



APROVEITAMENTO DE PROJETO DE CASA MODELO PARA COLETA E FONTE DE ÁGUA DE CHUVA, GERAÇÃO DE ENERGIA E AQUECIMENTO SOLAR

Ademar Cordero - cordero@furb.br
Departamento de Engenharia Civil
Ivone G. Pinheiro – ivonegp@furb.br
Departamento de Engenharia Civil
Jose A. B. Valle – alex@furb.br
Departamento de Engenharia Química
Mário Tachini – tachini@furb.br
Departamento de Engenharia Civil
Paulo R. Brandt – prbrandt@furb.br
Departamento de Engenharia Elétrica e Telecomunicações
Savio L. Bertoli – savio@furb.br
Departamento de Engenharia Química
Universidade Regional de Blumenau – FURB
Rua São Paulo, 3250, Campus II
CEP 89.030-000 – Blumenau – Santa Catarina - Brasil

RESUMO: Neste trabalho é apresentada parte de uma pesquisa realizada em um experimento em escala real do aproveitamento da água de chuva para o uso não potável conjugado com uma trincheira de infiltração para o controle na fonte da água da chuva excedente. Também foram adicionados no mesmo experimento painéis solares para o aquecimento da água e para geração de energia elétrica. Esta pesquisa foi realizada em uma edificação residencial denominada aqui de “casa modelo” a qual tinha sido construída anteriormente a esta pesquisa para teste de materiais sustentáveis que foram utilizados para a construção da mesma. A casa modelo fica localizada no Campus II da FURB – Universidade Regional de Blumenau-Blumenau/SC.

Palavras-chave: trincheira de infiltração, água da chuva, energia solar, energia fotovoltaica, energia termossolar.

1. INTRODUÇÃO

Em algumas regiões brasileiras onde hoje já existe escassez de água poderão ser agravadas ainda mais no futuro, outras regiões que atualmente ainda não há problema com a falta d'água a escassez poderá chegar no futuro. Estas previsões são feitas com base no aumento do consumo d'água e na disponibilidade hídrica existente. O aumento do consumo d'água é uma consequência do aumento da população, que demandará cada vez mais água no futuro, tanto para o consumo próprio, como para a produção de alimentos, especialmente aqueles irrigados e os industrializados. Apesar da grande disponibilidade de água doce no território Brasileiro, 12% das reservas mundiais, não quer dizer que todos locais tem disponibilidade suficiente, pelo fato não estarem bem distribuídas no respectivo território (Cordero *et al* 2012).



A escassez da água levará o homem na busca de novas fontes que hoje não são utilizadas, ao menos em grande escala. A água da chuva é uma boa alternativa, pois ela pode ser captada de uma forma bem simples para o cidadão normal, a partir dos telhados das residências e com pequenos cuidados na captação e no armazenamento, ela pode ser utilizada para diversos fins, tais como: nas descargas dos vasos sanitários, para a lavagem de carros, roupas, calçadas e para irrigação de jardins.

Se a escassez é um problema, o excesso de água da chuva pode trazer a problemática das “enxurradas”, bem conhecidas em muitas cidades brasileiras, inclusive na cidade de Blumenau/SC. Observa-se que as enxurradas estão aumentando de frequência à medida que os anos vão passando, principalmente nas grandes cidades, isto é explicado pelo aumento das taxas de impermeabilizações, que ocorrem na medida em que as cidades vão se desenvolvendo e novos loteamentos, estradas, estacionamento, edificações, vão surgindo. Para amenizar estes problemas das enxurradas nas cidades as prefeituras necessitam encontrar alternativas, sendo as trincheiras de infiltrações uma delas (Cordero *et al.*, 2012).

O objetivo deste trabalho é apresentar parte de uma pesquisa realizada em um experimento em escala real do aproveitamento da água de chuva para o uso não potável conjugado com uma trincheira de infiltração que serve para o controle a água da chuva excedente na própria fonte. Também faremos uma breve descrição do uso da energia solar para o aquecimento da água e para geração de energia elétrica que foi implantado na casa modelo.

O trabalho foi um dos objetivos alcançados no âmbito do projeto “ACHUVABLU” Água de Chuva em Edificações de Blumenau e Região, aprovado pelo MCT/FINEP/CT-Hidro - Processos Hidráulicos 02/2007. Esse projeto é sequência de um projeto anterior que tratava da construção de uma “Casa Modelo” com materiais sustentáveis.

Aproveitando a base conceitual da pesquisa, de construir uma casa apresentada como modelo não só construtivo, mas também com aproveitamento energético com geração fotovoltaica e termossolar, a incorporação ao projeto com uso de painéis solares para iluminação, alimentação de eletrodomésticos e de um pequeno sistema de bombeamento da água armazenada da chuva para as caixas d’água da casa, bem como um sistema de aquecimento solar para a água quente para banhos e pia da cozinha.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para fins de análises a descrição foi dividida em dois grandes sistemas. Sendo o primeiro sistema, envolvendo o processo da captação da água da chuva e o aproveitamento da mesma para fins não potáveis e pela trincheira de infiltração. Ambos foram dimensionados para a casa modelo que fica localizada no Campus II da FURB, que tem de área projetada de telhado de 97,42 m², com uma área efetiva de captação de água de chuva de 84,32 m² (Figura 1). O segundo envolveu o processo de aproveitamento de energia solar, subdividido em sistema fotovoltaico de energia e sistema termossolar, para o aquecimento da água. O sistema fotovoltaico buscou atender uma demanda de fornecimento de energia para uso de até quatro horas diárias no período noturno, com o uso de computador, geladeira e televisor

2.1 Captação e aproveitamento da água de chuva

Cordero *et al.* (2011) apresentaram estudos relacionados a captação e aproveitamento da água de chuva. 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 dos condutores e a declividade dos condutores horizontais.

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 o primeiro milímetro precipitado, 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).

2.2 Trincheira de infiltração

Medeiros *et al.* (2011) apresentaram metodologias e cálculo de trincheiras de infiltração. A trincheira de infiltração aqui apresentada foi dimensionada em base a testes de infiltração realizados no local, o reservatório de 5000 litros e as precipitações diárias. Com estas informações foram determinadas as dimensões da trincheira, através de um balanço utilizando como entrada o volume da água produzida pelo telhado, o volume de armazenamento no reservatório e o excedente como entrada na trincheira, como saída da trincheira tínhamos a taxa de infiltração e a saída do excesso para a tubulação de drenagem.

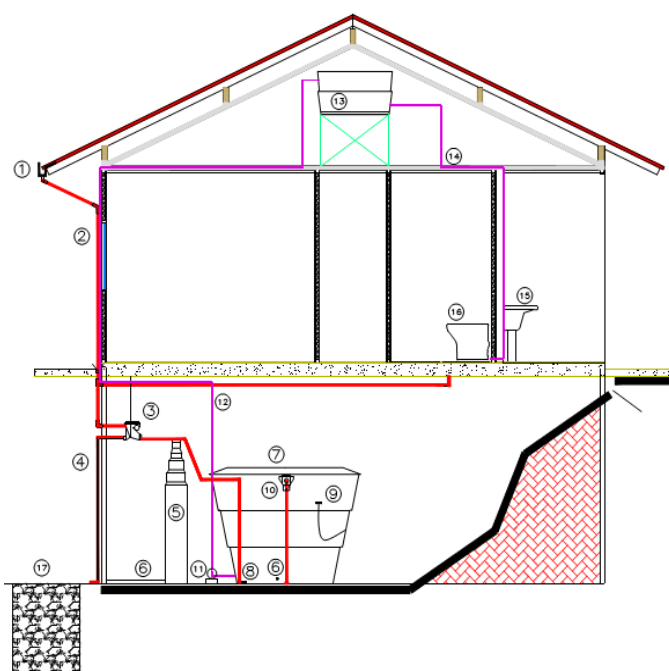
2.3 Instalação dos Sistemas

O primeiro sistema, coleta a água da chuva que escoar sobre o telhado e através de calhas leva 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 (filtro). 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. Após o enchimento do descarte a água de chuva é conduzida ao reservatório de armazenamento que é de 5.000 litros. Após a água é elevada, através de um sistema de bombeamento, para o reservatório superior do qual vai por gravidade para uso em um vaso sanitário e uma torneira externa para lavagem de calçadas e irrigação de jardim.

Além do reservatório superior de água de chuva existe outro reservatório de água potável que abastece a casa modelo, caso o reservatório de água de chuva não permita de atender a demanda, ele recebe água potável e esta integração se dá através de uma válvula solenoide. 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.

O segundo sistema, denominado “trincheira de infiltração”, compreende uma vala que foi aberta no solo e preenchida com brita, quando é excedida a capacidade de armazenamento do reservatório inferior de 5.000 litros, a água sai por um ladrão e vai para a trincheira de infiltração que também tem uma capacidade inicial de 5.000 litros. Na medida em que a água

vai entrando na trincheira ela vai se infiltrando naturalmente no solo e aos poucos vai esvaziando até a próxima chuva e assim inicia o processo novamente. Quando excedida a capacidade da trincheira a água vai para a drenagem pluvial. Na figura 1 é apresentado o esquema do sistema de coleta da água da chuva e da trincheira de infiltração.



- ① Calha Coletora da Água de Chuva
- ② Tubo de Queda
- ③ Filtro da Água de Chuva
- ④ Água com Detritos para Descarte
- ⑤ Descarte do 1ºmm de Chuva
- ⑥ Tubulação de Limpeza
- ⑦ Reservatório Inferior 5000L
- ⑧ Freio Aerador
- ⑨ Bóia de Nível
- ⑩ Sifão Ladrão – água vai para trincheira
- ⑪ Bomba Hidráulica
- ⑫ Tubulação de Recalque
- ⑬ Reservatório Superior 310L
- ⑭ Tubulação de Distribuição da Água de Chuva
- ⑮ Tanque
- ⑯ Vaso Sanitário
- ⑰ Trincheira

Figura 1 – Esquema do sistema de coleta da água da chuva e da trincheira de infiltração

2.4 Sistema de Energia solar

O sistema de utilização da energia solar teve o foco de aplicação no aquecimento da água e na geração de energia elétrica fotovoltaica na casa modelo. Os painéis de energia fotovoltaica tiveram duas aplicações fundamentais, uma a de prover energia para a casa, através do uso de lâmpadas fluorescentes compactas, uma rede elétrica com tomadas de energia para alimentação de uma geladeira de pequeno porte, um televisor portátil e um computador portátil. No total foram os seguintes os materiais instalados e a carga prevista:

Seguindo os propósitos do modelo da casa, sua área, a finalidade de uso, expectativa populacional de uso, estabeleceu-se uma previsão de carga de consumo com margem de expansão conforme a demanda e até mesmo possibilitasse o uso para diversos estudos futuros.

O conjunto de sistema fotovoltaico é composto de quatro placas de 80 Watts cada, com controlador de carga marca Phocos para armazenagem em duas baterias seladas de 75 Amperes cada e um conjunto de inversores de 24V para 220V marca Xantrex, para que se possa ligar na rede de alimentação da casa. A proposta de carga prevista na rede alimentada pelo sistema consta uma geladeira de pequeno porte, uma televisão portátil, um microcomputador, doze lâmpadas tipo compactas fluorescentes.



Figura 2 – Painéis Fotovoltaicos e de Aquecimento de Água.

Um segundo sistema fotovoltaico dedicado, constituído de duas placas de 40 Watts cada para acionamento exclusivo de uma bomba d'água que se destina a fazer o rescaldo da água da chuva armazenada na caixa para outra no topo da casa que abastece estruturas que não necessitam de água potável. O sistema fotovoltaico permite autonomia de até 4 horas diárias de alimentação de iluminação e uso de computador e televisão durante uma hora, tempo este considerado razoável para a proposta da utilização da casa.

A colocação de ambos os sistemas foi feita no telhado, conforme se percebe na Figura 2, com orientação voltada ao Norte, fundos da casa, que permite a melhor colocação para



captação mais regular e ampla de insolação. Os painéis ocuparam um volume pequeno do telhado da casa e foram fixados diretamente na estrutura de madeira deste, com o uso de parafusos métricos e porcas e contra porcas. Os aparelhos de controle, baterias e inversores foram colocados na parte inferior da casa, para melhor condição de resfriamento e armazenamento e também a colocação de disjuntores de proteção ao sistema elétrico da casa.

2.5 Sistema de Aquecimento Solar

Em função da crescente necessidade de maior diversidade na matriz energética ao nível de país e também devido à urgência de dispor-se de fontes de energia de menor impacto ambiental, um dos objetivos da casa modelo é estudar alternativas de baixo custo na obtenção de energia como exemplo o aquecimento de água através de coletores solares. Neste intuito, procurou-se dispor a casa modelo com os seguintes equipamentos:

- 1 Reservatório Térmico 200 litros de nível, marca Soletrol;
- 2 coletores solares 1.6 horizontal Classificação A, marca Soletrol;
- 1 válvula de desvio negativo, marca Heliotek;
- Rede hidráulica de água quente para um banheiro e uma cozinha em PPR, marca Aquasystem;
- 2 Controladores digitais Microsol 2 plus, marca Full Gauge;
- 1 interface modelo Conv 96, marca Full Gauge.

Dentro do enfoque antes mencionado, desenvolveu-se na casa modelo trabalho de conclusão de curso (OLIVEIRA, 2011) que teve como meta comparar a eficiência térmica de um aquecedor solar convencional e de um aquecedor solar produzido com materiais de baixo custo. Para obter a eficiência foram analisadas durante seis dias as temperaturas de entrada na placa coletora de cada aquecedor, temperaturas de saída, temperaturas ambiente, radiação solar, coeficiente de perda de calor e coeficiente de absorção de calor. Os resultados obtidos são representados graficamente (OLIVEIRA, 2011) e as comparações permitem estabelecer a eficiência térmica de cada aquecedor solar, viabilidade econômica e ambiental.

No momento está se iniciando outro trabalho de conclusão de curso nesta linha, destacando-se desta forma a importância desta casa-laboratório no estudo de alternativas de baixo custo e ambientalmente corretas em relação à obtenção e uso de energia, em particular na região do médio vale do Itajaí (SC).

3. DISCUSSÃO DOS SISTEMAS

Considerando que a cobertura da casa modelo tem quase 100 metros quadrados (97,42 m²) a soma dos dois sistemas tem a capacidade para armazenar juntos 10.000 litros de água, isto significa que os dois sistemas juntos conseguem controlar 100 mm de chuva. Em Blumenau as chuvas mais frequentes que causam enxurradas variam entre 50 a 100 mm em poucas horas, dependendo das condições antecedentes do solo. Outra vantagem importante é que com a infiltração da água o lençol freático é abastecido. Portanto se a Prefeitura Municipal de Blumenau estabelecer que todos os lotes devam implantar sistemas deste tipo, as constantes enxurradas que ocorrem em diversas regiões de Blumenau, poderão ser minimizadas. Estes dois sistemas também poderão implantados em outras cidades onde

ocorrem problemas desta natureza. Na Figura 3 apresenta onde foi instalado o reservatório de água da chuva e a trincheira de infiltração na casa modelo.



Figura 3 - Captação e armazenamento da água de chuva e a trincheira de infiltração.

4. CONCLUSÕES

Neste artigo foi apresentada uma forma de captação, armazenamento e aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis conjugado com uma trincheira de infiltração, com objetivo de economizar água potável e minimizar as enxurradas.

A concepção clássica da drenagem urbana considera que os escoamentos pluviais, em nível de lote, sejam coletados e levados diretamente para a tubulação de drenagem. Assim, de montante para jusante, as vazões vão aumentando com o somatório das entradas de cada lote. Com o crescimento urbano e sua crescente impermeabilização do solo, o problema está sendo transferido para as áreas mais baixas. Assim, sempre serão necessárias novas obras de canalizações com custo crescente.

A proposta apresentada neste trabalho propõe que a chuva que cai dentro do lote urbano, deve ali ficar armazenada, após utilizando uma parcela desta água de chuva para fins não potáveis e o restante infiltrar no solo. Assim que o morador de cada lote urbano pode



economizar água, contribuir com a minimização das enxurradas e com a recarga do lençol subterrâneo.

Algumas Prefeituras Municipais já estão incorporando esses novos procedimentos em leis, como por exemplo, a de Porto Alegre. Em resumo, essa legislação trata basicamente da manutenção, após uma determinada obra urbana, do escoamento superficial que havia anteriormente. Esta medida se enquadra nas chamadas medidas de controle pluvial na fonte.

No monitoramento preliminar da trincheira de infiltração, verificamos que a mesma ficou superdimensionada, isto se deve a taxa de infiltração considerada no dimensionamento da mesma não refletir a realidade, isto é, na realidade a taxa de infiltração esta sendo maior da que foi considerada para o dimensionamento.

O conjunto fotovoltaico utilizado na geração de energia elétrica para a casa e para o fornecimento de energia elétrica para a casa e de energia para a bomba d'água fornecer o abastecimento à caixa superior, permite que se obtenha um conjunto com razoável autonomia, que pode ser ampliada com o aumento de baterias para armazenamento de carga, ampliação do número de painéis para ampliar a capacidade de carga e, ainda, compor sistema que possa fornecer energia elétrica para a rede de energia elétrica comercial, a partir do momento em que as baterias estão carregadas e não houver consumo na casa, podendo com isto passar a ser fonte geradora de renda a família residente na casa (Resolução Normativa Nº 482 de 17/04/2012 da ANEEL).

5. AGRADECIMENTOS

Os autores deixam aqui seu grande agradecimento a FINEP e a FURB pelo apoio financeiro sem o qual essa pesquisa não poderia ter sido realizada.

6. REFERÊNCIAS

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

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012. Resolução Normativa nº 482 de 17 de Abril de 2012.

CORDERO, A.; PINHEIRO, I. G.; VALE, J. A. B.; BERTOLI, S. L.; BRANDTL, P. R., 2011. **Contribuições ao ensino de engenharia através de casa modelo - geração de energia e captação e aproveitamento de água de chuva**. In: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Blumenau. XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.

MEDEIROS, P. A.; CORDERO, A.; TACHINI, M., 2011. **Aproveitamento de água da chuva associado à trincheira de infiltração**. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011, Maceió. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.



OLIVEIRA, Amanda de. **Sustentabilidade na construção civil**: aquecedor solar de baixo custo. 2011. 48 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2011. Disponível em: <http://www.bc.furb.br/docs/MO/2011/348222_1_1.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2012.

ABSTRACT: This paper presents part of a research experiment on a real scale of the use of rainwater for non-potable uses in conjunction with a trench infiltration to control the source of excess rainwater. Also added in the same experiment solar panels for water heating and electricity generation. This research was carried out in a residential building called here the "model house" which had been built prior to this research to test sustainable materials that were used to build it. The model home is located in the Campus II FURB - University of Blumenau, Blumenau / SC.

Keywords: trench infiltration, rainwater, solar energy, photovoltaic energy, thermic energy.