

ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS COM LIMITAÇÕES DE ORÇAMENTO PARA HABITAÇÃO SOCIAL NO CHILE

**Martin Ordenes; Joyce Carlo; Alexandra Maciel;
Antônio César Baptista da Silva; Márcia Oliveira**
Grupo de Arquitetura Bioclimática - TIPOLOGIA 11
Cristóvão Machado Campos, 221 – 1806. Florianópolis.
(48) 3284 3019- martin@labeec.ufsc.br

RESUMO

A aplicação de estratégias bioclimáticas pode estar erroneamente associada a um aumento de custos por novos materiais, formas atípicas, etc. O estudo realizado para uma edificação de habitação social em Concepción (Chile) mostra que é possível obter melhorias nos requerimentos energéticos destinados a aquecimento, e suas conseqüências no conforto térmico dos usuários, considerando uma restrição orçamentária na construção da edificação. Assim, o objetivo do trabalho é apresentar um projeto buscando a integração de estratégias de eficiência energética e conforto ambiental dentro de critérios viáveis de implementação para sua incorporação em políticas públicas de habitação social. Foi considerada uma primeira etapa de análise dos dados climáticos visando detectar as oportunidades arquitetônicas da edificação. A Carta Bioclimática indica que 45,3% das situações de desconforto por frio podem ser amenizadas com estratégias de aquecimento solar passivo. A Carta Solar e a Rosa dos ventos (Programa Sol-Ar) orientam sobre os desafios e oportunidades climáticas locais na escolha das estratégias bioclimáticas adotadas (Massa térmica interna, proteção ao vento, distribuição do calor gerado internamente e isolamento térmico da envolvente). As diferentes modificações arquitetônicas sugeridas foram testadas individualmente e em conjunto através de 104 simulações realizadas com o programa Energy Plus para duas formas distintas: uma típica do Chile (Tipologia 11) e outra tipologia proposta. Observou-se que os resultados se relacionam à forma da edificação, pois algumas estratégias não refletem melhorias se implementadas individualmente na tipologia proposta e o benefício final depende da integração de diversas destas opções. Os resultados mostram que é possível reduzir os requerimentos energéticos em até 38,0% respeitando o orçamento destinado a subsídios habitacionais.

ABSTRACT

The application of bioclimatic strategies can be misunderstood as an increase of resources due to new materials, unusual shapes, etc. This work is focused on a social house in Concepción (Chile) and shows that it is possible to improve the energy demand for heating, and its consequences in thermal comfort, considering a budget restriction. Thus, the objective of this study is to present a design proposal which integrates different energy efficiency strategies within a viable scenario to be incorporated in the Chilean politics of social housing. The study considers a first part where the local weather data is analyzed in order to identify the architectonic opportunities of the house. The bioclimatic chart shows that 45.3% of the thermal stress (cold) can be reduced by passive solar strategies. The temperature data plotted on the solar chart and the wind distribution on the compass card (Sol-Ar software) are useful as an orientation to identify challenges and opportunities for the adopted strategies such as internal thermal mass, wind protection, internal heat distribution and thermal isolation of the envelope). The different measures were tested individually and together through 104 simulations done with EnergyPlus for two options: the typical Chilean house (Typology 11) and the proposal design.

Results show a strong relationship with the building shape and some strategies do not improve the thermal performance when they are implemented individually in the proposal design. The highest benefit can be obtained by strategies integration, where the heating energy is reduced in 38.0% regarding the housing budget.

1. INTRODUÇÃO

As construções com destino social no Chile representam 17,4% do total de residências construídas no país (www.censo2002.cl), e a partir de simulações foi possível observar que elas apresentam importantes requerimentos de aquecimento (110 - 370 kWh/m²-ano). Assim, elas causam situações de desconforto térmico e suas conseqüências na saúde dos usuários. A aplicação em forma conjunta de estratégias arquitetônicas permite reduzir as cargas térmicas em 45 - 90 kWh/m²-ano dependendo da localização da edificação (ORDENES e VERA, 2003).

O governo do Chile, através do Ministério da Vivenda e Urbanismo (MINVU) lançou em Setembro de 2006 o edital para o desenvolvimento de projetos arquitetônicos e estratégias de eficiência energética para habitação popular rural. A partir da experiência com a regulamentação térmica no Chile, pretende-se abrir um espaço para que os arquitetos possam refletir e propor formas de encarar a habitação social rural desde uma perspectiva de eficiência energética e conforto térmico, associada às políticas públicas de apoio para este tipo de edificação. Assim, o objetivo do estudo foi desenvolver uma proposta arquitetônica que integre as diferentes estratégias bioclimáticas dentro de critérios viáveis de implementação para sua incorporação a partir das políticas de subsídio habitacional: USD 7.800 (≈R\$ 16.600,00) para cada unidade habitacional. Este artigo mostra o processo de tomada de decisão utilizando a simulação termo-energética de edificações.

2. METODOLOGIA

2.1 Definição do clima e da tipologia de edificação a ser estudada

A geografia do Chile envolve diversas latitudes (18 ° - 55 °) e possui um perfil transversal que vai do litoral até os 6.900 metros de altitude, isto faz com que seu território apresente uma ampla diversidade de climas. Estes climas encontram-se classificados em sete zonas térmicas de acordo com o nível de graus-dia que apresentam (OGUC, 1999). Os graus-dia são estimados a partir dos requerimentos de aquecimento que as condições climáticas impõem, considerando uma temperatura base de 15 °C e os meses em que os graus-dia estão acima de 50 (Tabela 1).

Tabela 1.- Graus-dia para as diferentes zonas térmicas do Chile.

Zona Térmica	Graus-dia
1	≤ 500
2	500 - 750
3	750 - 1.000
4	1.000 - 1.250
5	1.250 - 1.500
6	1.500 - 2.000
7	≥ 2.000

Para desenvolvimento e adoção das estratégias escolhidas foi realizado um estudo das características climáticas locais em relação aos limites de conforto estabelecidos na Carta Bioclimática de Edificações (GIVONI, 1992). Esta análise foi focada nas cidades de Santiago e Concepción por serem as regiões que concentram 52,4% da população (www.censo2002.cl). Os dados climáticos utilizados na análise foram obtidos da norma chilena NCh 1079 (INN, 1997). A análise da carta bioclimática mostra que o clima de Concepción apresenta um potencial de

56,5% para o uso de sistemas de aquecimento passivo, enquanto que o clima de Santiago apresenta um 38,0% (Figura 1a). Assim, o projeto do protótipo de habitação social rural foi destinado a Zona Térmica 4 (Concepción).

A cidade de Concepción (latitude -36.77° e longitude -73.05°) apresenta clima frio e úmido na maior parte do ano. Na carta bioclimática verifica-se que o maior percentual de desconforto térmico (84,6%) se deve ao frio com temperaturas abaixo de 15°C e umidade acima de 80% em mais de 50% das horas do ano. Através do programa SOL-AR os dados horários de temperatura podem ser plotados sobre a carta solar e observa-se que para o período de inverno e primavera o aproveitamento da radiação solar direta pode melhorar as condições de conforto nos ambientes orientados para o norte (Figura 1b). Dessa forma, seria necessário favorecer nos ambientes de maior permanência, a exposição de uma de suas paredes externas para orientação Norte. A localização das janelas para Norte também favoreceria a captação de radiação solar direta.

O programa SOL-AR permite também observar através da rosa dos ventos as velocidades predominantes e frequência de ocorrência dos ventos. Os ventos são predominantemente Sudoeste e Sul no inverno e Norte no verão. Observando as velocidades do ar predominantes verifica-se que estas são relativamente baixas no inverno para as orientações predominantes, entre 3 e 4 m/s. No verão a velocidade do ar predominante para orientação Norte também é baixa, cerca de 4m/s. Observa-se também que o percentual de ventos ausentes, ou calmaria, é pequeno, principalmente no período da tarde durante todo o ano, o que significa que, mesmo com baixas velocidades do ar nas direções predominantes, existe uma elevada ocorrência de ventos durante quase todo o dia. Devido às baixas temperaturas do ar no período do inverno, estes ventos são considerados indesejáveis e dessa forma é preciso promover alternativas que desviem principalmente os ventos do quadrante Sudoeste e Sul.

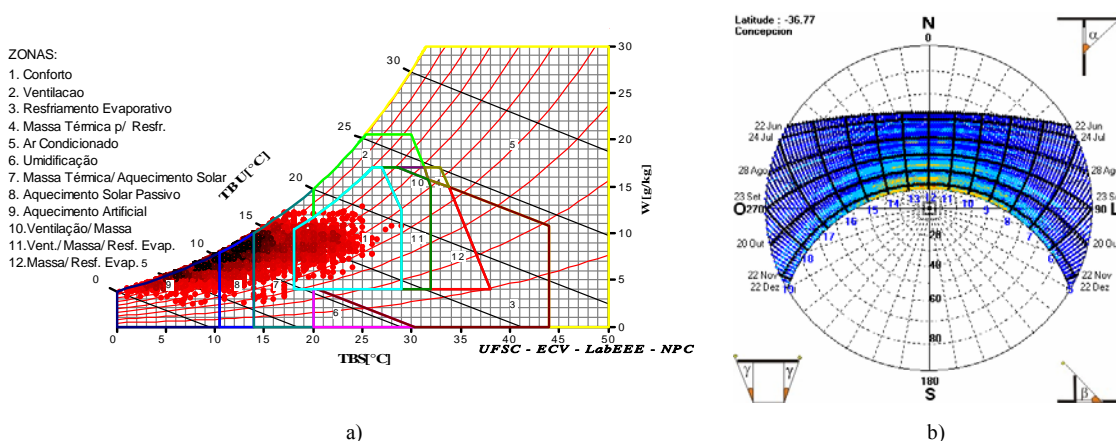


Figura 1.- Carta Bioclimática e Carta solar para a cidade de Concepción.

Na escolha da tipologia de edificação foi utilizado como base o relatório feito pelo DECON (2002a) que descreve o processo para definir as 15 tipologias básicas de habitação social no Chile. O relatório mostra que a zona térmica 4 apresenta o maior número de casos registrados para as 15 tipologias básicas e do total de casos válidos coletados, destacam-se os exemplos das tipologias nº 1, 3 e 11. De acordo com estes antecedentes e considerando o potencial de implementação das estratégias bioclimáticas, foi selecionada a Tipologia 11 como base para o estudo do concurso (Figura 2).

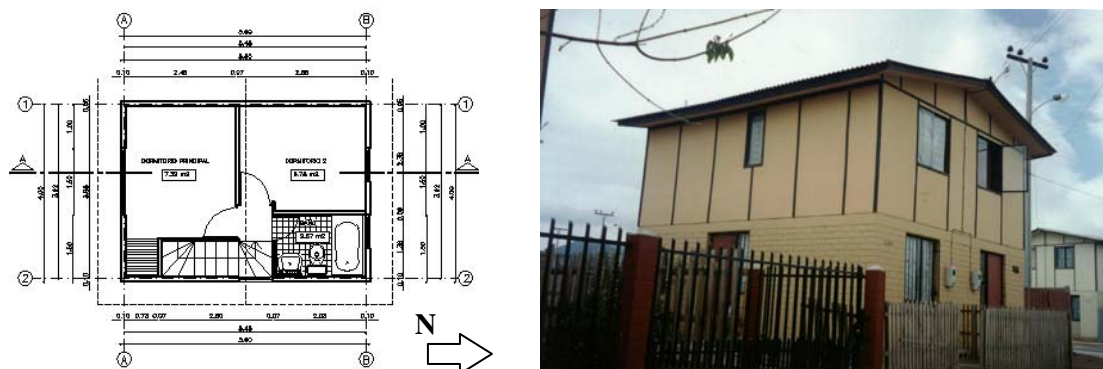


Figura 2.- Tipologia 11 definida no edital e utilizada como base do estudo.

2.2 Modelagem no Energy Plus

As simulações foram realizadas através do programa computacional Energy Plus – versão 1.3.0.018 (CRAWLEY et al., 2001), que utiliza um arquivo climático contendo dados horários de temperatura do ar, umidade e radiação solar de acordo com a norma chilena NCh 1079 (INN, 1997). Estas informações foram complementadas com dados horários de pressão atmosférica, direção e velocidade do vento, obtidos no site do software (www.eere.energy.gov/buildings).

Como etapa preliminar à proposta de estratégias bioclimáticas, foi desenvolvido um modelo base representando a tipologia 11, apresentada no edital, para comparar os requerimentos anuais de aquecimento obtidos no Energy Plus com os valores apresentados pela organização do concurso, que utilizou o programa TRNSYS. Os parâmetros de temperatura de controle, ocupação e uso da edificação definidos no modelo base seguem os mesmos valores adotados nas simulações com TRNSYS (MINVU, 2006). A diferença obtida com o Energy Plus foi de 8,29%.

2.3 Estratégias bioclimáticas para simulação

Foram elaboradas 31 combinações de estratégias para duas geometrias: a geometria do caso base (Tipologia 11) e a geometria proposta. Estas combinações foram elaboradas para avaliação nas simulações e são apresentadas na Tabela 2, consistindo em:

- Janela: o Percentual de Área de Abertura na Fachada (PAF), da Tipologia 11 é de 15%. Foram estabelecidos dois outros percentuais para as simulações: 10% e 20%. Quanto aos materiais, foram simulados dois tipos de janelas: vidro simples de 3 mm e vidro duplo de espessura total 21 mm: vidro (4 mm) + ar (13 mm) + vidro (4 mm).
- Paredes externas: as opções de paredes externas foram elaboradas baseando-se na atualização da OGUC (1999), que entrará em vigor em 2007. Além das paredes originais, foram estabelecidas duas outras transmitâncias: o limite da norma, que se alcança com 1 cm de isolamento térmico, e outra opção mais rigorosa com 2 cm:
 - Orig – originais: composta de alvenaria de tijolos sem reboco no pavimento térreo e placas de madeira no pavimento superior, com transmitância térmica de 2,17 W/m²K no térreo e 1,47 W/m²K no piso superior.
 - MCI – madeira em cima com isolamento: iguais às paredes originais, porém com 2 cm de isolamento entre as placas do piso superior, (U= 0,99 W/m²K).
 - ID – isolamento dentro: nos dois pavimentos, paredes de alvenaria com, ou 1 ou 2 cm de isolamento na face interna (U=1,30 e 0,98 W/m²K).

- IF – isolamento fora: nos dois pavimentos, paredes de alvenaria com, 1 ou 2 cm de isolamento na face externa ($U=1,30$ e $0,98$ W/m^2K).

Tabela 2.- Configurações das envoltórias dos casos e propostas simuladas.

	Janela		Parede Externa U (W/m ² K)						Cobertura			PAF (%)			Piso		
	(mm)		Orig	MCI	ID		IF		RT (m ² K/W)			>	Orig	<	Conc	Carp	Mad
	3	21	2,17	0,99	0,98	1,3	0,98	1,3	2,6	2,9	3,5	10	15	20			
Base	X		X						X				X		X		
Alt. 1	X		X						X			X			X		
Alt. 2	X		X						X					X	X		
Alt. 3	X				X				X				X		X		
Alt. 4	X					X			X				X		X		
Alt. 5	X						X		X				X		X		
Alt. 6	X							X	X				X		X		
Alt. 7	X			X					X				X		X		
Alt. 8		X	X						X				X		X		
Alt. 9		X	X						X			X			X		
Alt. 10		X	X						X					X	X		
Alt. 11	X				X				X			X			X		
Alt. 12	X					X			X			X			X		
Alt. 13	X						X		X			X			X		
Alt. 14	X							X	X			X			X		
Alt. 15	X			X					X			X			X		
Alt. 16	X				X				X					X	X		
Alt. 17	X					X			X					X	X		
Alt. 18	X						X		X					X	X		
Alt. 19	X							X	X					X	X		
Alt. 20	X			X					X					X	X		
Alt. 21		X					X		X			X			X		
Alt. 22	X						X		X			X				X	
Alt. 23	X						X		X			X					X
Alt. 24	X						X			X		X			X		
Alt. 25	X						X				X	X			X		
Alt. 26		X					X				X	X					X
Alt. 27		X					X				X	X				X	
Alt. 28		X					X				X		X				X
Alt. 29		X	X								X	X			X		
Alt. 30*		X					X				X	X			X		
Alt. 31*		X					X				X		X		X		

* A janela da circulação foi suprimida, o que não prejudicou as condições de iluminação devido ao *shed* na cobertura.

- Cobertura: a partir da OGUC (1999), foram estabelecidas duas outras resistências térmicas para a cobertura, a partir do caso base, de 3,5 m²K/W, de 2,6 e 2,9 m²K/W, de acordo com as espessuras de materiais isolantes disponíveis no mercado chileno.
- Piso: sabe-se que uma manutenção precária de pisos de carpete pode levar a condições insalubres, enquanto os custos elevados de um piso de madeira podem inviabilizar sua

aplicação em habitações populares. Ainda assim, optou-se por testar tais medidas, descritas a seguir conforme constam na Tabela 2:

- Conc – concreto: piso original da Tipologia 11, de concreto com base de pedras
- Carp – carpete: acabamento de carpete, piso de concreto com base de pedras
- Mad – madeira: acabamento de madeira, piso de concreto com base de pedras

3. RESULTADOS

3.1 Integração das estratégias bioclimáticas

A Tabela 3 apresenta o consumo anual de energia elétrica das alternativas simuladas. O consumo analisado, de acordo com as exigências do concurso, foi estabelecido com a média dos consumos anuais de duas orientações que fossem consideradas a melhor e a pior situação, sendo então escolhidas as orientações norte e sul. A média de consumo de 144,9 kWh/m² da Tipologia 11, foi tomada como referência para o cálculo das economias percentuais de energia. As alternativas baseadas na geometria da Tipologia 11 são chamadas de “caso” mais sua identificação numérica, organizadas na ordem de simulação. Já as alternativas baseadas na geometria proposta são chamadas de “proposta” mais sua identificação numérica. A princípio, vale ressaltar que, considerou-se um critério de economia percentual mínima de 30% para viabilizar a participação no concurso.

As cinco primeiras alternativas da Tabela 3, ou seja, a proposta base mais os casos e propostas 1 e 2, apresentam aumento no consumo. Isto mostra que na edificação, em particular na geometria proposta, os ganhos e perdas de calor são relativamente sensíveis ao tamanho da janela. As alternativas seguintes, de 3 a 6, apresentaram economias no consumo de energia positivas e de relevância, de 10,6 a 31,4%, destacando a importância do isolamento térmico nos elementos verticais. Estas não se repetiram nas 4 alternativas posteriores, no entanto, casos e propostas 7 a 10. A ausência de massa térmica nas paredes externas do piso superior da alternativa 7 e o uso do vidro duplo nas janelas das alternativas 8 a 10 foram os responsáveis pela elevação da média do consumo destas edificações.

Análises das alternativas anteriores dispensaram a simulação das alternativas 12, 14, 17 e 19, embora estas tivessem sido programadas. A transmitância térmica de 1,3 W/m²K foi eliminada como medida de conservação de energia, em detrimento da transmitância de 0,98 W/m²K.

Por fim, percebe-se que as alternativas em negrito, 13, 18 e 21 a 31 apresentam os melhores resultados. Todas estas possuem isolamento externo à parede de tijolos, tanto no piso superior como no piso térreo. Esta medida mostra como a estratégia de isolamento com massa térmica interna é relevante para as condições climáticas a que a edificação está submetida. Da mesma forma, a proposta 29 se destaca na etapa final das simulações pelo seu baixo desempenho, pois se refere a uma verificação das condições originais das paredes externas combinadas com vidro duplo e cobertura isolada. De fato, este teste confirma a importância da estratégia de isolamento com massa térmica interna.

Analisando as alternativas em negrito, são ressaltados os comentários a seguir, que excetuam a proposta 29. A alternativa 21 apresentou uma economia de 38,8% para a geometria base e 37,3% para a geometria proposta. Entretanto, as janelas foram simuladas com um PAF médio de 10%, o que foi considerado insatisfatório para as condições de iluminação.

Da mesma forma a proposta 26 apresentou a melhor economia no consumo anual de energia, de 43,8% em relação ao caso base. Porém, além das pequenas dimensões das janelas, seus custos extrapolaram o limite estabelecido pelas normas do concurso.

Tabela 3.- Consumos anuais de energia elétrica e economias percentuais em relação ao caso base.

	Geometria do Caso Base (kWh/m ²)			Geometria Proposta (kWh/m ²)			Economia (%)	
	Norte	Sul	Média	Norte	Sul	Média	Geometria Caso Base	Geometria Proposta
Base	145,8	144,0	144,9	153,1	159,5	156,3		-7,8
Alternativa 1	145,4	144,4	144,9	151,4	157,7	154,6	0,0	-6,6
Alternativa 2	145,3	145,3	145,3	154,8	161,2	158,0	-0,2	-9,0
Alternativa 3	102,9	101,8	102,3	109,5	119,2	114,4	29,4	21,1
Alternativa 4	117,2	115,8	116,5	124,7	134,3	129,5	19,6	10,6
Alternativa 5	100,2	98,7	99,4	107,4	117,1	112,2	31,4	22,6
Alternativa 6	113,6	111,9	112,8	121,5	131,1	126,3	22,2	12,8
Alternativa 7	134,6	133,9	134,2	141,6	147,2	144,4	7,4	0,4
Alternativa 8	134,0	131,7	132,8	130,9	142,0	136,4	8,4	5,9
Alternativa 9	135,9	135,3	135,6	131,8	143,1	137,5	6,4	5,2
Alternativa 10	127,9	128,4	128,1	130,2	140,9	135,5	11,6	6,5
Alternativa 11	101,9	102,1	102,0	116,7	116,7	116,7	29,6	19,5
Alternativa 13	99,2	99,2	99,2	104,7	114,6	109,7	31,6	24,3
Alternativa 15	133,9	134,3	134,1	139,7	145,2	142,4	7,5	1,7
Alternativa 16	103,0	104,2	103,6	103,0	103,1	103,0	28,5	28,9
Alternativa 18	100,1	100,9	100,5	100,1	100,0	100,1	30,7	31,0
Alternativa 20	134,1	135,4	134,7	134,1	132,8	133,4	7,0	7,9
Alternativa 21	88,6	88,9	88,7	83,3	98,4	90,9	38,8	37,3
Alternativa 22	96,8	96,8	96,8	102,2	112,1	107,2	33,2	26,1
Alternativa 23	97,6	97,6	97,6	103,1	112,9	108,0	32,7	25,5
Alternativa 24	95,8	95,7	95,7	103,8	113,7	108,8	34,0	25,0
Alternativa 25	95,6	95,5	95,5	103,2	113,0	108,1	34,1	25,4
Alternativa 26	82,7	83,0	82,8	80,0	83,0	81,5	42,8	43,8
Alternativa 27	81,9	82,1	82,0	79,2	94,1	86,6	43,4	40,2
Alternativa 28				79,9	94,3	87,1		39,9
Alternativa 29				129,9	141,3	135,6		6,4
Alternativa 30				91,0	92,4	91,7		36,7
Alternativa 31				80,2	99,4	89,8		38,0

Estes dois últimos fatores citados foram responsáveis por descartar os resultados de 21 a 30. No entanto, vale ressaltar que economias mais altas se destacaram a partir da alternativa 26, quando vidro duplo começou a apresentar melhorias. Nestas, estão incluídas as propostas 28 a 31, que foram simuladas somente com a geometria proposta, ou seja, os casos 28 a 31 foram dispensados. A intenção de adotar a geometria proposta dá-se por motivos de condições de iluminação natural, sensação de conforto por radiação da parede interna de alta inércia térmica projetada para captar a radiação solar proveniente da cobertura e a melhor distribuição do calor gerado internamente através dos diferentes ambientes.

Conseqüentemente, partiu-se para uma proposta cuja economia mais se aproximasse da proposta 26 e cujos custos estivessem abaixo do limite. Chegou-se então à proposta 31, derivada das

combinações usadas nas propostas 28 e 30. A proposta 31 obteve uma economia do consumo de energia de 38,0% em relação ao consumo do caso base. A média do consumo anual do caso base foi de 144,9 kWh/m² e a proposta final (Alt. 31), chegou a 89,8 kWh/m².

3.2 Tipologia proposta e seu desempenho térmico

De acordo então com as simulações, a proposta (Figura 3) integra as seguintes estratégias:

- A mudança de orientação, voltando os ambientes de maior permanência para o Norte;
- Uma mudança de orientação do telhado, que proporcionou uma quebra entre as duas águas para inserção de abertura voltada para norte, o que possibilita a estratégia de radiação solar direta com massa térmica interna (atraso térmico de 7,2 horas);
- O uso de paredes de alvenaria e isolamento térmico em todo o perímetro interno das paredes externas e cobertura. A estratégia de isolamento considera vidro duplo nas aberturas, incluindo na abertura na cobertura;
- A água do telhado voltada para Sul apresenta uma maior inclinação para desviar os ventos predominantes de inverno indesejáveis.

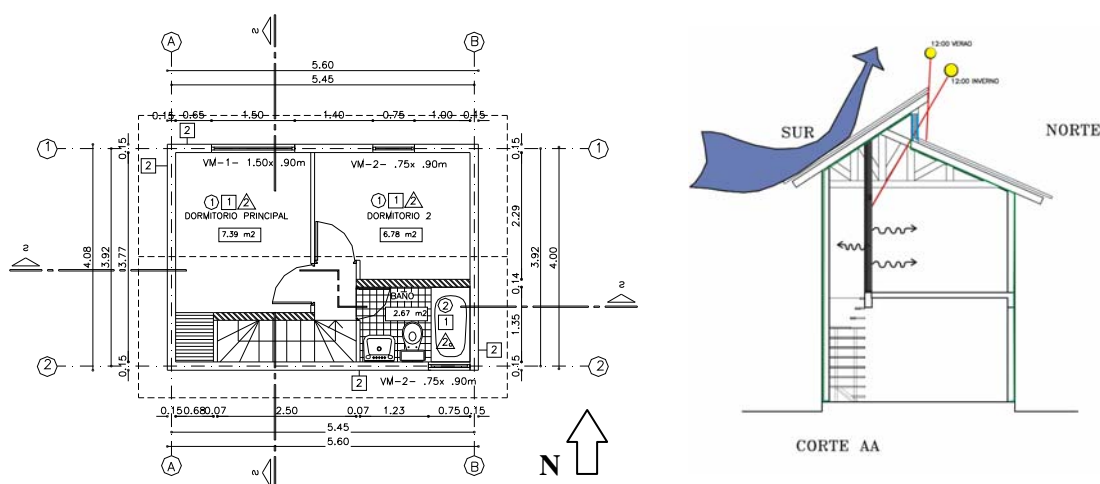


Figura 3.- Tipologia proposta.

O consumo médio de energia obtido a partir do sistema de aquecimento ideal (Purchased Air) na Tipologia 11 foi de 144,9 kWh/m²-ano, comparando este resultado com o consumo energético anual da tipologia proposta (89,8 kWh/m²-ano), é possível obter uma redução de 38,0% (Figura 4). A redução dos requerimentos energéticos não é devida exclusivamente à intensidade de calor aplicada na edificação. O número de horas em que é necessário acionar o sistema de aquecimento foi reduzido, em média, de 72,5% para 66,9%.

A diminuição do consumo energético anual (55,1 kWh/m²-ano) pode ser traduzido em economias por custos de operação considerando que o sistema de aquecimento utiliza querosene, gás natural ou gás liquefeito como combustível. O valor médio estimado na região de Concepción para estes combustíveis, expressado em kWh, é de 0,06 USD/kWh (0,12 R\$/kWh) (DECON, 2002c). Assim, a economia anual por custos de operação seria de USD 141,00 (R\$ 295,00). É importante recordar que o sistema de aquecimento utilizado nas simulações considera uma eficiência de 100%. Considerando um rendimento médio de 91,0% para os sistemas de aquecimento tipicamente usados em residências rurais (DECON, 2002c), a economia anual pode chegar a ser de USD 155,00 (R\$ 325,00).

Além do consumo energético para aquecimento, é importante observar as situações de desconforto por calor presentes nos principais ambientes da edificação. A Figura 5 apresenta a média para o período Primavera-Verão de número de horas por dia em que a temperatura ambiente excede um valor estabelecido. Considerando que a umidade permanece acima de 80% em mais de 50% das horas do ano, observa-se na carta bioclimática (Figura 1) que as temperaturas acima de 25 °C geram condições de desconforto por calor (barras vermelhas na Figura 5). A tipologia proposta reduz significativamente a ocorrência de temperaturas acima de 25 °C no quarto principal (andar superior) e elimina essa situação na sala (andar térreo). De forma geral observa-se que a adoção das estratégias bioclimáticas na tipologia proposta mantém as temperaturas na edificação em torno dos 21- 24 °C durante o período de primavera e verão.

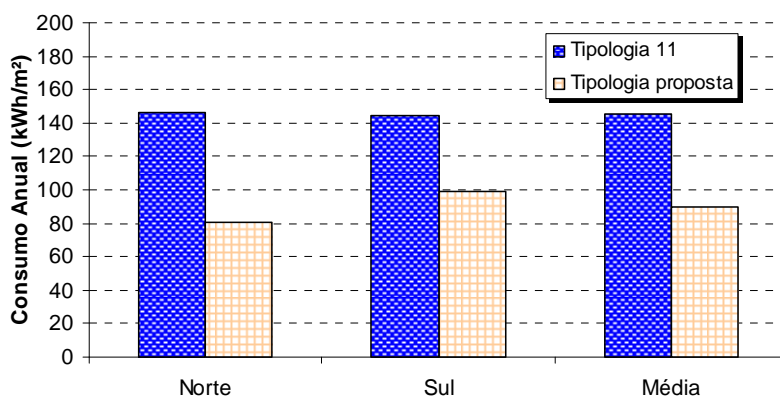


Figura 4.- Comparação de consumo energético para aquecimento na Tipologia 11 e na proposta.

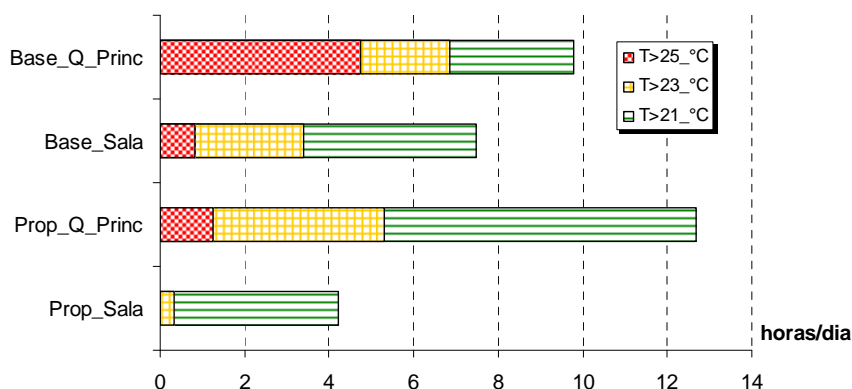


Figura 5.- Média de horas por dia acima da temperatura de setpoint para o caso base e a proposta.

3.3 Custos estimados

De acordo com o relatório apresentado pelo DECON (2002b) o valor atual de uma habitação popular correspondente à tipologia 11 é de USD 5.970 (≈R\$ 12.700,00). O valor máximo estabelecido no edital é de USD 7.800 (≈R\$ 16.600,00) para cada unidade habitacional, visando o aumento de custos por materiais e ampliações para incluir as medidas bioclimáticas. O orçamento de custos para a tipologia proposta foi elaborado usando como base o orçamento apresentado pelo DECON (2002b). Os dados de preços e materiais foram atualizados para 2006 segundo o valor da Unidade de Fomento (UF) do Chile. O custo dos materiais introduzidos na tipologia proposta foi estimado a partir de uma consulta com diferentes fornecedores e através das informações publicadas na revista ONDAC (www.ondac.cl). O valor da tipologia proposta é de USD 7.530 (≈R\$ 16.020,00), 3,5% abaixo do valor máximo definido no edital.

4. CONCLUSÕES

Algumas estratégias bioclimáticas como orientação, tamanho de janela, volumetria e massa térmica interna não significam custos adicionais no valor do projeto e podem influenciar o desempenho térmico. Porém, estas estratégias devem ser consideradas no começo do projeto. A partir dos resultados observou-se que algumas estratégias bioclimáticas como o uso de vidro duplo e maior isolamento na cobertura não apresentam resultados favoráveis se aplicados de forma independente. Assim, estas estratégias apresentam benefícios quando a edificação já considera outras medidas como isolamento térmico nas paredes e tamanho de janelas.

As modificações em curso na legislação chilena (OGUC, 1999) permitem melhorar significativamente o desempenho térmico das edificações residenciais a partir do isolamento térmico de paredes, janelas e coberturas. No entanto, os resultados mostram que reduzindo a transmitância térmica da cobertura e das paredes além dos valores estabelecidos, é possível obter um desempenho térmico melhor, mantendo os custos dentro do orçamento estabelecido. A adoção das estratégias bioclimáticas permite reduzir em 38,0% os requerimentos energéticos para aquecimento e diminui a ocorrência de situações de desconforto por calor. Estas medidas são possíveis de implementar dentro da restrição orçamentária na construção da edificação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CRAWLEY, D. B., LAWRIE, L. K., WILNKELMANN F. C., BUHL, W.F., HUANG, Y. J., PEDERSEN, C. O., STRAND, R. K., LIESEN, R. J., FISHER, D. E., WITTE, M. J., GLAZER, J. (2001). EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation. Energy and Buildings. Oxford: Elsevier. v. 22, p 319-331
- DECON (2002a). Determinación de tipologías constructivas base. Instituto de la Construcción. Santiago, Chile.
- _____ (2002b). Valorización y viabilidad de las soluciones constructivas nuevas - Anexo 6. Santiago, Chile.
- _____ (2002c). Valorización de los costos de energía. Santiago, Chile.
- GIVONI, B. (1992). Comfort, climate analysis and building design guidelines. Energy and Building 18.
- INN. NCh1079. (1977). Arquitectura y construcción - Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico. Santiago, Chile.
- MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO – MINVU (2006). Concurso de ideas para el desarrollo de diseños arquitectónicos y estrategias de eficiencia energética para vivienda social rural – Bases técnicas y administrativas. Santiago, Chile.
- OGUC (1999), Ordenanza General de Urbanismo y Construcción para elementos de techumbres y cielos en las edificaciones. Santiago, Chile.
- ORDENES, M., VERA, S. (2003). "Evaluación de los factores climáticos y arquitectónicos que influyen en las cargas térmicas de una vivienda social en Chile". ENCAC. Curitiba, Brasil.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer especialmente ao Professor Roberto Lamberts, coordenador do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações.