



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.  
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

## DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA O SEMI-ÁRIDO DO BRASIL

Abdon da Silva Meira Filho<sup>1</sup>; José Wallace Barbosa do Nascimento<sup>2</sup>;

Vera Lúcia Antunes de Lima<sup>3</sup>; Joelma Sales dos Santos<sup>4</sup>

### RESUMO

Os sistemas de captação de água de chuva para o consumo humano, por meio de telhados, e o seu armazenamento em cisternas é uma prática crescente, sobretudo em regiões desprovidas de saneamento básico, como grande parte do Semi-Árido brasileiro. Visando contribuir na melhoria do desempenho dos sistemas de captação de água de chuva, para assegurar um suprimento ininterrupto, mesmo durante as secas mais severas, este trabalho teve por objetivo central desenvolver alternativas de telhados para residências rurais, adotando tecnologia apropriada à população do Semi-Árido brasileiro, considerando aspectos econômicos, funcionais e estético-formais. O trabalho partiu de informações obtidas de uma pesquisa de campo, realizada na comunidade rural de Paus Brancos, Município de Campina Grande, PB, entre os anos de 2002 e 2003. Posteriormente desenvolverem-se e avaliaram-se protótipos de calhas. Apesar de 80% das residências pesquisadas disporem de sistema de captação de água composto de uma cisterna, calhas receptoras e sistema de condução; apenas 16% armazenam um volume suficiente para o abastecimento durante todo o ano. A calha que alcançou um melhor desempenho na captação e condução da água foi aquela que apresentou um perfil em forma de J, além de se caracterizar em uma peça com rigidez satisfatória e bom acabamento.

**Palavras-chave:** armazenamento de água, cisterna, convivência com a seca.

### DEVELOPMENT OF A MODEL OF RAIN WATER CATCHMENT FOR THE SEMIARID FROM BRAZIL

#### ABSTRACT

The systems capture of rainwater for human consumption through roofs and its storage tanks is a growing practice, especially in regions devoid of sanitation, as much of the Semi-Arid Brazil. Aiming to contribute in improving the performance of systems of collection of rainwater, to ensure an uninterrupted supply, even during the most severe droughts, this work aimed at developing alternative roofing central to rural households, adopting appropriate technology to the population of the Semi-arid Brazilian considering economic aspects, functional and aesthetic-formal. The work started from information obtained from a field research, conducted in the rural community of Paus Brancos, county of Campina Grande, PB, between the years 2002 and 2003. After that were developing them and evaluated prototypes of rails. Although 80% of households surveyed have a system of water abstraction composed of a tank, rails and receiving system of driving, only 16% hold a sufficient volume to supply all year. The pipeline that has a better performance in collecting and carrying water was one that showed a J-shaped profile, and is characterized in one piece with good rigidity and good finishing.

**Keywords:** storage of water, tank, together with the drought.

Trabalho recebido em 20/01/2009 e aceito para publicação em 22/02/2009.

<sup>1</sup> Professor da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Departamento de Desenho Industrial, Campina Grande, PB. e-mail: abdonmeiraf@uol.com.br;

<sup>2</sup> Professor Dr. da UFCG, Departamento de Engenharia Agrícola, Campina Grande, PB. e-mail: wallace@deag.ufcg.edu.br;

<sup>3</sup> Professora da UFCG, Departamento de Engenharia Agrícola, Campina Grande, PB. e-mail: antuneslima@gmail.com;

<sup>4</sup> Engenheira Agrícola, Aluna de Doutorado, UFCG, Campina Grande, PB. e-mail: joelma\_salles@yahoo.com.br.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos foram obtidos grandes avanços nas áreas de mecanização agrícola, melhoramento genético animal e vegetal, treinamento de mão-de-obra, etc., ações estas que conferiram ao país lugar de destaque no cenário mundial. Entretanto, paralelo a este desenvolvimento, existe outro lado de subdesenvolvimento, em particular no Semi-Árido brasileiro. Tal situação vem motivando o deslocamento de grandes massas populacionais da zona rural para os centros urbanos, sobretudo aqueles localizados na região Sudeste, causando sérios problemas sociais e, conseqüentemente, agravando os problemas dessas pessoas, com reflexos diretos na sua qualidade de vida.

Inúmeras ações por parte dos governos e organismos não governamentais têm sido implementadas como, por exemplo, programas de crédito para os pequenos produtores rurais, programas de apoio à agricultura familiar, disseminação de tecnologias apropriadas etc., contribuindo, de certa forma, para a melhoria da qualidade de vida da população da zona rural do Semi-Árido.

Os últimos dados estatísticos mostram que esse processo migratório vem sofrendo retração. Resta oferecer aos habitantes dessas regiões menos desenvolvidas melhores condições de

trabalho e moradia, visando ao atendimento de suas necessidades básicas, a fim de que estas pessoas não tenham que procurar soluções para seus problemas em outros ambientes, que lhes são alheios. Portanto, o desafio é incrementar o desenvolvimento de pesquisas voltadas para esse fim, de forma ampla, abrangendo as mais diversas áreas do conhecimento tais como: engenharia, sociologia, arquitetura, desenho industrial, entre outras, com foco voltado aos habitantes de regiões consideradas inóspitas, permitindo dessa forma sua convivência com os problemas naturais dessas áreas.

Dentre os problemas enfrentados por quem reside na zona rural do Semi-Árido brasileiro, destacam-se aqueles decorrentes da falta d'água, em padrões recomendados para o consumo humano, refletindo diretamente na saúde da população. De acordo com Cruz et al. (2003), as perdas causadas pela evaporação depois das chuvas, são maiores do que aquelas provocadas pelo escoamento superficial e infiltração subterrânea.

Estudos de avaliação do balanço hídrico mostram que 91,8% da precipitação pluviométrica nessa região evapora-se, 8% contribui para o escoamento superficial e 0,2% alimentam o subsolo. Portanto, a captação da água de chuva apresenta-se como elemento

essencial no armazenamento de água para o consumo humano, para se contrapor à irregularidade na oferta hídrica da região Semi-Árida.

No contexto da captação de água de chuva, todas as partes constituintes do sistema de abastecimento, com exceção do manancial e da instalação predial, são integradas, constituindo uma unidade denominada sistema de captação de águas pluviais, composto basicamente de três elementos: área de captação (telhado); subsistema de condução (calhas e dutos) e reservatório (cisterna).

Vários estudos apontam para soluções que abordam o problema da captação de água de chuva de forma integral, mostrando que, para o máximo rendimento do sistema, é importante que os três elos (área de captação, calhas/dutos e reservatório) sejam implementados adequadamente.

Na busca de recomendações que possam contribuir para minimizar a problemática do abastecimento de água na área rural do Semi-Árido brasileiro, desenvolveu-se este trabalho cujo objetivo foi analisar os problemas que dificultam o desempenho de sistemas de captação de água de chuva que usam telhados de edificações rurais nessa região brasileira, propondo soluções dos problemas levantados. Tendo como ponto de partida

uma pesquisa de campo, realizada na comunidade rural de Paus Brancos, pertencente ao município de Campina Grande, Paraíba, o trabalho equaciona-se através do desenvolvimento de alternativas de telhados para residências rurais, visando à máxima eficiência do sistema, baseadas em tecnologias apropriadas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O Projeto foi desenvolvido de acordo com o processo metodológico apresentado por Krick (1971) e experimentado por Bonsiepe et al. (1984), e estruturado em cinco etapas: levantamento de dados; geração e desenvolvimento de alternativas; seleção de alternativas; construção do protótipo e testes com o protótipo.

### 2.1. Levantamento de Dados

Esta etapa foi realizada pelo levantamento bibliográfico e pesquisa de campo no Assentamento de Paus Brancos, zona rural do Município de Campina Grande - PB, na região do Semi-Árido Paraibano. Tal pesquisa objetivou diagnosticar as condições atuais e potenciais do abastecimento de água potável daquela comunidade.

Consistiu-se das seguintes ações: entrevistas com 30% das famílias locais; levantamento fotográfico dos sistemas de captação instalados (revelando os

eventuais problemas) e levantamento de medidas das áreas de captação (telhados contribuintes).

A escolha da referida localidade, pertencente à microbacia hidrográfica de Paus Brancos, deu-se com base na sua representatividade em relação às características fisiográficas e sócio-econômicas da Região Semi-Árida, por se tratar de uma região desprovida de sistema regular de saneamento básico.

Inserida na microbacia do Riacho Bodocongó, que compõe a Bacia hidrográfica do Rio Paraíba, a localidade de Paus Brancos apresenta, segundo Baracuhy (2001), os seguintes aspectos climáticos, típicos da região Semi-Árida Brasileira: alto nível de radiação; grande variação de temperatura ao longo do dia, baixa umidade relativa, apresentando média anual de 50%, elevada evaporação, com média anual em torno de 2000 mm; baixo índice pluviométrico, com médias anuais variando de 400 a 800 mm, com regime de chuvas intensas e concentradas em um período de três a cinco meses do ano. A vegetação dominante é a Caatinga, de predominância xerófila, plantas adaptadas ao longo período de seca.

As condições hídricas da microbacia são insuficientes para manter os rios com água corrente ao longo do ano. O planejamento econômico para assegurar a

sobrevivência de uma família em um ambiente sujeito à seca deve envolver prioritariamente empenho em se minimizar riscos de fracassos na produção dos meios de subsistência e assegurar, através da construção de sistemas difusos de abastecimento, a água necessária em quantidade e qualidade adequadas para essas famílias.

## 2.2. Geração e Desenvolvimento de Alternativas

Esta etapa compreendeu duas ações:

### 2.2.1. Lista de Requisitos

Para orientar o processo projetual, no tocante às metas a serem atendidas, foi formulada uma lista de requisitos, embasada em aspectos que configurem atributos desejáveis (como deve ser o produto).

Pautada na otimização funcional, estética, viabilidade de construção e implantação do modelo, dentre outros, a lista de requisitos orienta o desenvolvimento do projeto do sistema de captação, estabelecendo as seguintes metas:

- 1- Reduzir ao máximo a distância entre a área de captação e o reservatório (visto que quanto mais curto o caminho que a água deva percorrer, menores serão

os dutos e mais chance de sucesso terá o sistema).

2- Dar preferência ao uso de telha cerâmica, tipo capa/canal na cobertura da residência (oferece maior conforto térmico ambiental, com baixo custo, além de ser de uso corrente na região);

3- Adotar soluções construtivas simples, preferencialmente de acordo com a capacidade da mão-de-obra local e que demandem materiais de fácil aquisição.

4- Utilizar o menor número possível de componentes no sistema, visando facilitar o processo de manutenção (estudar possibilidades de eliminação dos suportes das calhas).

5- Encontrar soluções projetuais que garantam o bom funcionamento do sistema, preocupando-se também com fatores estético-formais.

### 2.2.2. Geração de Alternativas

Considerando os pontos formulados na lista de requisitos, foram geradas, pelo método de Brainstorming, sugerido por Bonfim (1995), cinco alternativas de sistemas de captação de água, desenvolvidas por meio de esboços e de maquetes de trabalho em escala reduzida.

A concepção dos telhados teve como base o emprego de uma estrutura de madeira convencional (madeiramento), coberta com telhas cerâmicas tipo

capa/canal, soluções tecnológicas já assimiladas pela mão-de-obra da região.

Buscou-se também racionalizar o sistema pela diminuição do número de componentes.

Uma das soluções encontradas consistiu na eliminação dos suportes das calhas, considerando que estes representam os mais importantes problemas no desempenho dos sistemas convencionais. Dessa forma, todas as alternativas desenvolvidas propõem a eliminação desses componentes; as calhas são fixadas sob o telhado, diretamente sobre o madeiramento da cobertura.

A declividade necessária (em torno de 3%) deve ser implementada no beiral, por meio do madeiramento ou inclinando-se o pé-direito da construção, na etapa da alvenaria.

As alternativas apresentadas podem ser adotadas em diferentes situações (Figura 1). Para tanto, é importante que seja feita uma avaliação criteriosa antes da escolha, ao observar variáveis como topografia do terreno, orientação da construção, mão-de-obra e outros recursos disponíveis.

Outro ponto a ser observado é se a alternativa escolhida vai ser adaptada a um sistema já implantado ou se o sistema integrará uma nova residência ou edificação.



**Figura 1.** Alternativas de telhados apresentadas em perspectiva e vistas ortogonais.

No primeiro caso o processo de escolha pode se tornar mais restritivo que no segundo, pois um determinado modelo pode adaptar-se melhor que outro a uma estrutura de telhado já existente.

No segundo caso, o fato de não existir previamente uma estrutura de telhado permite maior liberdade, pois o projeto da edificação pode ser desenvolvido de acordo com a alternativa escolhida.

#### 2.2.2.1. Alternativa de telhado 1

Apresenta-se na Figura 1.1 a primeira alternativa com telhado em duas águas, com cumeeira no sentido longitudinal, servindo de eixo de simetria

da cobertura. Os beirais, em ambos os lados do telhado terminam inclinados, definindo um caimento em torno de 3%, no sentido do escoamento desejado, conforme expresso na mesma Figura, na vista lateral. Essa inclinação pode ser conseguida através de algumas maneiras: uma delas é o desnivelamento das paredes, à altura do pé-direito; outra é a manipulação das medidas da estrutura de madeira do telhado, de forma que cada plano da cobertura (águas) tenham forma geométrica trapezoidal e não retangular como é mais comum. Pode ser adotada ainda uma solução que combine as duas maneiras propostas.

Observa-se ainda na Figura 1.1 que o escoamento da água se dá através de calhas, instaladas nas duas laterais, aproveitando a estrutura de madeira como suporte. Embora seja possível a interligação das calhas, direcionando a água a um único duto e daí até a cisterna, o modelo é mais recomendado às situações onde é possível e desejável a instalação de duas cisternas, uma de cada lado da residência, localizadas na parte da frente ou na parte de trás.

#### 2.2.2.2. Alternativa de telhado 2

Sendo uma variação do modelo anterior, essa alternativa adota os mesmos princípios construtivos. Porém, diferente da alternativa 1, onde a água é direcionada para as extremidades, nessa alternativa, conforme mostra a Figura 1.2, a água da chuva é direcionada para um ponto convergente, no centro geométrico do beiral, possibilitando a subdivisão das calhas em duas seções de cada lado. A inclinação das calhas no sentido do ponto de descarga esta em torno de 3%. Também como no modelo anterior, esta configuração sugere o uso de cisternas independentes, uma em cada lado da casa.

#### 2.2.2.3. Alternativa de telhado 3

Diferente das anteriores esta alternativa foi desenvolvida com o telhado

em uma água, com um único ponto de coleta da água precipitada, podendo ser tanto no centro, utilizando duas seções de calha, quanto na extremidade do beiral de baixo, nesse caso utilizando apenas uma seção da calha, Figura 1.3. O processo construtivo dessa alternativa é similar ao apresentado nas anteriores.

#### 2.2.2.4. Alternativa de telhado 4

Telhado em duas águas, tendo como forma básica o quadrado, com cumeeira na diagonal. Os dois beirais de baixo são inclinados, com caimento em torno de 3%, onde são fixadas duas calhas, convergindo para o ponto mais baixo da cobertura (Figura 1.4).

O processo construtivo dessa alternativa é baseado no padrão empregado nas propostas anteriores. O desempenho desta alternativa foi avaliado através de um protótipo em escala reduzida.

#### 2.2.2.5. Alternativa de telhado 5

Uma variação da alternativa anterior apresentando caimento das duas águas para o interior da cobertura, onde localiza-se uma única calha inclinada, dobrada em perfil U (rincão), instalada na diagonal do telhado (Figura 1.5).

### 2.3. Seleção de Alternativas

Das cinco alternativas geradas, todas são passíveis de serem implantadas. Na escolha de uma delas, porém, é importante que sejam usados critérios que privilegiem as necessidades do usuário, tirando proveito das condições topográficas do terreno, das soluções arquitetônicas adotadas, entre outras.

Para a construção do protótipo foi selecionada a alternativa de número 4, identificada como a que reunia, no geral, melhores atributos, por tratar-se de um modelo cujas linhas geométricas apresentam maiores possibilidades de modulação, racionalizando o processo construtivo.

O fato de o telhado ser configurado geometricamente, baseado em um quadrado, configura-se como um fator positivo quando relacionado com os componentes do sistema de captação, como por exemplo, o sub-sistema condutor, no caso, formado por duas calhas de mesmo tamanho e apenas um tubo condutor. O encontro das duas calhas em um único ponto orienta o posicionamento da cisterna em um canto da residência, disponibilizando mais área livre do terreno.

A alternativa 4, assim como as outras, tem processo construtivo com base em soluções já dominadas pela mão-de-obra disponível na região.

### 2.4. Construção do Protótipo

A partir da alternativa selecionada, foi construído um protótipo, em escala reduzida, para averiguação do desempenho funcional. Desenvolvido no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente – LaCRA/UFCG, o modelo representa o telhado de uma residência popular, com área de aproximadamente 50m<sup>2</sup>.

#### 2.4.1. Componentes do protótipo

1- Estrutura montada com barrotes de madeira e chapas de madeirite, representando as fachadas norte, sul, leste e oeste de uma residência, apoiada em rodízios giratórios para, além de facilitar o deslocamento, permitir o posicionamento do modelo em qualquer orientação.

2- Telhado em duas águas, com cumeeira na diagonal, construído com telhas de fibro-cimento, representando a cobertura de uma residência.

3- Calhas com perfil L, feitas em chapas de aço galvanizado, instaladas diretamente sob o beiral do telhado.

4- Sistema de precipitação artificial, conseguido através da instalação de quatro micro-aspersores sobre o telhado, interligados através de uma rede abastecida por água bombeada de reservatório, submetida a um manômetro para controle da pressão hidráulica.

5- Reservatório com graduação para medição do volume de água coletado (caixa d'água plástica com capacidade de 500 litros).

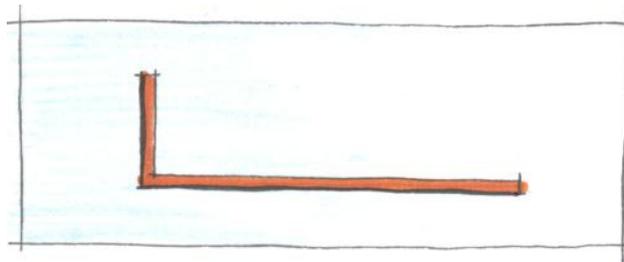
## 2.5. Testes com o Protótipo

A avaliação funcional do protótipo, desenvolvida nas dependências do LaCRA, foi realizada em dois estágios: a) pré-ensaio, que consistiu na definição do modelo da calha coletora e b) análise

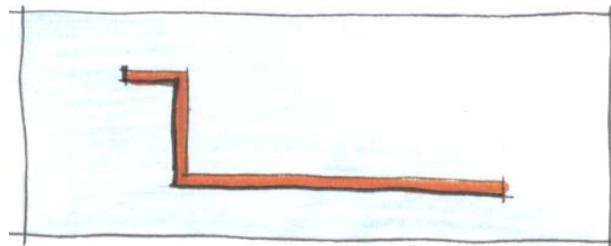
global da performance funcional do sistema.

### 2.5.1. Pré – Ensaio

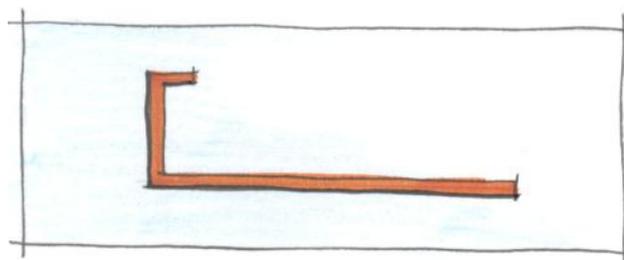
Nesta fase foram desenvolvidos, testados e definidos três modelos de calha, todas em chapa de aço galvanizado, construídos através de dobras, no sentido longitudinal da peça, conformados respectivamente em perfis L (Figura 2), Z (Figura 3) e J (Figura 4).



**Figura 2.** Calha modelo A - perfil L



**Figura 3.** Calha modelo B – perfil Z



**Figura 4.** Calha modelo C – perfil J

Os testes com as calhas, consistiram da aplicação de água sobre o telhado e verificação do seu comportamento, no tocante à recepção e condução da água, bem como observações de eventuais problemas de transbordamento.

### 2.5.2. Ensaio do Protótipo

Para verificar o desempenho funcional do protótipo foram realizados testes de precipitação, captação, condução, coleta e medição do volume de água precipitado.

Utilizou-se, como indicador, a relação entre a precipitação de um emissor, obtida sob condições ideais (operando em ambiente fechado e com pressão controlada) e a precipitação deste emissor, operando sob as mesmas pressões sobre o protótipo instalado ao ar livre, nas dependências do Laboratório de Construções Rurais e Ambiente – LACRA/UFCG, simulando uma situação real de campo.

Para a determinação da precipitação dos microaspersores foram realizados 15 testes de 2 horas cada um, no laboratório de Irrigação e Drenagem da UFCG, com os emissores operando às pressões de 5, 10, 15 e 20 mca, respectivamente, seguindo a metodologia apresentada por Lima (1991).

Em seguida, os microaspersores, em número de quatro, foram instalados sobre o

protótipo, interligados e abastecidos por um sistema adutor, alimentado por água bombeada de um reservatório, cuja pressão hidráulica foi controlada por um manômetro instalado na rede adutora. A precipitação do emissor operando sobre o modelo foi avaliada de forma indireta, considerando a captação, condução e coleta da água aspergida por um sistema de precipitação artificial e a área do telhado do modelo.

Foram realizados ensaios, sempre no mesmo horário, e pelo mesmo período de tempo, com as precipitações simuladas por um período de 2 horas, mesmo tempo dos testes realizados com o emissor operando em ambiente fechado.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das ações desenvolvidas no projeto, apresentam-se e discutem-se os resultados referentes às informações coletadas na pesquisa de campo, geração de alternativas, desenvolvimento do protótipo e dados relativos aos testes realizados.

### 3.1. Pesquisa de Campo

São apresentados os resultados obtidos na pesquisa de campo, incluindo as informações coletadas por meio de entrevistas, registro fotográfico e outras observações nas residências da região pesquisada.

### 3.1.1. Características dos Sistemas de Captação

Em relação aos sistemas de captação pesquisados, foram enfatizados os seguintes aspectos: percentual de famílias proprietárias de unidades de captação de água de chuva; área média dos telhados; tipificação dos reservatórios; material utilizado no sistema de condução; perdas e cuidados com a qualidade da água.

Identificou-se que 80% das residências pesquisadas dispõem de sistema de captação de água, com os elementos mínimos necessários, composto de uma cisterna, calhas receptoras e sistema de condução da água; 12% das residências não dispõem de sistema de captação instalado e 8% dispõem de cisterna cilíndrica, porém sem o subsistema de condução (calhas e dutos).

Observou-se que a área média do telhado por residência foi de 54,83 m<sup>2</sup>. Esta dimensão está abaixo da média dos telhados encontrados na região semi-árida, que é de 70 m<sup>2</sup>, de acordo com Jalfim (2001). No entanto, o potencial de captação e armazenamento de água de chuva na região estudada pode ser mais bem aproveitado.

A capacidade média de armazenamento de água de chuva das unidades residenciais de Paus Brancos é de 12.336 m<sup>3</sup>. Considerando as perdas

normais dos sistemas de captação da água de chuva que, segundo Jalfim (2001) estão em torno de 25%, cada um desses sistemas pode armazenar, para uma precipitação anual de 300 mm (valor para um ano muito crítico) um volume de água suficiente para abastecer anualmente uma família de 5 pessoas, (número médio encontrado no assentamento).

Admitindo-se que na zona rural do Semi-Árido brasileiro o consumo per capita diário de água para beber e cozinhar é de aproximadamente 6 litros, conclui-se que cada família de 5 pessoas necessitaria anualmente de 10.950 litros de água para essas finalidades, volume inferior ao que pode ser captado com a área média dos telhados das habitações pesquisadas.

Nas residências que dispõem de reservatório, estes são, quase na totalidade, de forma cilíndrica, denominados cisternas de placas de concreto, com capacidade de 15.000 litros. Tais reservatórios são construídos a partir de um projeto padronizado, com tecnologia construtiva simplificada e devidamente assimilada pela população do SAB.

Em algumas casas, além das cisternas cilíndricas, foi registrada a existência de outros reservatórios de menor importância, tais como: tambores plásticos ou de cimento, pequenos tanques de alvenaria, de forma quadrada ou

retangular, entre outros, os quais têm pouca capacidade de armazenagem (no máximo uma única chuva) e encontram-se posicionados geralmente em locais de captação de água onde não foi possível instalar calhas contribuintes com a cisterna principal.

### 3.1.2. Perdas de Água e Problemas Associados

Alguns entrevistados referiram-se a problemas de perdas de água, principalmente por ocasião de chuvas fortes acompanhadas de fortes rajadas de ventos. Segundo esses depoimentos, é freqüente o desprendimento das calhas em decorrência do peso da água ou por força de ventos fortes, provocando também o desencaixe das peças componentes do sistema e impedindo que a água coletada chegue ao reservatório. Muitos desses problemas ocorrem devido às precárias condições dos sistemas implantados e dos materiais utilizados.

Das residências que dispõem de sistemas de captação com os elementos mínimos necessários, apenas 16% armazenam água suficiente para abastecimento durante todo o ano, donde se conclui que 84% dos sistemas operam sob condições deficitárias. Este baixo desempenho pode ser explicado pela

maneira improvisada dos sistemas analisados.

Não dispondo de recursos para adquirir materiais que permitam a instalação de forma adequada, observou-se que os usuários recorrem a alternativas que lhes são mais viáveis e possíveis, muitas vezes nem sendo soluções eficientes do ponto de vista funcional.

Dessa forma, na busca de soluções para calhas, condutores, e suportes são utilizados os mais inusitados materiais, tais como tubos de PVC; peças de automóveis, provenientes de sucatas; lona plástica, estruturada com ripas de madeira; reaproveitamento de chapas metálicas de sucatas de eletrodomésticos (gabinetes de fogão a gás, geladeira, etc.).

Na confecção de dutos ou condutores, registrou-se soluções que empregam materiais reciclados de garrafas PET (polietileno tereftalato), câmaras-de-ar de motos e bicicletas, partes de telhas de fibrocimento, etc.

Quanto aos suportes, verificou-se sua confecção em vários formatos e materiais, tais como: forquilhas de madeira, pedaços de arame já enferrujados, tiras de borracha de câmaras-de-ar velhas, cordas de sisal, entre outros.

A maneira precária de como são configurados esses suportes é uma das principais causas da baixa eficiência em

muitos sistemas de captação, além disso, o uso desses materiais contaminados e sem tratamento prévio, podem trazer danos à saúde, uma vez que não oferecem condições mínimas de higiene, contribuindo para a baixa qualidade da água e possibilitando a proliferação de doenças que se propagam facilmente através da água, como é o caso de cólera, febre tifóide, leptospirose, hepatite, entre outras.

Outra questão relacionada ao baixo desempenho dos sistemas de captação refere-se ao sub-aproveitamento da área do telhado. Foi verificado, em várias residências de duas águas, a localização de calhas em apenas uma das águas, assim como calhas colocadas de modo a aproveitar o telhado de forma parcial.

As observações conduzem à certeza da necessidade de se buscar soluções no sentido de aumentar a eficiência dos sistemas de captação de água de chuva implantados naquela comunidade rural, seja através da pesquisa de materiais acessíveis, educação ao usuário visando informá-lo sobre os riscos de uso desses materiais inadequados e sobre os cuidados necessários com os sistemas de calhas e dutos. Além disso, deve-se orientá-lo para o uso potencial do sistema assegurando, conseqüentemente, o abastecimento de sua família. Tais relatos corroboram as

afirmações de Mwami (1999), segundo o qual a calha é o elo fraco no desempenho dos sistemas de captação de água de chuva.

Em relação aos reservatórios, observou-se que apesar de algumas cisternas cilíndricas terem sido instalados há mais de três anos, não foram registrados problemas de rachaduras ou outros, comuns em obras construídas em alvenaria e concreto.

Apesar de comprovada a eficiência da tecnologia de construção de cisternas de placas de concreto, foram observadas situações em que os reservatórios aparecem destampados, favorecendo a entrada de raios solares diretos, contribuindo tanto para o comprometimento da integridade estrutural das paredes da cisterna quanto à contaminação da água.

### 3.1.3. Localização das Cisternas em Relação à Residência

Foi observado que as cisternas se localizam sempre na parte da frente das residências, com o propósito de favorecer, além da captação de água de chuva, o abastecimento por meio de carros-pipas em períodos de estiagens prolongadas; prática comum no Semi-Árido Brasileiro. Essa localização, que num primeiro momento pode ser encarada como ponto positivo, pois confere mais uma função ao

reservatório, pode ser também um ponto desfavorável, uma vez que para se contemplar a segunda função, a cisterna é construída distante da casa. Esse tipo de solução, além de apresentar problemas de ordem estético-funcionais, é um componente de elevação dos custos de implantação do sistema, pois quanto maior a distância entre a área de captação e o reservatório, mais difícil se torna a instalação e mais gastos são necessários com material do subsistema de condução.

O ponto de descarga da água captada se constitui em fator importante no bom desempenho do sistema de captação. A partir da escolha deste, define-se também a localização da cisterna, procurando posicioná-la o mais próximo possível da residência. De acordo com Pedrosa (2001), essa distância deve ser de no mínimo 1,50 m em relação às paredes da casa, para evitar problemas com os alicerces. Por outro lado, o autor alerta para o cuidado de se distanciar o reservatório em pelo menos 10 m de fossas, latrinas, currais, pocilgas, etc., visando evitar riscos de contaminação da água.

### 3.2. Testes de Desempenho do Protótipo

A partir da seleção do telhado em duas águas, tendo como forma básica o quadrado, com cumeeira na diagonal (alternativa de telhado 4), foi construído

um modelo em escala reduzida, caracterizado como protótipo, com o qual foram realizados testes para definição da calha a ser adotada, bem como averiguação do desempenho funcional do sistema proposto.

#### 3.2.1. Ensaio de Desempenho da Calha Coletora

A calha perfil L (Figura 2) embora seja de fácil execução, não apresentou bom desempenho, revelando basicamente dois problemas: a conformação em L não possui rigidez suficiente para evitar deformações ao longo da calha e nos testes de desempenho funcional registrou-se o transbordamento da água por ocasião de fortes precipitações.

A calha perfil Z (Figura 3) apresentou rigidez superior ao modelo anterior, porém o problema do transbordamento persistiu.

A calha perfil J (Figura 4) apresentou rigidez satisfatória, tal qual a de perfil Z, e ainda proporcionou excelente desempenho funcional. Mesmo por ocasião de fortes chuvas, o fluxo d'água é direcionado para o interior da calha, evitando o transbordamento. Revelou-se o modelo mais eficiente, tendo sido adotado no protótipo.

### 3.3. Análise Global do Desempenho Funcional do Sistema

Quando se comparou os dados de precipitação dos emissores obtidos em laboratório com os do modelo, verificou-se que a eficiência deste variou de 86%, 92%, 88% e 89% para as pressões de 5, 10, 15 e 20 mca respectivamente. Estes valores mostram que o melhor desempenho do modelo foi alcançado para a precipitação obtida quando o sistema de simulação de chuva operou com a pressão intermediária de 10 mca. Verifica-se, ainda, que todos os resultados estão muito acima daqueles preconizados na literatura a exemplo de Jalfim (2001) que recomenda considerar este valor em torno de 75% .

Em todos os ensaios, o modelo apresentou perfeita vedação, não obstante a longa duração dos testes (duas horas), também não foi verificada a ocorrência de transbordamento. Acredita-se que o alto desempenho apresentado pelo modelo deveu-se especialmente a eficiência do subsistema de condução, pela seleção da calha com perfil J e da solução adotada para integração dessa calha ao sistema de captação e ao reservatório.

Estes aspectos conferem ao modelo importantes ganhos funcionais em relação aos sistemas analisados. Portanto, a adoção de sistemas com essas características resultará em maior acúmulo de água por

ocasião das chuvas, possibilitando aos usuários uma maior disponibilidade de água e conseqüentemente melhoria em suas qualidades de vida. Espera-se que em condições de campo este sistema apresente igual desempenho.

## 4. CONCLUSÃO

Observou-se que 80% das residências pesquisadas dispõem de sistema de captação de água, com os elementos mínimos necessários, composto de uma cisterna, calhas receptoras e sistema de condução da água. 12% das residências não dispõem de sistema de captação instalado e 8% dispõem de cisterna cilíndrica de alvenaria de tijolo e concreto, porém sem o subsistema de condução (calhas e dutos).

Das residências que dispõem de sistemas de captação com os elementos mínimos necessários, apenas 16 % armazenam água suficiente para abastecimento durante todo o ano. Este baixo índice é decorrente das precárias condições do sistema de condução de água (calhas e tubos).

A calha Perfil J apresentou melhor desempenho na captação e condução da água, além de se caracterizar em uma peça com rigidez satisfatória e bom acabamento.

## REFERÊNCIAS

- BARACUHY, J.G.V. **Manejo integrado de microbacias no semiárido nordestino: estudo de um caso.** 2001. 221p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2001.
- BONSIEPE, G; KELLNER, P; POESSNECKER, H. **Metodologia experimental: desenho industrial.** Brasília: CNPq/Coordenação editorial. 1984. 86p.
- BONFIM, G.A. **Metodologia para desenvolvimento de projetos.** João Pessoa: Campina Grande: Editora Universitária/UFPB. 1995.69p.
- CRUZ, H. P.; COIMBRA, R. M; FREITAS, M. A. V. **Vulnerabilidade climática, recursos hídricos e energia elétrica no Nordeste brasileiro.** Disponível em: <www.ana.gov.br> Acesso em 10 out 2003.
- JALFIM, F. T. Considerações sobre a viabilidade técnica e social da captação e armazenamento da água da chuva em cisternas rurais na região semi-árida brasileira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3., 2001, Campina Grande-PB. **Anais...** Campina Grande-PB, 2001.
- KRICK, E. V. **Métodos e sistemas–desenvolvimento e avaliação dos métodos de trabalho.** Volume 1. Rio de Janeiro: Livros técnicos científicos editora Ltda, 1971. 183p.
- LIMA, V. L. A. **Caracterização hidráulica de tubulações laterais de microaspersão, utilizando microtubos como dissipadores de energia.** 1991. 111p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1991.
- MWAMI, J. Barrier to the effectiveness of rainwater catchment systems. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 9., 1999, Petrolina, PE. **Anais...** Petrolina, PE, 1999.
- PEDROSA, H. C. **Capacitação de recursos humanos para construção de cisternas de placas no meio rural.** UFCG/PEASA, Campina Grande, 2003.