 15.220 – Parte 2 – Anexo B). Com a espessura usual de 48 cm, isto representa uma Resistência Térmica $R = 0,48m / 0,099 W/mK = 4,85 m^2K/W$. Considerando-se que ela seja rebocada com argamassa em ambos os lados (espessura de 2,5 cm), considerando a resistência térmica da argamassa e considerando também as resistências térmicas superficiais interna e externa, teremos uma Resistência Térmica total $5,06 m^2K/W$. Isto representa uma Transmitância $U = 1 / 5,06 m^2K/W$, $U = 0,197 W/m^2K$. Valor muito inferior a transmitância máxima admitida para as paredes pela NBR 15.220 para a Zona 2, que é de $3 W/m^2K$.

3.3 Compatibilização da espessura dos fardos para seu uso em habitações de interesse social.

A transmitância de uma alvenaria de palha com a espessura usual (48 cm) é muito baixa, tornando-a bastante isolante. Entretanto, para que este material pudesse ser usado em HIS, seria necessária a diminuição desta espessura, já que isto inviabilizaria implantações em lotes estreitos, pois a área útil das paredes em relação à área construída seria muito grande. Para viabilizar a simulação do desempenho deste material em HIS, optou-se por usar um painel de madeira prensada (1,4 cm) com a câmara interna preenchida com palha (12 cm), totalizando 14,8 cm de espessura, compatível com HIS. Isto representa uma Resistência Térmica $R = 0,12m / 0,099 W/mK = 1,21 m^2K/W$. Considerando-se a espessura das placas de madeira prensada (2 x 1,4 cm), a resistência térmica do material e também as resistências térmicas superficiais interna e externa, teremos uma Resistência total $1,62 m^2K/W$. Isto representa uma Transmitância $U = 1 / 1,62 m^2K/W$, $U = 0,62 W/m^2K$.



As demais diretrizes da NBR 15.220 com relação às outras características térmicas das paredes: Atraso térmico (ϕ) e Fator solar (FS_o), não puderam ser avaliadas, já que o Calor Específico do material é desconhecido. Na NBR 15.220 – Parte 2 – Anexo B também não há esta informação referente a materiais semelhantes (palha Santa Fé).

Ao trabalharmos com alvenarias que possuem grande capacidade de isolamento, surge a questão que levou a simular situações onde a transmitância das paredes fosse menor do que a transmitância da cobertura, para poder avaliar em que níveis de isolamento é realmente necessário que o isolamento da cobertura seja maior do que o isolamento das paredes, evitando que os ganhos térmicos pela cobertura sejam mantidos no interior da edificação.

3.4 Simular, utilizando o software *Design Builder*, diferentes transmitâncias nas paredes mantendo-se a transmitância da cobertura, verificando o desempenho de uma edificação através de três parâmetros:

- A) Carta bioclimática de Givoni (1991);
- B) Recomendações da NBR 15.575 Desempenho de Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos – Parte 1 – Requisitos Gerais;
- C) Determinação de graus hora e graus hora médio;

Para fazer esta simulação usou-se um projeto já avaliado por monitoramento através de medições em protótipo (DA SILVA; GONÇALVES, 2008). Aproveitando a modelagem deste projeto, foram alteradas as transmitâncias das paredes e mantida a transmitância da cobertura pela diretriz da NBR 15.220. Foram feitas 4 simulações conforme a tabela 2.

Tabela 2: Valores das transmitâncias usados nas simulações.

Configuração	Transmitância	
	Paredes	Cobertura
1	3 W/m ² K	2 W/m ² K
2	2 W/m ² K	2 W/m ² K
3	1 W/m ² K	2 W/m ² K
4	0,62 W/m ² K	2 W/m ² K

A edificação usada na simulação é uma HIS, possui dois dormitórios, sala de estar, cozinha, banheiro e dois átrios, totalizando 46m². Para simular as condições de conforto da edificação foi utilizado o arquivo climático de Santa Maria (RS), município pertencente à zona bioclimática 2, a mesma de Pelotas, conforme NBR 15.220. Na elaboração do modelo computacional, foi utilizado o programa *Design Builder* que opera com os algoritmos do *Energy Plus*. 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 configuração da edificação foi simulada levando-se em conta a ocupação por uma família de 4 pessoas, com a seguinte rotina de ocupação: das 8:00 as 12:00 – 50%, das 12:00 as 14:00 – 100%, das 14:00 as 18:00 – 50% , das 18:00 as 8:00 – 100%. Ganhos internos compostos pelo sistema de iluminação e aparelhos (14W/m²). A ventilação natural com abertura total dos vidros (50% da área da janela – tipo guilhotina), com a seguinte configuração: junho, julho e agosto – fechada; resto do ano – aberto com o setpoint da temperatura interna para abertura dos vidros em 25°C, (MARTINS et al, 2009). Foram consideradas as portas internas abertas durante todo o tempo. As configurações de abertura para as venezianas (Tabela 3) buscaram possibilitar para o verão: melhor ventilação no período noturno e minimização dos ganhos da radiação solar direta durante o dia; para inverno: evitar perdas de calor.



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

Tabela 3 – Configuração para abertura e fechamento das venezianas

		Fechadas	Abertas
Fachada Norte	Verão	8:00 as 19:00	19:00 as 8:00
	Inverno	17:00 as 8:00	8:00 as 17:00
Fachada Sul	Verão	6:00 as 9:30; 15:30 as 19:00	9:30 as 15:30; 19:00 as 6:00
	Inverno	18:00 as 8:00	18:00 as 8:00

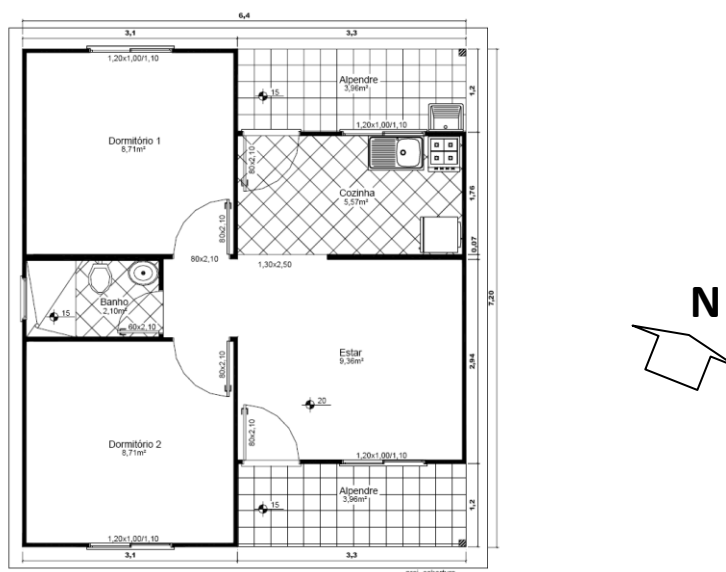


Figura 2. Planta baixa da edificação analisada

3.5 Análise dos Resultados:

A) Carta bioclimática de Givoni (1991).

Os dados de temperatura interna e umidade do ar interna gerados em cada configuração pelas simulações no *Design Builder* são plotados na carta bioclimática através do programa *Analysis BIO* (LabEEE/UFSC), assim temos um comparativo entre as situações de conforto, desconforto por calor e desconforto por frio para cada configuração no gráfico 1:

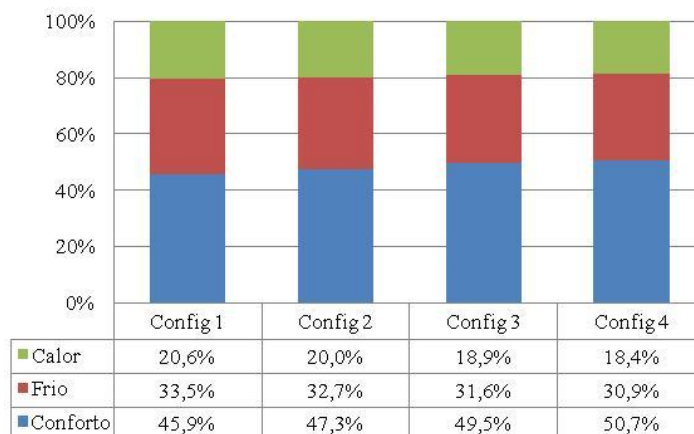


Gráfico1 – Níveis de conforto de Givoni



Podemos observar que a parcela de conforto aumenta e as parcelas de frio e calor diminuem conforme aumenta o isolamento das paredes, melhorando o desempenho da edificação entre as configurações 1 e 4 em cerca de 5 pontos percentuais.

B) Verificação do desempenho através da NBR 15.575 – Desempenho de Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos – Parte 1 – Requisitos Gerais.

Para o verão, foram analisados os dados dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, que caracterizam o período com as maiores médias de temperaturas máximas do ano. A norma estipula que os valores de temperatura máximos diários do ar interior de recintos de permanência prolongada, devem obedecer às condições estabelecidas na tabela 4, podendo ser classificados como Superior, Intermediário, Mínimo ou Reprovado.

Tabela 4 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão

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

Fonte: NBR 15.575

Para o inverno, foram analisados os dados dos meses de junho, julho e agosto, que caracterizam o período com as menores médias de temperaturas mínimas do ano. A norma estipula que os valores de temperatura mínimos diários do ar interior de recintos de permanência prolongada, devem obedecer às condições estabelecidas na tabela 5, podendo ser classificados como Superior, Intermediário, Mínimo ou Reprovado.

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

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas bioclimáticas 1 a 5 ¹	Zonas bioclimáticas 6 a 8
M	Valor mínimo diário da temperatura da ar interior $\geq 12^\circ \text{C}$	Nestas zonas este critério não precisa ser verificado
I	Valor mínimo diário da temperatura da ar interior $\geq 15^\circ \text{C}$	
S	Valor mínimo diário da temperatura da ar interior $\geq 18^\circ \text{C}$	

¹ Nas zonas 1 e 2 o critério deve ser verificado considerando-se uma fonte interna de calor de 1.000 w.

Fonte: NBR 15.575

Quadro 1 – Resultados dos desempenhos considerando-se as temperaturas máximas e mínimas diárias

VERÃO			
CONFIG 1			
Desempenho Aprovado			Reprovado
Superior	Intermediário	Mínimo	
15,56%	15,56%	11,11%	57,78%

INVERNO			
CONFIG 1			
Desempenho Aprovado			Reprovado
Superior	Intermediário	Mínimo	
18,48%	9,78%	29,35%	42,39%

CONFIG 2			
Desempenho Aprovado			Reprovado
Superior	Intermediário	Mínimo	
15,56%	16,67%	16,67%	51,11%

CONFIG 2			
Desempenho Aprovado			Reprovado
Superior	Intermediário	Mínimo	
20,65%	8,70%	31,52%	39,13%



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

CONFIG 3			
Desempenho Aprovado			Reprovado
Superior	Intermediário	Mínimo	
16,67%	20,00%	22,22%	41,11%

CONFIG 3			
Desempenho Aprovado			Reprovado
Superior	Intermediário	Mínimo	
20,65%	11,96%	33,70%	33,70%

CONFIG 4			
Desempenho Aprovado			Reprovado
Superior	Intermediário	Mínimo	
16,67%	21,11%	23,33%	38,89%

CONFIG 4			
Desempenho Aprovado			Reprovado
Superior	Intermediário	Mínimo	
21,74%	11,96%	34,78%	31,52%

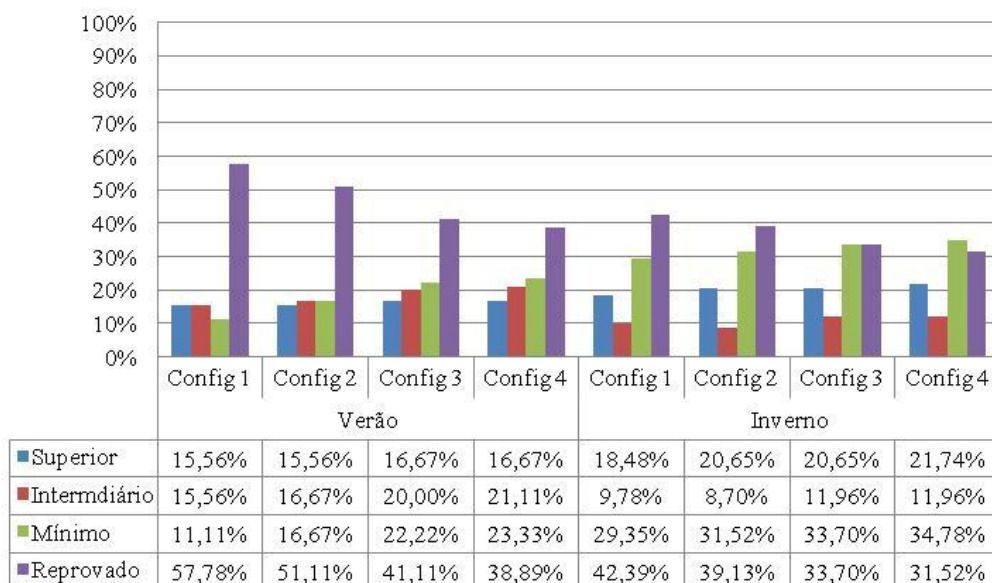


Gráfico 2 – Resultados dos desempenhos considerando-se as temperaturas máximas e mínimas diárias

Podemos observar que conforme aumentamos o isolamento das paredes, o desempenho Reprovado entre a Configuração 1 e 4 diminuiu: no verão cerca de 9 pontos percentuais; no inverno cerca de 11 pontos percentuais. Os desempenhos Superior, Intermediário e Mínimo aumentaram conforme aumentamos o isolamento das paredes

A NBR 15.575 especifica que se usem as temperaturas máximas e mínimas diárias para classificar o desempenho da edificação. Desta forma, a análise poderia restringir este desempenho a um período muito pequeno do dia. Assim optou-se por fazer também uma classificação do desempenho da edificação com dados de temperatura horários, usando os mesmos limites da Norma.

Quadro 2 – Resultados dos desempenhos considerando-se as temperaturas horários

VERÃO			
CONFIG 1			
Desempenho Aprovado			Reprovado
Superior	Intermediário	Mínimo	
67,96%	14,07%	2,27%	15,69%

INVERNO			
CONFIG 1			
Desempenho Aprovado			Reprovado
Superior	Intermediário	Mínimo	
45,79%	14,58%	21,83%	17,80%

CONFIG 2			
Desempenho Aprovado			Reprovado
Superior	Intermediário	Mínimo	
68,33%	14,44%	2,78%	14,44%

CONFIG 2			
Desempenho Aprovado			Reprovado
Superior	Intermediário	Mínimo	
45,97%	15,35%	22,37%	16,30%



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

CONFIG 3			
Desempenho Aprovado			Reprovado
Superior	Intermediário	Mínimo	
68,56%	15,56%	3,52%	12,36%

CONFIG 3			
Desempenho Aprovado			Reprovado
Superior	Intermediário	Mínimo	
46,20%	17,35%	21,92%	14,54%

CONFIG 4			
Desempenho Aprovado			Reprovado
Superior	Intermediário	Mínimo	
68,89%	15,65%	2,08%	13,38%

CONFIG 4			
Desempenho Aprovado			Reprovado
Superior	Intermediário	Mínimo	
46,60%	17,98%	21,92%	13,50%

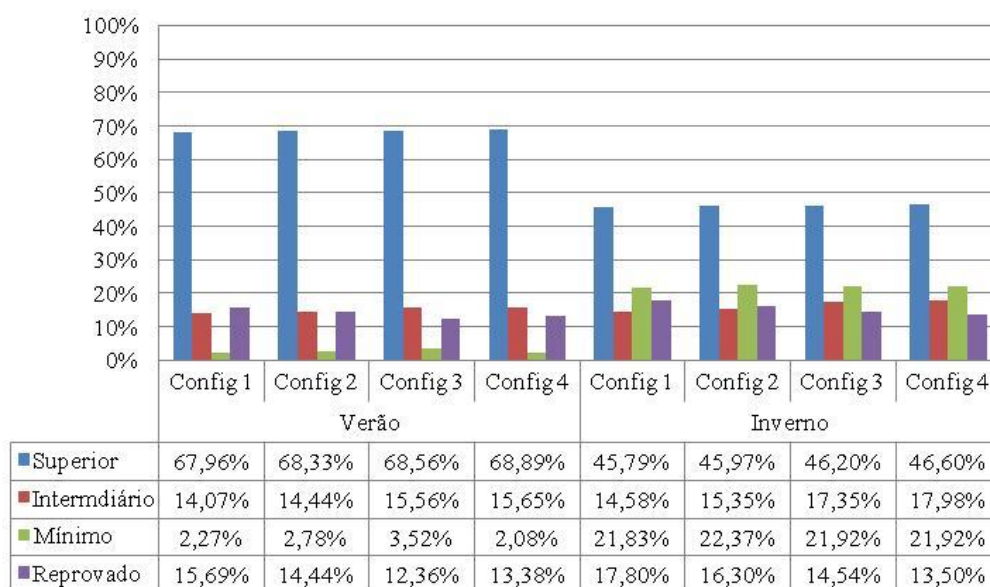


Gráfico 3 – Resultados dos desempenhos considerando-se as temperaturas horárias

Podemos observar que tanto no verão como no inverno houve um pequeno aumento do desempenho Superior conforme se aumentou o isolamento das paredes.

Os resultados obtidos no critério das temperaturas máximas e mínimas (Quadro 1) comparados com os resultados das temperaturas horárias (Quadro 2) foram bem distintos.

No Quadro 1, os resultados com desempenho Superior para o verão ficaram na faixa de 16%, enquanto no Quadro 2 ficaram na faixa dos 68%. No quadro 1, o desempenho Superior para inverno ficou na faixa de 46%, enquanto no Quadro 2 ficou na faixa de 20%. A análise da carta bioclimática de Givoni (Gráfico 1) mostra valores de conforto entre 45 e 50%, mais próximos dos resultados do Quadro 2.

Se somarmos os desempenhos Mínimo e Reprovado do Quadro 1 obteremos valores entre 68 e 62% para o verão e entre 71 e 66% para o inverno. Se somarmos os desempenhos Mínimo e Reprovado do Quadro 2 obteremos valores entre 15 e 18% para o verão e entre 35 e 39% para o inverno. A análise da carta bioclimática de Givoni (Gráfico 1) mostra valores de desconforto entre 18 e 20% para o calor e entre 31 e 33% para o frio, novamente mais próximos dos resultados do Quadro 2.

C) Determinação de graus hora e graus hora médio:

Para verificar o desempenho das diferentes configurações, utilizou-se o critério de graus-hora, que é normalmente usado 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 ou acima de uma temperatura-base (T_b), definindo os graus-hora para aquecimento ou para refrigeração e também o número de horas que a temperatura ficou fora dos limites. Para este trabalho foram definidas as seguintes temperaturas-base: Para aquecimento, inferior a 18°C ; Para refrigeração, superior a 29°C , que correspondem às temperaturas de conforto para países em desenvolvimento segundo GIVONI.

Além do critério de graus/hora, utilizou-se também o conceito de graus/hora médios, 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 das temperaturas bases estipuladas, tendo assim um valor médio para todos os intervalos em que a temperatura esteve fora dos limites.

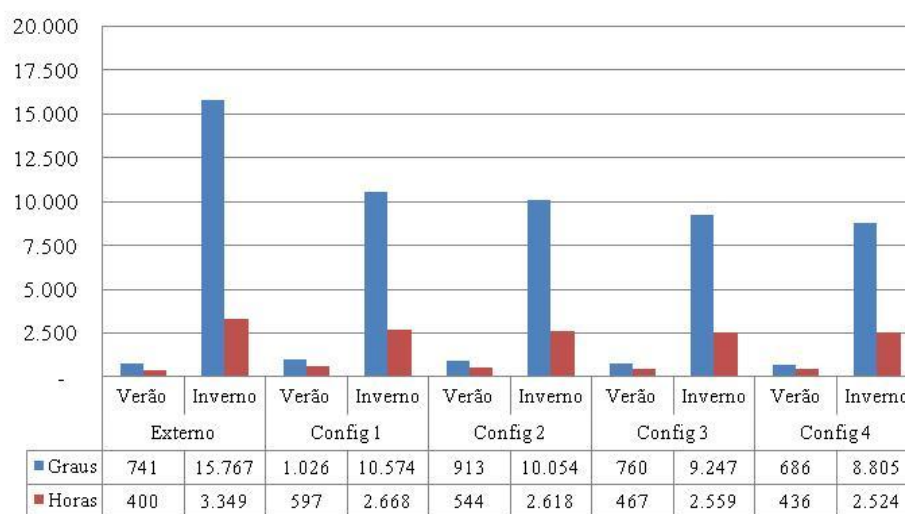


Gráfico 4 – Graus e Horas para resfriamento e aquecimento

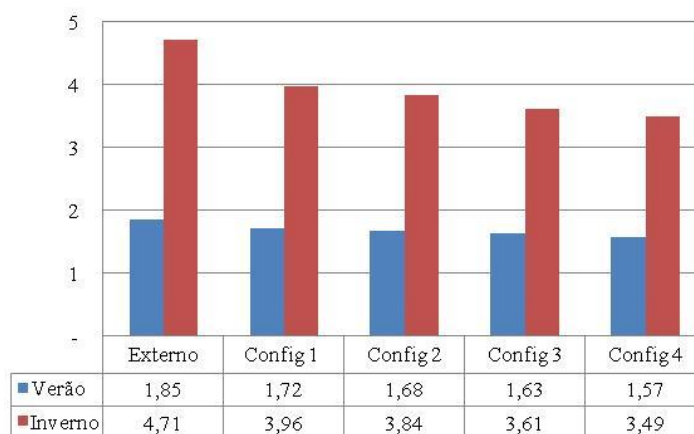


Gráfico 5 – Graus/hora médios para resfriamento e aquecimento

Podemos observar que a medida que aumenta o isolamento das paredes, diminui a quantidade de graus horas e também graus horas médio para aquecimento e resfriamento, sendo necessário menor gasto energético para manter a edificação dentro dos parâmetros de conforto.

Considerações finais:

Podemos observar que o desempenho, nos três critérios avaliados, aumenta conforme aumentamos o isolamento das paredes. Para o valor máximo de transmitância especificado pela NBR 15.220 para a cobertura ($2 \text{ W/m}^2\text{K}$), a diminuição das transmitâncias das paredes não gerou problemas de



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

manutenção dos ganhos térmicos no interior da edificação, pelo contrário, apresentou benefícios com ganho de níveis de conforto.

Pode-se supor que a transmitância máxima estipulada pela NBR 15.220 consegue minimizar significativamente os ganhos de calor pela cobertura, de tal forma que transmitâncias menores nas paredes, associadas com ventilação natural, não prejudicam o desempenho do edifício.

Apesar do aumento do isolamento das paredes melhorar o desempenho da edificação, este ganho não chegou a ser significativo, o que provavelmente seria alcançado se aumentássemos também o isolamento da cobertura.

A utilização da palha de arroz como material isolante em paredes é viável em termos de desempenho, e pode também ser desenvolvidos estudos para usá-la como material isolante nas coberturas para a zona bioclimática 2

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR – 15.220 - *Desempenho térmico de edificações*, Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR – 15.575 - *Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos Gerais*, Rio de Janeiro, 2004.

COMMINS e STONE (Conselho Americano para Economia de Eficiência Energética – *Summer Studies* 1998)

DA SILVA, Antonio César; GONÇALVES, Margarete. *Avaliação de desempenho térmico de protótipo de unidade habitacional pré-moldada de placas lisas cimentícias em zona bioclimática 2 (VERÃO)*. 2008 – ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008, Fortaleza, CE.

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

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.

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*. ENCAC 2009, Natal, RN.

MORRISON, Andrew; www.strawbale.com

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.

PEARSON, D. *The natural house book. Creating healthy, harmonious and ecologically sound home*. Londres: Conran Octopus Limited, 1994.