

PROPOSTA DE AQUECEDOR NATURAL PARA A REGIÃO DE PASSO FUNDO, RS

Eduardo Grala da Cunha (1), Lisiane de Negri (2), Augusto Bencke Pinheiro (3), Laís turella (4), Nino Roberto Schleder Machado (5), Milton Serpa Menezes (6), Adans Marroquim (7), Mário Paluch (8)

(1) Professor Doutor, Adjunto, Universidade de Passo Fundo – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Campus I, BR 285 – Km 171, Bairro São José, (54) 33168216

e-mail: egcunha@upf.com.br

(2,3 e 4) Acadêmicos – Curso de Arquitetura e Urbanismo, e-mail: 72740@lci.upf.br,
68924@lci.upf.br, 51031@lci.upf.br

(5) Professor M.Sc., Titular, Curso de Arquitetura e Urbanismo, e-mail: nino@via-rs.net

(6, 7) Professor M.Sc., Adjunto, Curso de Engenharia Mecânica, e-mail: menezes@upf.br,
adans@upf.br

(8) Professor Doutor, Titular, Curso de Engenharia Civil, e-mail: corrient@upf.br

RESUMO

O artigo apresenta o projeto de um dispositivo de acumulação de calor como estratégia de calefação para edificações de interesse social, para período frio no sul do país. É caracterizado, inicialmente, por uma contextualização do tema, para posteriormente, serem apresentados o projeto e a construção do protótipo. O trabalho é fruto de uma publicação intitulada Elementos de arquitetura de climatização natural buscando a eficiência energética na arquitetura, a qual foi fruto de uma parceria entre a Companhia Estadual de Energia Elétrica, CEEE, a FAPERGS, e a Universidade de Passo Fundo, por intermédio do Edital P&D, 2002 (Pesquisa e Desenvolvimento). Nessa publicação foram pesquisadas, projetadas e adaptadas soluções de elementos de arquitetura (partes físicas das edificações) buscando climatizar ambientes internos naturalmente. Como estratégias de climatização natural e artificial foram utilizadas as seguintes possibilidades: ventilação natural, calefação, ar condicionado, aquecimento artificial e aquecimento solar passivo, e massa térmica de aquecimento e resfriamento. O termo-acumulador é composto por uma estrutura metálica, fechamentos em vidro 3 mm, comum, elementos de acumulação – pedras graníticas, persiana externa de proteção e mecanismos de aberturas – para entrada de ar e abertura e fechamento da persiana plástica. A construção do protótipo já foi finalizada e já iniciaram os testes e monitoramento do desempenho do equipamento no que diz respeito ao aquecimento passivo. O protótipo foi instalado no laboratório anemométrico da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo. Serão monitoradas as variáveis ambientais temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar do espaço analisado, e de uma sala com as mesmas características físicas, porém, sem ganhos térmicos provenientes do termo-acumulador.

ABSTRACT

The paper presents the project of an equipment to receive and maintain the heat as a strategy for social interests Houses, for cold period in the south of Brazil. In the first moment, it is contextualized the subject in the paper and then, it is presented the thermo-accumulator project. The work is the result of a publication entitled Architecture elements of natural acclimatization searching the energetic efficiency in the Architecture, which was the result of the partnership between Electric Energy State Company – CEEE and the University of Passo Fundo – UPF. The partnership was possible due to the State Program P & D 2002 (Search and Development 2002). In this publication, solutions of

architecture elements were projected and adapted (hard parts of the building) trying to acclimatize the internal ambient naturally. As natural and artificial acclimatization strategies, the following possibilities were used: natural ventilation, heating, air conditioning, artificial heating and solar passive heating and thermal mass of heating and cooling. The accumulator-thermal is composed by a metal structure, glasses surfaces, accumulation elements – stones, external window protection and opened mechanisms – for the air entrance and opening and closing of the plastic window. At the moment, the building of the prototype has been finalised, and within approximately two weeks, the tests of development monitoring of the passive heating equipment will begin. It will be installed in the office of the Architecture course of the University of Passo Fundo. It will be monitored the temperature and air relative humidity of the analysed space, as well as the same variables for a room with the same physical characteristics, however, without thermal gains originating from the thermo-accumulator.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Cunha et al. (2005, p. 1), o efeito do consumo de energia no aquecimento global é um dos motivos mais importantes para se adotar políticas de redução do desperdício de energia elétrica. Em 1995, 62% da energia elétrica mundial era gerada por usinas termoeletricas, causando grande poluição ambiental. Embora, atualmente, a geração de energia elétrica no Brasil esteja concentrada em usinas hidroelétricas, já estão em curso planos para implantação de centrais termoeletricas a gás, algumas delas já em funcionamento no Rio Grande do Sul. Entretanto, a condição para o desenvolvimento sustentável é a redução do consumo, mais do que a mudança de produção de energia elétrica, especialmente pela queima de combustíveis não renováveis e pela redução da poluição gerada, incluindo os resíduos.

A grande disparidade entre os países industrializados e os em desenvolvimento tem levado ao aumento da pressão para aumentar e melhorar os serviços de energia, fornecendo-o àqueles que não o tem. Os que decidiram, interpretaram esta pressão como o indicativo para o aumento da geração de energia. A implementação dessas medidas, aliada ao crescimento da população, à densificação urbana descontrolada e ao consumo de produtos eletroeletrônicos, levou a um crescimento quase linear no consumo de energia dos países em desenvolvimento durante as últimas três décadas. Esse aumento é insustentável, de modo que um novo ponto de vista do problema energético é essencial, pois, além das implicações econômicas, a atual tendência de consumo de energia acarreta sérias consequências ambientais. (CUNHA et al. , 2005, p.1)

Segundo Reddy e Goldenberg (1998), um novo paradigma para o uso final urbano de energia é essencial. A energia não deve ser vista como um fim em si mesma ou como um serviço, mas como um meio de fornecer os serviços. São os serviços, não a energia, que diretamente satisfazem às necessidades da população.

A mudança no que diz respeito à utilização de energias renováveis passa, inicialmente, pela revisão do método do projeto arquitetônico. Dentro de uma gama de conceitos presentes no processo de concepção, os aspectos vinculados ao meio ambiente e sustentabilidade devem ser enfatizados de forma sistematizada. A ênfase passa por diferentes esferas de implementação, aspectos como a orientação nas faculdades de arquitetura e bibliografias específicas que tratam do tema, são fundamentais para o êxito da consolidação de um repertório mais comprometido com as necessidades ambientais contemporâneas. Atualmente, na produção arquitetônica, os aspectos ambientais têm sido valorizados por intermédio da ênfase no processo de desenvolvimento do projeto arquitetônico. CUNHA et al. (2005, p.22), caracteriza no método de projeto de edificações a relevância da sustentabilidade e da consideração da interação com o meio ambiente natural. No âmbito da relação entre Arquitetura e o Meio Ambiente está presente a utilização das energias renováveis como estratégia de projeto. Em decorrência de aspectos como custos, falta de investimentos e apoio do poder público, carência na formação técnica dos arquitetos e da própria cultura local, são encontradas no Brasil muitas dificuldades na implementação e desenvolvimento de sistemas passivos de climatização e na utilização de recursos renováveis, como a radiação solar, por exemplo. No caso do sul do Brasil, onde são encontrados invernos muito rigorosos, com temperaturas negativas em alguns momentos, a

parcela de energia gasta com a calefação de espaços é considerável. Tanto o custo despendido pelos usuários dos espaços, como também a infra-estrutura necessária para a geração da energia utilizada para tal tarefa são elevados. O objetivo deste artigo é a apresentação de uma proposta de um elemento de arquitetura¹ cuja função principal é a calefação de espaços interiores, por intermédio do aproveitamento da energia proveniente da radiação solar.

1.1 O Clima de Passo Fundo – RS

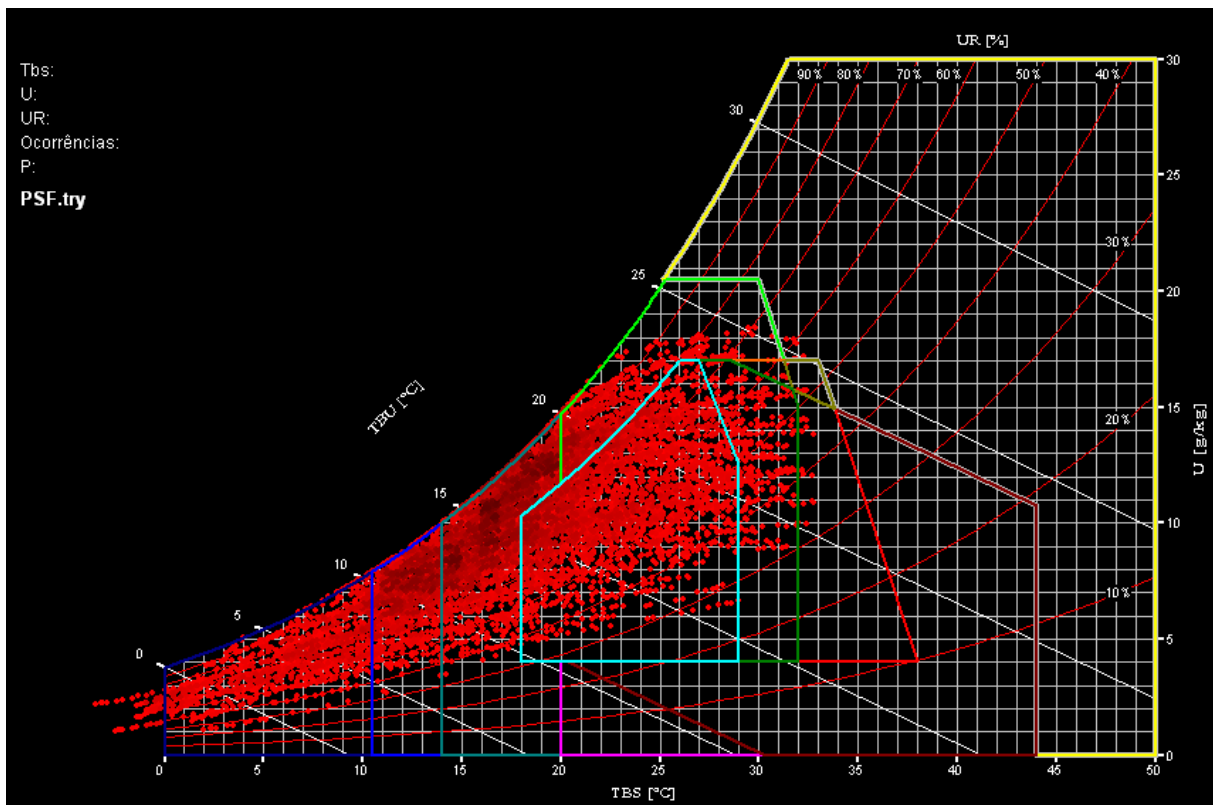
A cidade de Passo Fundo localiza-se no planalto sul-rio-grandense, na cota média de 680 m acima do nível do mar, cuja altitude considerada para simulações é de 687,00 m, conforme localização da estação de coleta de dados, com o centro urbano na altitude de 709 m (ponto de cota máxima), situado nas coordenadas 28°15'46" sul e 52°24'39" oeste.

Pela localização geográfica, Passo Fundo apresenta, de acordo com a classificação climática de Köppen, modificada por Trewartha (1954, p. 233-238; 302-312), o clima mesotérmico úmido (temperado), do tipo subtropical úmido-Cfa, caracterizado por temperaturas médias, no mês mais frio, entre 18 °C e 0 °C e no mês mais quente acima de 22 °C, ou seja, com verões quentes e um regime pluviométrico de chuvas bem distribuído durante o ano (nenhum mês com menos de 60 mm). Considerados esses aspectos, pode-se definir o clima local como sendo subtropical úmido de altitude. O gradiente termométrico do ar é de aproximadamente 1 °C para cada 200 m de altura (3,6°F para cada 1000ft), com pouca variação em relação à latitude, ou seja: para locais com mesma altitude podem existir diferenças de temperatura (Trewartha, 1954, p. 28). Para tal classificação, tem-se como comparação, a priori, Porto Alegre (latitude 30°02' S), situada a 4m acima do nível do mar, relação que apresenta para Passo Fundo uma diferença de 3,5 °C a menos.

O método de avaliação climática de Givoni (1969, p. 317-355) foi objeto de estudo das aplicações no caso de Passo Fundo, pois, além de oferecer elementos para associação de estratégias projetuais e conforto térmico, envolve também estimativas das condições do interior dos edifícios. Para tanto, utilizou-se a Análise Psicrométrica através da aplicação do programa computacional Analysis 2.0 Bio – desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética da Universidade Federal de Santa Catarina – Labeee-UFSC (UFSC,1999).

Essa simulação já inclui as adaptações sugeridas por Givoni (1992, p.15), ao entenderem que o método elaborado em 1969 deveria sofrer adaptações aos limites de temperatura e umidade de países em desenvolvimento de climas quentes, como é o caso do Brasil, considerando, ainda, as diferenças de metabolismo dos indivíduos. Em termos práticos, são ampliados os limites inferiores – para frio – e superiores – para calor - da zona de conforto, sendo sugeridos os intervalos de 18 a 25°C para inverno e de 20 a 27°C para verão. Na prática, Givoni sugere que esses limites, na realidade, deveriam receber estudos relativos à climatização dos indivíduos, segundo suas especificidades locais/regionais, neste caso, adequada a classificação climática de Passo Fundo, diferente das condições predominantes no Brasil. Tais limites de temperatura, associados à umidade do ar, implicam na redução progressiva nos limites de temperatura de conforto. Givoni (1992, p.20-22) considera, ainda, adequações aos limites de conforto devido a prováveis ganhos térmicos internos à velocidade do ar adequado às atividades desenvolvidas no ambiente. Utilizando-se os dados de temperaturas e umidade relativa de 2000, definido como Ano Climático de Referência – TRY, de acordo com os dados observados pela EMBRAPA (2001), observadas as 8.760 horas totais do ano, a análise climática local resultou em uma carta, figura 1.

¹ Elemento de arquitetura – conceituado por Martinez (2000) como qualquer parte física da edificação;



Figuras 1 – Ano climático de referência da cidade de Passo Fundo plotado na carta psicrométrica

Quanto às temperaturas mínimas observa-se à esquerda do gráfico, que são necessárias estratégias de aquecimento adicional contínuo, pois os limites estão abaixo dos considerados como mínimos para conforto. Assim, os resultados proporcionais para as situações de conforto e de desconforto ao frio e ao calor são as seguintes:

- a) Situação de conforto em 29,1% do ano;
- b) Situações de frio em 57,5% do ano;
- c) Situações de calor em 13,4% do ano.

As zonas de atuação para as características climáticas de Passo Fundo, segundo o zoneamento bioclimático (ABNT, 2005), relacionam-se com a zona bioclimática 2, a qual inclui os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. As características climáticas desta zona podem ter suas indicações estendidas diretamente às zonas 1 e 3, cobrindo uma parcela de 12,98% do território nacional. Assim, as estratégias de condicionamento térmico indicadas são de aquecimento artificial (calefação), aquecimento solar passivo da edificação, massa térmica para aquecimento, desumidificação (renovação do ar) e, ainda, ventilação de conforto.

O fato das quatro estações do ano apresentarem características climáticas bem definidas faz com que seja necessário a consideração de estratégias projetuais que contemplem as situações dos períodos frio e quente. Para resfriamento com base em 23°C são 112 graus-dia, e para aquecimento, com base em 18°C, são 857 graus-dia (Franceloso, 2001, p. 77), tendo como consequência a adoção de, ao menos, dois tipos de estratégias de projeto. Da mesma forma, são colocadas situações diferenciadas durante curtos períodos de tempo, devido à citada fronteira climática, com a possibilidade de ocorrência de alterações nas configurações momentâneas de tempo: ora incidem massas frias, ora massas quentes.

Nessa complexidade climática, a determinação dos princípios do desenho do edifício e a escolha dos materiais a serem empregados devem ser feitas de maneira a associar soluções para vários climas as

quais devem ser utilizadas de forma cautelosa e com eventuais ajustes, conforme salienta Frandoloso (2001, p.84).

2. PROJETO DO TERMO-ACUMULADOR

2.1 Aquecimento solar passivo

A diferenciação entre as formas de manejo dos aspectos ambientais e energéticos no projeto de arquitetura coloca em posições opostas dois modos de controle desses aspectos, que, a partir de Banham (1975) e Hawkes (1996), são denominados, de um lado, como a “postura inclusiva”, na qual as características do sítio são imprescindíveis para o desenho e controle do consumo de energia da edificação e, de outro, a “postura exclusiva”, na qual o entorno natural tem papel secundário, visto que os ambientes são predominantemente artificiais, de controle automatizado.

Banham (1975) e Hawkes (1996) afirmam que no modo seletivo, os usos da forma e dos materiais do envoltório do edifício funcionam como um filtro do meio externo, resultando em formas mais dispersas, buscando maximizar a utilização da energia do ambiente exterior de forma a deter as condições naturais indesejáveis e admitir as condições convenientes, ou seja, a energia é uma combinação dos fatores externos e do próprio ambiente interno, de acordo com as demandas de frio ou de calor.

Simplificando as classificações utilizadas por Bardou e Arzoumanian (1980, p. 54-59), o ambiente, quanto à forma de controle seletivo, desdobra-se em ativo e passivo: ativo, quando a captação, armazenamento e distribuição de energia na edificação necessita, para seu funcionamento, de energia exterior, obtida através de meios automáticos e equipamentos; passivo, quando os processos são capazes de funcionar por si só, sem uso de energia externa ao sistema – energia artificial – e/ou com técnicas simplificadas, muitas vezes implicando a ação do usuário como controlador do sistema. Por extensão, como controle passivo os mesmos autores (p. 58) consideram a utilização de equipamentos simples – tais como ventiladores – quando ocasionalmente permitam os intercâmbios térmicos, sem serem indispensáveis para o funcionamento normal do sistema.

Segundo Serra (1999, p.78, tradução do autor), “mesmo atualmente [1999], a flexibilidade e a capacidade de adaptação dos sistemas passivos não é superada pelos sistemas ativos”, embora, apesar de tal argumentação, o autor apresenta os conceitos dos edifícios inteligentes (*smart buildings*), nos quais ocorre um controle global e integral de todos os sistemas da edificação, com a utilização da informatização tanto na análise das condições ambientais como nas decisões quanto aos procedimentos a serem desencadeados para a obtenção do conforto ambiental. Segundo o diagnóstico da carta bioclimática, as estratégias de aquecimento passivo correspondem a 13,70% do total dos dias do ano. O sistema de aquecimento solar cumpre três funções principais: captar e converter a radiação solar em calor, armazenar o calor e distribuí-los nos ambientes e momentos necessários. Os sistemas passivos são, assim, definidos como sistemas em que as três atividades ocorrem de forma espontânea, sem a utilização de fontes de energia externa, somente explorando a própria energia solar.

Szokolay (1983, p.23) apresenta cinco técnicas básicas de aquecimento solar passivo: a) ganho direto; b) coletor ou armazenamento de parede maciça; c) coletor ou armazenamento de parede de água; d) cobertura de água e; e) termossifão.

A caracterização de um sistema solar passivo é variável de acordo com a bibliografia consultada, diferindo nas denominações e em alguns aspectos construtivos. Qualquer bibliografia, no entanto, salienta que um projeto solar passivo não pode ser encarado como tendo apenas uma solução correta: “As soluções corretas são variáveis segundo a imaginação do projetista” (Habitat, 1990, p. 46).

2.2 Sistemas de aquecedores solares passivos

Roaf (2006, p.173) apresenta sistemas de ganhos térmicos diretos e indiretos conforme ilustrado na figura 2. Destacam-se os sistemas de ganho indireto – parede Trombe-Michel, parede de água, parede Barra-Constantini, estufas solares ou jardins de inverno de ganho semidireto, indireto e híbrido.

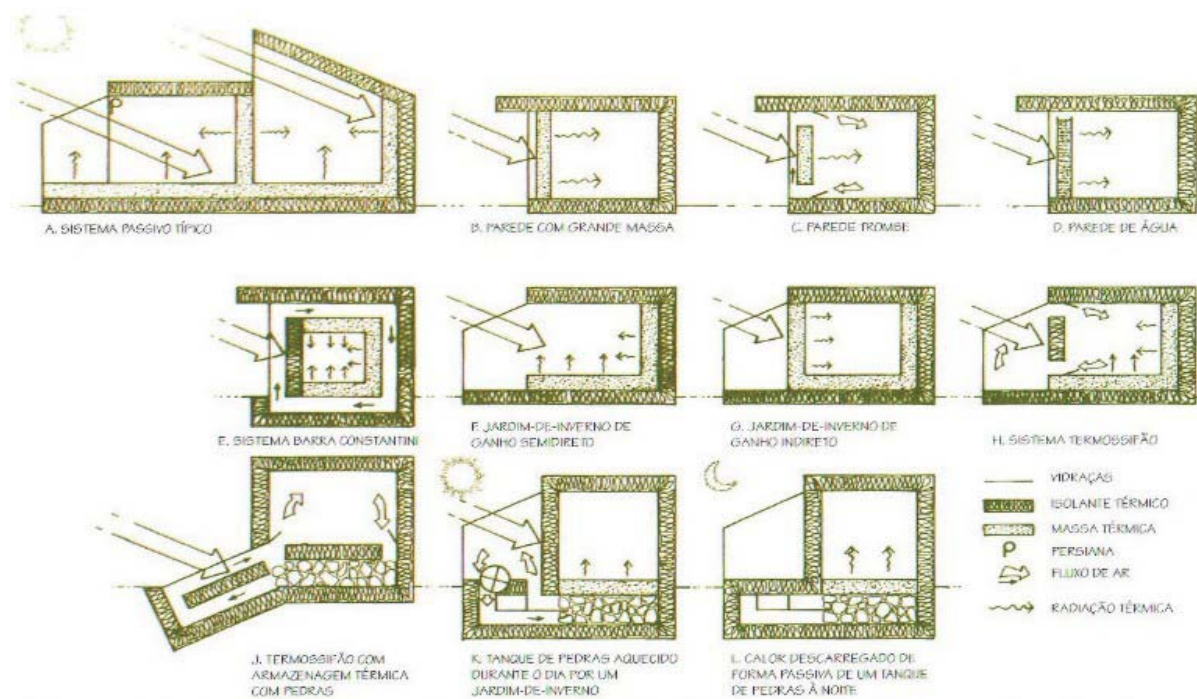


Figura 2 – Sistemas de ganhos térmicos diretos e indiretos

Fonte: Roaf (2006, p.173)

Dentre os sistemas apresentados por Roaf (2006, p. 175) destaca-se ainda a estufa solar com termossifão. A radiação solar que penetra na estufa aquece o ar e aumenta a temperatura interna do espaço servido. O ar da estufa é transferido para o interior da edificação por intermédio das aberturas na parede. Um efeito convectivo é produzido, explorando a estratificação térmica na estufa e otimizando o ganho térmico na edificação.

Já Brown (2004, p.304) destaca entre os sistemas de ganhos indiretos os tanques de pedra, os quais são um meio de ampliação da massa térmica de uma edificação, conforme figura 3. O autor afirma ainda que, em sistemas passivos de aquecimento é vantajoso aumentar a armazenagem térmica além daquele disponível na estrutura da edificação.

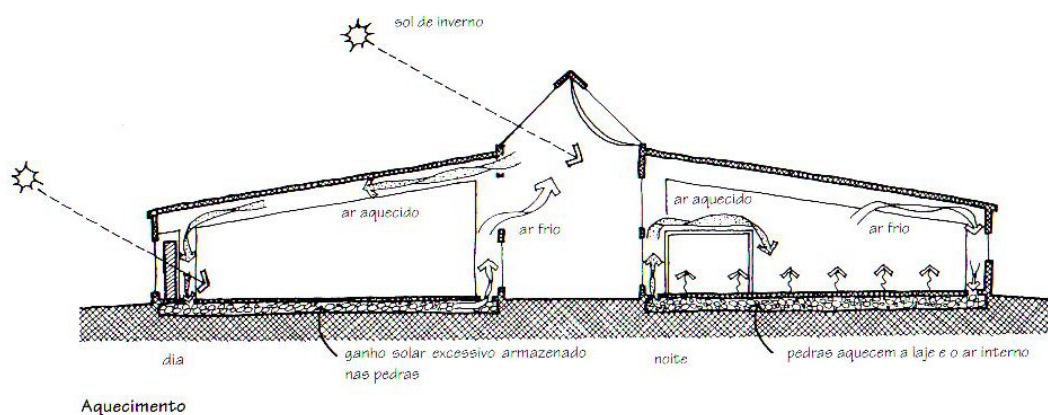


Figura 3 – Sistemas de ganhos térmicos indireto – tanques de pedra

Fonte: Brown (2004, p.304)

O princípio de funcionamento do termo-acumulador é semelhante ao da estufa solar com termossifão, com uma diferença no sentido da retro-alimentação do ar. O ar aquecido no termo-acumulador tem como origem o ambiente exterior, já na estufa solar com termossifão vem do espaço interior, ou seja, do compartimento condicionado.

2.3 Projeto do termo-acumulador

O sistema tem como objetivo o aquecimento de ambientes por intermédio do aproveitamento da radiação solar direta em períodos de inverno. O dispositivo é composto por uma estrutura metálica, prismática, com dimensões de 0,80 x 0,50 x 0,20 m, com fechamentos horizontais e verticais em vidro comum 3 mm transparente. Na face superior do dispositivo foi implementada uma persiana plástica com o objetivo de controlar a radiação solar direta em períodos quentes.

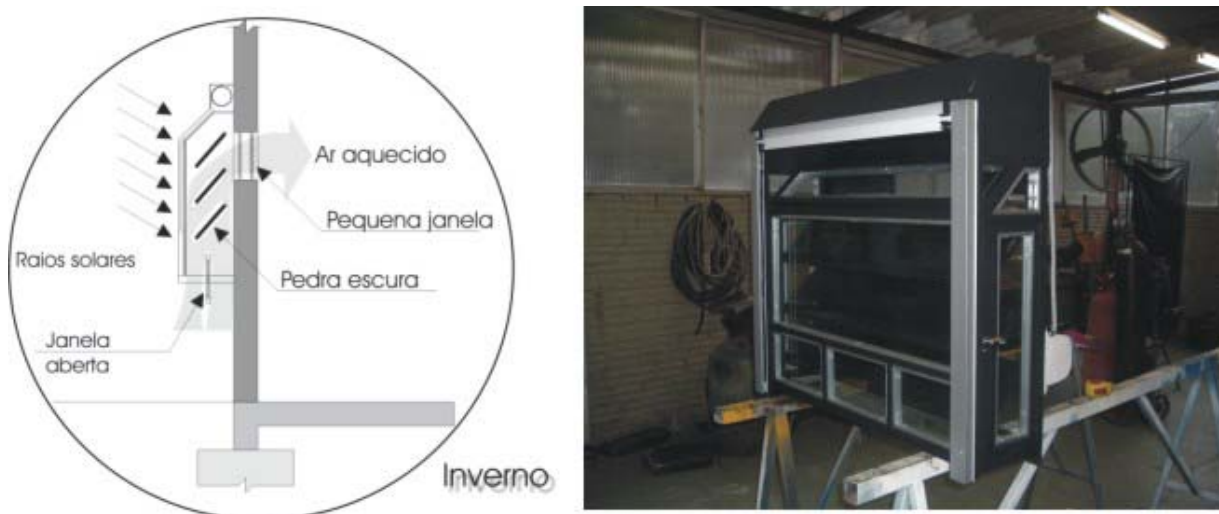
A escolha das dimensões do dispositivo projetado foram definidas a partir da análise das variáveis peso, custos e capacidade estimada de aquecimento do espaço interior. A proposta inicial foi a confecção de um dispositivo com peso inferior à 100 Kg, com um custo inferior à R\$ 500,00. As análises preliminares mostraram que considerando uma diferença de temperatura de até 35 °C entre o espaço interior e o exterior do dispositivo, dependendo do número de renovações do ar, poderiam ser gerados entre 500 e 1000 W/h de calor para o contexto interior. A escala do equipamento projetado é bem menor do que uma estufa solar com termossifão.

O protótipo foi implementado na fachada norte do Laboratório Anemométrico da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, considerando a radiação solar direta em todas as horas do dia no período de inverno. No interior do dispositivo foi projetada a instalação de pedras graníticas com o intuito de acumular o calor gerado pela radiação solar direta. As figuras 4, 5, 6 e 7 ilustram o protótipo já construído e o projeto. Na situação de verão o sistema de controle da radiação solar direta impede a entrada do raios diretos no período compreendido entre setembro e março, minimizando os ganhos térmicos indesejáveis. Nesse período deverá estar aberto o caixilho pivotante horizontal contido na parte superior do dispositivo, possibilitando a saída do ar aquecido pela radiação solar difusa. A abertura na parede deverá estar fechada impedindo a entrada do ar aquecido no termo-acumulador para o ambiente interior. Na situação de inverno a radiação solar direta passa pelo fechamento transparente aquecendo as pedras graníticas contidas no espaço interior do dispositivo. A energia irradiada pelo fechamento opaco é acumulada no interior do dispositivo, provocando um aumento de temperatura do ar interior. O ar mais leve entra para o ambiente interior através dos caixilhos móveis na parede.



Figuras 4 e 5 – Vistas frontal e da parede interna do Termo-acumulador

As figuras 8 e 9 apresentam a caracterização do processo de monitoramento e o termo-acumulador instalado no Laboratório anemométrico, na Universidade de Passo Fundo.



Figuras 6 e 7 – Projeto e construção do protótipo



Figuras 8 e 9 – Instalação e monitoramento do Termo-acumulador

3. METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir da instalação do protótipo no Laboratório Anemométrico, serão monitoradas as variáveis ambientais, temperatura de bulbo seco, umidade relativa do ar, no período da manhã e tarde, nos meses de junho, julho e agosto, para a realização da primeira análise de inverno. Será monitorada também, uma sala com características físicas e de uso semelhantes ao Laboratório Anemométrico.

Para a realização das medições das variáveis climáticas foi observada a norma ISO 7726, a qual definiu o procedimento de aquisição de dados. Foram determinados dois pontos em cada sala monitorada, um próximo da janela e outro próximo da parede em lado oposto ao termo-acumulador. Os equipamentos a serem utilizados são quatro registradores de temperatura e umidade UTReg – S1615, marca Squiter que possuem sensores de temperatura e umidade embutidos. As medições serão realizadas a 1,20 m do nível do solo.

Com base na análise dos dados levantados no monitoramento serão realizados dois estudos. O primeiro será a verificação do Voto Médio Estimado de Fanger (1970), no qual com base na leitura das variáveis ambientais monitoradas será possível a verificação do grau de insatisfação dos usuários

dos espaços com relação ao calor e ao frio, considerando a utilização do termo-acumulador no período frio. É importante salientar que a dificuldade do monitoramento da temperatura média radiante, impossibilita a verificação do Δ_{VME} , apresentado por FANGER (1970) apud RUAS (1999, p.63-65). Considerando a baixa velocidade do vento na sala analisada, para cada 1°C que a temperatura média radiante estiver superior a temperatura do ambiente, poderá haver um incremento de até 0,15 no VME no verão e de 0,08 no inverno.

O segundo estudo consiste na análise da economia de energia considerando a comparação do desempenho das duas salas por intermédio da verificação das horas de conforto e desconforto proporcionado pela baixa temperatura e necessidade de aquecimento artificial.

4. CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

O protótipo já foi construído e instalado junto ao Laboratório Anemométrico da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo. O modelo adotado na concepção do protótipo é oriundo do trabalho de Roaf (2006), estufa solar com termossifão, com adaptações de escala e da retro-alimentação do ar a ser aquecido. As verificações preliminares efetuadas durante a instalação do conjunto, como também a análise física, indicam a eficiência do equipamento (geração de 500 a 1000 W/h).

É importante destacar que o êxito do equipamento projetado e construído dependerá das medições e análises a serem realizadas, no que diz respeito ao desempenho do protótipo, nos meses de junho, julho e agosto.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2005) *NBR 15220: Desempenho térmico de edificações*. Rio de Janeiro.
- BARDOU, Patrick; ARZOUMANIAN, Varoujan. (1980) *Sol y Arquitectura: tecnologia y Arquitectura*. Barcelona: Gustavo Gili.
- BANHAM, Reyner. (1975) *La arquitectura Del entorno bien climatizado*. Buenos Aires: Infinito.
- BROWN, G. Z. (2004) *Sol, Vento e Luz: estratégias para o projeto de arquitetura*. Tradução Alexandre Salvaterra. 2 ed. Porto Alegre: Bookman.
- CUNHA, Eduardo Grala da. (2006) et. all. *Elementos de Arquitetura de Climatização Natural buscando a eficiência energética na arquitetura*. Porto Alegre: Masquatro, 2 ed.
- FANGER, O. (1970) *Thermal Comfort – Analysis and application in environmental engineering*. Copenhagen, 244 p.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDANDIZATION. (1985) *ISO 7726: Thermal Environments – instruments and methods for measuring physical quantaties*: Switzerland.
- REDDY, A. K. N.; GOLDEMBERG, J. (1998) *Energy fort he development world*. New York: Scientific American.
- FRANDOLOSO, Marcos A. L. (2001) *Crterios de projeto para escolas bioclimáticas*. 2001. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Curso de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- GIVONI, Baruch. (1969) *Man, climate and architecture*. London: Elsevier.
- GIVONI, Baruch. (1992) *Comfort, climate analysis and building design guidelines*. Energy and Building, Lausanne, v.18, p.11-23, jul.
- HABITAT. (1990) *United Nations Center for Human Settlements. National design handbook. Prototype*. Nairobi, Kenya: UN-HABITAT.
- ROAF, Susan. (2006) *Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável*. Tradução Alexandre Salvaterra. 2 ed., Porto Alegre: Bookman.

SERRA, Rafael. (1999) Arquitectura y climas. Barcelona: Gustavo Gili.

SZOKOLAY, Steven V. (1983) Arquitectura solar: realización y proyectos a escala mundial. Madrid: Blume.

TREWARTHA, Glenn. (1954) An introduction to climate. 3. ed. New York: McGraw-Hill.