

CONTRIBUIÇÕES AO ENSINO DE ENGENHARIA ATRAVÉS DE CASA MODELO – GERAÇÃO DE ENERGIA E CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Ademar Cordero – cordero@furb.br

FURB – Universidade Regional de Blumenau, Departamento de Engenharia Civil

Endereço: Rua São Paulo 3250

CEP 89.030-000 – Blumenau- SC

Adriano Peres – aperes.furb@gmail.com

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Ivone Gohr Pinheiro – ivonegp@furb.br

Departamento de Física e Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

Jose Alexandre Borges Valle – alex@furb.br

Departamento de Engenharia Química

Savio Leandro Bertoli – savio@furb.br

Departamento de Engenharia Química

Paulo Roberto Brandt – prbrandt@furb.br

Departamento de Engenharia Elétrica e de Telecomunicações

Anamélia Alcantara dos Santos Adriano – anamelia.eng@gmail.com

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

Resumo: Neste trabalho apresenta-se uma proposta de aproveitamento de energia solar e de captação e aproveitamento de água de chuva em uma Casa Modelo – projeto da FINEP denominado de “Água de Chuva em Edificações de Blumenau e Região”, tendo em vista o ensino e a formação do futuro engenheiro. A proposta engloba a implantação de dispositivos devidamente monitorados para aquecimento de água e geração de energia elétrica através de energia solar e para o aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis, avaliando-se o volume necessário para atender à demanda. A Casa Modelo será usada pelos alunos de graduação e de pós-graduação stricto sensu, bem como será disponibilizada à comunidade externa para visitação. Através dos dispositivos instalados na Casa Modelo será possível interagir com diferentes disciplinas dos cursos de Engenharia Civil, Engenharia Elétrica, Engenharia de Telecomunicações e Engenharia Química.

Palavras-chave: Aproveitamento de Água de Chuva, Energia Solar, Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de uma casa que sirva de modelo para apreciação e apresentação de disponibilidades que envolvem a auto-sustentabilidade foi a temática deste projeto apresentado e aprovado junto à FINEP. A partir dela pretende-se que o futuro engenheiro, além de familiarizar-se com as diferentes tecnologias, possa desenvolver análises e fixar conceitos relativos a balanços de massa e energia, transmissão de calor, geração de energia elétrica, materiais de construção, instalações hidro-sanitárias que são contemplados nos sistemas de aproveitamento de energia solar e captação e aproveitamento de água de chuva.

O fato de poder observar e interagir com conceitos aplicados na construção da Casa Modelo vem ao encontro da colocação de Pelizzari (PELIZZARI *et al.*, 2002: p.38) de que: “... o conteúdo escolar a ser aprendido tem que ser potencialmente significativo...”. (ALENCAR e FLEITH, 2004) quando de sua pesquisa relativa às práticas docentes que incentivam a criatividade no ensino superior, colocaram em evidência quatro fatores, constituídos cada um de vários itens (conteúdos). No Fator 4 (Interesse pela Aprendizagem do Aluno), dentre os itens destacados pelas autoras “Utiliza exemplos para ilustrar o que está sendo abordado em classe” e “Desperta o interesse dos alunos pelo conteúdo ministrado” podem ser largamente aplicados e difundidos através da Casa Modelo.

Também, segundo (MORUZZI e MORUZZI, 2010: p.26) a partir “... da percepção concreta dos problemas, o aluno é despertado para a prática profissional transformadora como parte integrante do processo de construção do conhecimento...”.

Para tanto, o uso de água de chuva para fins não potáveis, o de energia solar para o aquecimento da água – energia térmica – e o uso de células fotovoltaicas – para a geração de energia elétrica, atendem aos objetivos estabelecidos servindo de exemplo de tecnologias inovadoras para os alunos de Engenharia Civil, Engenharia Elétrica, Engenharia de Telecomunicações e Engenharia Química.

2 METODOLOGIA

A Casa Modelo se localiza no Campus II da FURB – Universidade Regional de Blumenau, possuindo 97,42 m² de área projetada de telhado, com 84,32 m² de efetiva área de captação de água de chuva como mostrado na “Figura 1”.

A casa é composta por um pavimento, suspensa por pilotis, onde a área inferior foi utilizada para a instalação do sistema de captação da água de chuva e seu armazenamento.

Os painéis solares serão instalados diretamente sobre o telhado, contando com orientação adequada a máxima radiação solar possível e constituindo-se em dois sistemas diferentes. O primeiro, fotovoltaico, converte a energia solar diretamente em energia elétrica, já o segundo, térmico, converte a energia solar em energia térmica para aquecimento de água.



Figura 1 – A Casa Modelo construída para o projeto.

2.1 Captação e aproveitamento de água de chuva

Dimensionamento do sistema

A captação e aproveitamento de água de chuva contemplou o dimensionamento do sistema de captação bem como o de armazenamento. O dimensionamento das calhas e dos condutores horizontais e verticais foi realizado observando-se a NBR 10844 – Instalações Prediais de Águas Pluviais (ABNT, 1989) que permitiu definir o diâmetro e a declividade dos condutores horizontais e verticais.

O dimensionamento do reservatório de descarte e de armazenamento da água de chuva foi realizado através da NBR 15.527 – Água de chuva: Aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis (ABNT, 2007). O volume do reservatório de descarte da água de chuva foi adotado de maneira a descartar os primeiros 2 mm precipitados enquanto o reservatório de armazenamento foi dimensionado baseando-se no balanço de massa através do método prático australiano, um dos seis propostos na NBR 15.527 (ABNT, 2007).

Instalação do sistema

O sistema de captação de água pluvial consiste em recolher a água de chuva que irá percolar sobre o telhado através de calhas e enviá-la para os condutores verticais. No nível abaixo do piso da casa, os condutores verticais são ligados por condutores horizontais, levando a totalidade da água de chuva captada a passar por um gradeamento. Após a retirada do material sólido de maior diâmetro, o sistema encontra o primeiro reservatório, o de descarte da primeira água de limpeza do telhado. Uma vez este pleno, a água de chuva é conduzida ao reservatório de armazenamento. Deste, ela é recalçada para o reservatório superior do qual será distribuída para uso em um vaso sanitário e uma torneira externa para lavagem de calçada e irrigação de jardim.

Além do reservatório superior de água de chuva existe um de água da concessionária que abastece a Casa Modelo caso o reservatório de água de chuva não permita atender a demanda. Com o intuito de avaliar a demanda foram instalados hidrômetros junto ao vaso sanitário e à torneira externa. As tubulações de abastecimento interno da Casa Modelo foram identificadas através de diferentes cores.

2.2 Captação e aproveitamento da energia solar

O uso de energia solar para o aquecimento de água em residências tem o intuito de estabelecer um conforto básico de fornecimento de água quente tanto no chuveiro quanto em torneiras da cozinha e do banheiro, buscando, desta forma, a redução significativa do uso de equipamentos elétricos de aquecimento de água como os chuveiros e outros. O entendimento da obtenção e uso desta forma de energia possibilita ao acadêmico fixar conceitos relativos aos diferentes modos de transferência de calor: condução, convecção (natural e forçada) e radiação, além de propiciar o entendimento do efeito estufa e, uma questão atualmente preocupante, o aquecimento global.

A avaliação de desempenho do sistema de aproveitamento da energia solar pretende desenvolver sistemas de monitoramento local e a distância, em tempo real, via rede, tendo como parâmetros de avaliação a temperatura da água no reservatório, o diferencial de temperatura entre a água que está entrando e a que está saindo do painel e a quantidade de água que está armazenada no reservatório térmico da água. Ela visa, também, o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de posição dos painéis buscando sua inclinação ótima para a melhor captação dos raios solares incidentes no painel.

O dimensionamento dos painéis foi realizado levando em conta uma família de quatro pessoas, com um consumo de água correspondente a um banho diário de 10 minutos cada e uso moderado de água quente nas torneiras da cozinha e banheiro.

O sistema de geração de energia fotovoltaica visa alimentar a geladeira, o microcomputador, o sistema de iluminação e a bomba de recalque da água de chuva. A proposta é tornar a casa autônoma em relação a cargas mais usuais, porém não integralmente independente do sistema de abastecimento convencional, embora a pesquisa busque verificar a real capacidade de um sistema pré-dimensionado para tornar a estrutura independente da rede de abastecimento convencional.

Também, como proposta de pesquisa e desenvolvimento junto aos alunos serão desenvolvidos na estrutura fotovoltaica os seguintes sistemas:

- monitoramento da quantidade de energia gerada;
- monitoramento de posicionamento dos painéis;
- avaliação de carga armazenada nas baterias versus geração fotovoltaica;
- suporte de alarme e desligamento de luzes e equipamentos, com escala de prioridades entre eles;
- desenvolvimento de interface de visualização através da rede dos resultados em tempo real.

Na proposta de desenvolvimento e implantação do sistema de monitoramento, propõe-se o uso de sucatas de informática e também utilização de materiais que seriam descartados como sucata eletrônica.

Portanto, a proposta de construção da casa se amplia como ferramenta de aprendizado e conformação de estruturas que possam servir de inspiração e aperfeiçoamento na área das engenharias participantes atualmente do projeto podendo, contudo, se estender à arquitetura, engenharia de produção, design, entre outras. Além disso, aspectos relativos à necessidade do uso de baterias e o seu impacto ambiental também são discutidos, possibilitando assim criar uma visão crítica também em termos das fontes de energias alternativas e renováveis, sendo que este ponto é crucial para a formação dos futuros engenheiros.

Dimensionamento do sistema

Para o uso e aproveitamento da energia solar, foram executados dois projetos:

- captação de energia solar para uso fotovoltaico;
- captação de energia solar para uso térmico.

Para a utilização de painéis solares com a finalidade de geração de energia elétrica, foi primeiramente levantada a estimativa de carga considerando-se o uso diário de cada um dos equipamentos ou mesmo a iluminação na casa. Pode-se fazer isto com o uso de programas que permitem avaliar e determinar a quantidade de energia necessária para o sistema considerando as condições climáticas da região, encontrados, por exemplo, em sítios de internet de fabricantes de painéis solares. Neste caso foi utilizado o programa Radiasol 2, desenvolvido pelo Laboratório de Energia Solar da UFRGS (UFRGS, 2010).

Ao contrário da energia convencional, a demanda de energia solar é calculada pelo consumo, sendo então, necessárias as seguintes informações:

- qual equipamento será utilizado
- a potência (P em watts) do equipamento
- a tensão (V em volts) do equipamento
- n° de horas/dia de utilização do equipamento
- consumo de corrente (I em ampère-hora) do equipamento ($I=P/V$)
- local (Cidade/ Estado) em que o sistema será instalado.

A carga estimada total foi de 63,5 kWh de consumo máximo diário, correspondente à geladeira, uma máquina de lavar roupas, um ventilador de teto, um aparelho portátil de som e iluminação em cada uma das salas com lâmpadas fluorescentes econômicas (SOLAR BRASIL, 2010). Também foi considerada uma bomba de recalque para a água de chuva.

Diante desta carga se estabelece o número de painéis necessários e demais acessórios e estruturas que suportarão o sistema.

Da mesma forma procedeu-se ao dimensionamento de energia térmica, considerando-se quatro pessoas na casa, e a utilização de água quente para o banheiro, a pia da cozinha e o chuveiro, resultando em um sistema com capacidade para armazenar e aquecer 200 litros de água.

Para o aspecto de multidisciplinaridade em relação aos projetos listados, tem-se como base o desenvolvimento de auxiliares de monitoração e de controle dos sistemas.

Os projetos com energia solar viabilizarão o desenvolvimento de outros estudos, como:

- controle de posicionamento do painel, buscando o melhor ângulo para captação máxima da radiação solar;
- controle da quantidade de energia fotovoltaica gerada em função da posição do painel;
- controle da quantidade de energia térmica gerada em função da posição do painel;
- programa de interface que possibilitará o acompanhamento via rede dos sistemas anteriores;
- programa de relacionamento entre energia térmica e fotovoltaica geradas *versus* o consumo a partir destas;
- sistema de alarme e desligamento de equipamentos e iluminação em função das prioridades de uso.

O conjunto dos sistemas de energia solar, térmica e fotovoltaica busca apresentar baixo impacto ambiental e ter o Selo A do PROCEL. Para os sistemas de controle e posicionamento dos painéis se buscará utilizar sucatas da área de informática (motores de impressoras, gabinetes de computadores desativados, placas de *modems* para comunicação e placas de rede (BRANDT, 2002).

3 RESULTADOS

3.1 Captação e aproveitamento de água de chuva

O sistema de captação foi executado com calhas de alumínio de 100 mm de diâmetro interno, com 1% de declividade e condutores verticais e horizontais de PVC, também com 100 mm de diâmetro, conforme apresentado na Figura 2.

Conforme mostra a Figura 3, uma vez a água de chuva tendo chegado ao nível abaixo do piso da casa, ela passa primeiramente por um gradeamento que é realizado pelo equipamento comercial denominado de “filtro” (componente azul suspenso na Figura 3). O reservatório de descarte da água de chuva foi fabricado *in loco* com uma tubulação de 300 mm de diâmetro (componente marrom na Figura 3) e o reservatório de armazenamento é do tipo comercial, com um volume de 5000 litros (componente azul no solo, vide Figura 3). A água de chuva armazenada no reservatório inferior é bombeada para o pavimento superior através de uma bomba que usará energia fotovoltaica.

Os hidrômetros estão em local de destaque e, atendendo a NBR 15.527 (ABNT, 2007), junto à torneira de água de chuva existe um aviso informando que o abastecimento naquele local é através de água de chuva, não-potável, e que não deverá ser ingerida, conforme se comprova na Figura 4. As tubulações de abastecimento de água na Casa Modelo foram pintadas de azul para água fria potável e marrom para água de chuva, conforme apresentado na Figura 4, além da tubulação na cor verde para água quente.

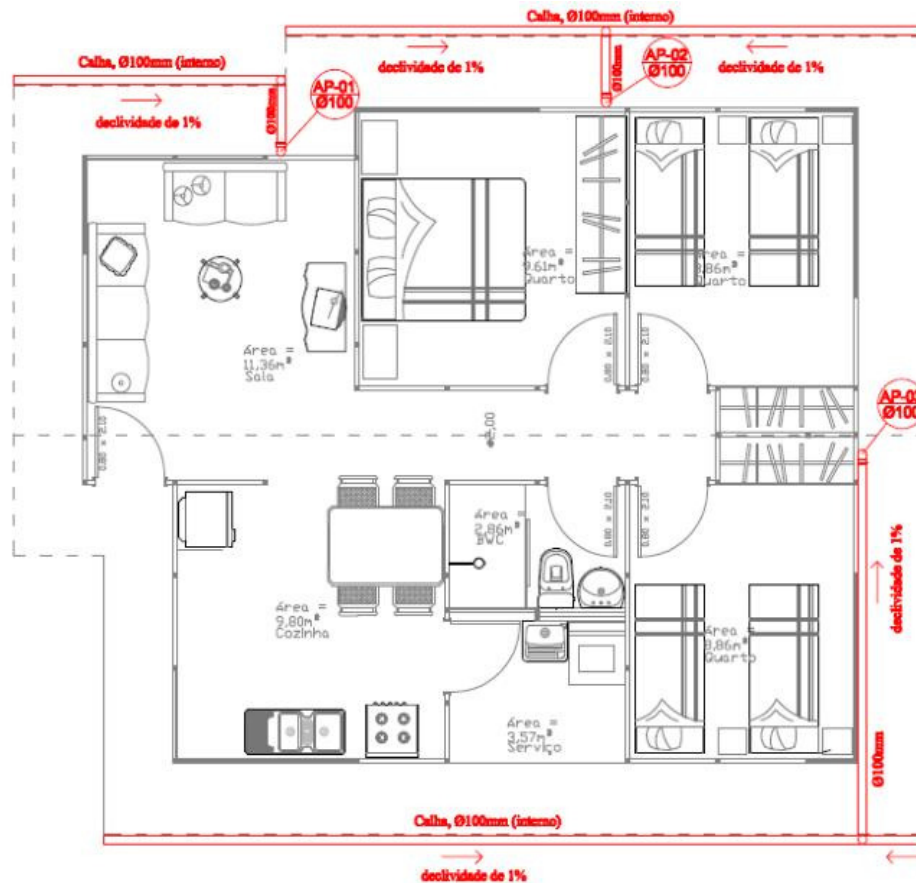


Figura 2 – Planta da captação e transporte da água de chuva da Casa Modelo



Figura 3 – Sistema de gradeamento, reservatório de descarte e reservatório de armazenamento de água de chuva da Casa Modelo.

Os sistemas que envolvem a energia solar, tanto térmica quanto fotovoltaica, estão em fase de aquisição, assim como aqueles que serão utilizados nos monitoramentos e avaliações de desempenho das estruturas.

Além do uso da Casa Modelo para o ensino de engenharia, ela também está sendo usada para pesquisa, permitindo o desenvolvimento de duas dissertações do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e como tema para desenvolvimento de pesquisas nas Engenharias Civil, Elétrica, Química e de Telecomunicações da FURB. A extensão também poderá ser contemplada através de visitação da comunidade externa, visando conscientizar a sociedade de que é possível implantar sistemas simples para preservação do meio-ambiente.



Figura 4 – Hidrômetro e tubulações de água fria potável (azul) e água de chuva (marrom).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto, de abrangência multidisciplinar, permite a interação das áreas de engenharias Elétrica, Civil, Química e de Telecomunicações, com intensa participação não só dos alunos de graduação e pós-graduação, como também da comunidade externa.

A Casa Modelo demonstra a viabilidade do uso da água de chuva, permitindo ao aluno verificar os elementos do sistema de captação e aproveitamento de água de chuva bem como seu funcionamento de forma aplicada.

As tubulações de abastecimento de água de chuva, água fria e água quente destacadas em diferentes cores permitem a visualização da distribuição dos diferentes abastecimentos. Tais tubulações foram feitas de forma aparente em alguns setores da casa, tornando-se de muito fácil compreensão, mesmo para a comunidade em geral.

Dentro desta proposta é possível abordar o conteúdo de diferentes disciplinas como hidrologia, hidráulica, instalações prediais, saneamento e drenagem entre outras.

Embora o projeto de uso da energia solar térmica e fotovoltaica, ainda não tenha resultados a apresentar, pode-se antever que os mesmos permitirão um grande número de possibilidades para desenvolver processos para avaliação e desenvolvimento de sistemas de controle e melhorias de desempenho de cada um deles.

Agradecimentos

Os autores manifestam seus agradecimentos a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) pelo aporte financeiro.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, E.M.L.S. de, FLEITH, D.S. Inventário de práticas docentes que favorecem a criatividade no ensino superior. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, 17(1), p.105-110, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Água de chuva**: Aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis. NBR 15.527, Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalações prediais de águas pluviais**. NBR 10.844, Rio de Janeiro, 1989.

BRANDT, P.R. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental: **Geração e cogeração de energia: Uma proposta para os municípios do Médio Vale do Itajaí**. Blumenau, 2002.

MORUZZI, A.B., MORUZZI, R.B. A transversalidade como princípio pedagógico no ensino superior de engenharia: o ProGAmAR da engenharia ambiental da UNESP – Campus de Rio Claro. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 29, n. 1, p. 20-28, 2010.

PELIZZARI, A., KRIEGL, M.L., BARON, M.P., FINCK, N.T.L., DOROCINSKI, S.I. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Rev. PEC**, Curitiba, v.2, n.1, p.37-42, jul. 2001-jul. 2002.

SOLAR BRASIL (KYOCERA) - **Cartilha de Energia Solar**, 2010.

UFRGS - Laboratório de Energia Solar – GESTE/PROMEC, **Programa RADIASOL 2.1**, (2007). Disponível em: <<http://www.solar.ufrgs.br/#radiasol>>. Acesso em: 30 mar. 2011.

CONTRIBUTIONS TO ENGINEERING EDUCATION THROUGH HOUSE MODEL – ENERGY GENERATION AND CAPTURE AND UTILIZATION OF RAINWATER

Abstract: *This work presents a proposal for harnessing solar energy and to capture and utilization of rainwater in a House Model – a FINEP project called "Rain Water in Buildings of Blumenau and Region", given education and training of the future engineer. The proposal includes the deployment of devices properly monitored for water heating and electric power generation through solar energy and to the use of rain water for non-drinking purposes, by evaluating the volume required to meet demand. The House Model will be used by undergraduate and graduate students, and will be available to external community for visitation. Through the House Model you can interact with different disciplines of Civil Engineering, Electrical Engineering, Telecommunications Engineering and Chemical Engineering.*

Keywords: *Capture and Utilization of Rainwater, Solar Energy, Sustainability.*