



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA**



**CENTRO DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA**

# **PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**ALTERNATIVAS DE TELHADOS  
DE HABITAÇÕES RURAIS PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA  
DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO**

Biblioteca UFCG  
SMBC\_CDSA  
CAMPUS DE SUMÉ  
Reg. 12538/13

**DA SILVA MEIRA FILHO**

**CAMPINA GRANDE  
PARAÍBA**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
**ÁREA DE CONSTRUÇÕES RURAIS E AMBIÊNCIA**

**ALTERNATIVAS DE TELHADOS**  
**DE HABITAÇÕES RURAIS PARA CAPTAÇÃO DE**  
**ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO**

Dis  
631(043.3)  
F481a

**ABDON DA SILVA MEIRA FILHO**

Campina Grande – Paraíba – Brasil  
Junho – 2004

**ABDON DA SILVA MEIRA FILHO**

**ALTERNATIVAS DE TELHADOS  
DE HABITAÇÕES RURAIS PARA CAPTAÇÃO DE  
ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre.

Área de concentração: Construções Rurais e Ambiente

Orientadores

**Juarez Benigno Paes, D.Sc.**

**José Wallace Barbosa do Nascimento, D.Sc.**

Campina Grande – Paraíba – Brasil

Junho – 2004

ABDON DA SILVA MEIRA FILHO

ALTERNATIVAS DE TELHADOS  
DE HABITAÇÕES RURAIS PARA CAPTAÇÃO DE  
ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO

M499a  
2004

Meira Filho, Abdon da Silva

Alternativas de telhados de habitações rurais  
para captação de água de chuva no semi-árido./  
Abdon da Silva Meira Filho. – Campina

Grande: UFCG, 2004.

62p.:il.

Inclui bibliografia

Dissertação (Mestrado em Eng.Agrícola) UFCG/  
CCT/UAEAg.

1. Água de Chuva - Captação
2. Sistemas de Captação de Água
3. Semi-árido - Captação de Água;

CDU: 628.1.037



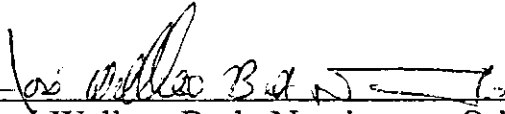
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

**ABDON DA SILVA MEIRA FILHO**

ALTERNATIVAS DE TELHADOS DE HABITAÇÕES RURAIS PARA  
CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO

BANCA EXAMINADORA

PARECER

  
Dr. José Wallace B. do Nascimento-Orientador


APROVADO

  
Dr. Juarez Benigno Paes-Orientador

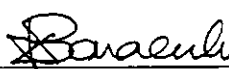
APROVADO

  
Dr. Carlos de Oliveira Galvão-Examinador

APROVADO

  
Dr. José Elias da Cunha Metri-Examinador

APROVADO

  
Dr. José Geraldo de V. Baracuhy-Examinador

APROVADO

JUNHO - 2004

À

minha família:

Vera, minha querida esposa,

Marcela, Ian e Naiara,

meus queridos filhos,

meus pais (*in memoria*),

meus irmãos,

dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Campina Grande, por meio da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola - UAEAg e da Unidade Acadêmica de Desenho Industrial - UADI, pela oportunidade de realização deste trabalho.

Aos professores José Wallace Barbosa e Juarez Benigno, pela orientação e estímulo.

Aos moradores da Comunidade Rural de Paus Brancos, Município de Campina Grande, PB, pela contribuição na pesquisa de campo.

Ao Sr. Edil Gregório, técnico da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola-UAEAg/UFCG, pela ajuda na montagem do protótipo.

A Soahd Rached, pela colaboração na pesquisa de campo.

Em especial, à minha companheira Vera, pela inestimável ajuda em todas as horas.

## ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO .....	1
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1.	Água e Qualidade de Vida .....	4
2.1.1.	Cenário Mundial .....	4
2.1.2.	Cenário Nacional .....	5
2.1.3.	Cenário Regional .....	6
2.2.	Água na Natureza .....	8
2.3.	Abastecimento de Água .....	9
2.3.1.	Importância Sanitária, Social e Econômica do Abastecimento de Água.....	10
2.3.2.	Quantidade de Água para Fins Diversos .....	10
2.3.3.	Diferentes Usos da Água .....	10
2.3.4.	Variações de Consumo .....	11
2.3.5.	Consumo Médio de Água por Pessoa por Dia .....	11
2.3.6.	Padrões de Potabilidade da Água .....	12
2.3.7.	Doenças de Veiculação Hídrica .....	14
2.4.	Unidades do Sistema de Abastecimento de Água no Meio Urbano .....	16
2.4.1.	Mananciais para abastecimento de água .....	16
2.4.2.	Captação .....	17
2.4.3.	Adução .....	17
2.4.4.	Tratamento .....	17
2.5.	Abastecimento de Água no Meio Rural .....	18
2.5.1.	Sistema de Captação de Águas Pluviais .....	20
2.5.1.1.	Área de Captação .....	20
2.5.1.2.	Calhas e Condutores .....	21
2.5.1.3.	Reservatório .....	23
2.5.2.	Manejo de Cisternas de Alvenaria e Concreto .....	24
2.5.3.	Perdas no Processo de Captação .....	25
2.5.4.	Captação de Água de Chuva no Semi-Árido Brasileiro .....	25
3.	MATERIAL E MÉTODOS .....	27
3.1.	Levantamento de Dados .....	27
3.2.	Processo Projetual .....	28
3.2.1.	Lista de Requisitos .....	28
3.2.2.	Geração de Alternativas .....	29



3.3.	Desenvolvimento da Alternativa 4.....	30
3.4.	Construção do Protótipo .....	31
3.4.1.	Componentes do Protótipo.....	32
3.5.	Testes com o Protótipo .....	33
3.5.1.	Pré-Ensaio .....	33
3.5.2.	Testes de Desempenho Funcional.....	34
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
4.1.	Pesquisa de Campo .....	36
4.1.1.	Características dos Sistemas de Captação.....	36
4.1.1.1	Localização das Cisternas em Relação às Residências.....	42
4.2.	Sistemas de Captação Propostos.....	43
4.2.1.	Alternativa 1 .....	44
4.2.2.	Alternativa 2 .....	45
4.2.3.	Alternativa 3 .....	46
4.2.4.	Alternativa 4 .....	46
4.2.5.	Alternativa 5 .....	46
4.3.	Ensaio de Eficiência das calhas coletoras.....	52
4.4.	Avaliação Global da Eficiência Funcional do Sistema .....	54
5.	CONCLUSÕES .....	55
6.	RECOMENDAÇÕES .....	56
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	57
	ANEXO .....	62

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Distribuição de água no Planeta.....	8
Figura 2	Corte de uma calha em U indicando sua largura, profundidade, seção molhada, perímetro molhado e perímetro da calha.....	22
Figura 3	Protótipo em construção.....	31
Figura 4	Vista superior do protótipo.....	31
Figura 5	Dispositivo de controle de pressão.....	31
Figura 6	Ponto de descarga das águas.....	31
Figura 7	Calha modelo A - Perfil L.....	33
Figura 8	Calha modelo B – Perfil Z.....	33
Figura 9	Calha modelo C – Perfil J.....	33
Figuras 10 e 11	Utilização parcial da área de captação.....	38
Figuras 12 e 13	Na busca de água utiliza-se animais e até mão-de-obra infantil...	39
Figuras 14 e 15	Calhas e dutos confeccionados por meio de reutilização de diversos materiais.....	40
Figuras 16 e 17	Improvisação de calhas e suportes com materiais inadequados..	41
Figuras 18 e 19	Cisternas construídas em locais distantes da casa para facilitar o acesso de carros-pipa.....	42
Figura 20	Alternativa 1- apresentada em perspectiva e vistas ortogonais...	47
Figura 21	Alternativa 2 - apresentada em perspectiva e vistas ortogonais...	48
Figura 22	Alternativa 3 - apresentada em perspectiva e vistas ortogonais...	49
Figura 23	Alternativa 4 - apresentada em perspectiva e vistas ortogonais...	50
Figura 24	Alternativa 5 - apresentada em perspectiva e vistas ortogonais...	51
Figuras 25 e 26	Desempenho da calha perfil L.....	52
Figuras 27 e 28	Desempenho da calha perfil Z.....	53
Figuras 29 e 30	Desempenho da calha perfil J.....	53

## RESUMO

A captação de água de chuva para o consumo humano por meio de telhados é uma prática crescente, sobretudo em regiões desprovidas de sistemas de abastecimento coletivo, como grande parte do Semi-Árido Brasileiro. Os sistemas de captação de água instalados nessa região se baseiam na construção de cisternas para acumular água captada por meio de telhados. A fim de contribuir para a melhoria do desempenho desses sistemas, este trabalho teve por objetivo estudar os problemas que impedem o bom funcionamento desse importante meio de abastecimento de água e propor soluções projetuais, adotando tecnologia apropriada à população rural do Semi-Árido Brasileiro. Tomou-se como ponto de partida uma pesquisa de campo, realizada na comunidade rural de Paus Brancos, Município de Campina Grande-PB, entre os anos de 2002 e 2003. Os resultados mostraram que 80% das residências pesquisadas dispõem de sistema de captação de água mas que apenas 16% armazenam água suficiente para abastecimento durante todo o ano. Constatou-se que este baixo índice decorre, principalmente, das precárias condições de instalação e manutenção dos subsistemas de condução de água (calhas e dutos). A partir dessa constatação e considerando aspectos funcionais e estético-formais, foram desenvolvidas cinco alternativas de arranjos de sistemas de captação de água de chuva, compostos por telhados, calhas e dutos. Com vistas à simplificação e conseqüente redução de custos, foram eliminados os suportes das calhas, conferindo ganho de desempenho em relação aos sistemas convencionais. Para testar o desempenho das propostas, foi desenvolvido no Laboratório de Construções Rurais e Ambiência/UFCG um protótipo funcional, em escala reduzida, cuja avaliação revelou que este apresentou excelente desempenho, com eficiência variando de 86% a 92%.

**Palavras-chave:** Semi-Árido, sistemas de captação, água de chuva.

## **ABSTRACT**

The rooftop rainwater catchment system for the human consumption is an increasing practice, especially in areas without collective water supply, as in a larger part of the Brazilian Semi-arid. The rainwater catchment systems installed in this area are based on construction of cisterns to accumulate water caught by means of roofs. In order to contribute for the improvement of the performance of those systems, this work had the objective of studying the problems that obstacle the good operation of that important way of water supply and to propose projectual solutions, adopting appropriate technology to the rural population of the Brazilian Semi-arid. A field research was starting point, accomplished in the rural community of Paus Brancos, in the municipality of Campina Grande -PB, during the period from 2002 to 2003. The results showed that 80% of the researched residences have system of catchment water but only 16% store enough water for provisioning during the whole year. It was verified that this lower index is due, mainly, to the precarious installation conditions and maintenance of the subsystems of water transport (gutters and tubes). Considering this data and functional and aesthetic-formal aspects, five arrangement alternatives of rainwater catchment systems were developed, composed by roofs, gutters and tubes. Looking for simplification and consequent reduction of costs, the gutters supports of were eliminated, resulting earnings in the performance to comparing conventional systems. To test the performance of the proposed alternative was developed in the Laboratory of Ambience and Rural Construction - LACRA/UFCG a reduced scale functional prototype, whose evaluation revealed an excellent performance, with efficiency ranging from 86% to 92%.

**Key words:** Semi-arid, catchment system, rainwater.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem-se revelado um país com enorme potencial agropecuário. 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 o subdesenvolvimento, em determinadas regiões, em particular no Semi-Árido brasileiro, motivando o deslocamento de grandes massas populacionais da zona rural para centros urbanos, sobretudo os localizados na Região Sudeste, causando sérios problemas sociais e, conseqüentemente, agravando os problemas dessas pessoas, com reflexos diretos na sua qualidade de vida.

É verdade também, que 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 os decorrentes da falta d'água, em padrões

recomendados para o consumo humano, refletindo diretamente na saúde da população.

As precipitações pluviométricas médias anuais dessa região variam de 400mm a 800mm. 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 no Semi-Árido brasileiro evapora-se, 8% contribui para o escoamento superficial e 0,2% alimenta o subsolo. Portanto, a captação da água de chuva é um 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 por 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. Portanto, não se resolve plenamente o problema construindo-se uma cisterna bem resolvida tecnologicamente se esta não tiver adequada conexão com uma área de captação. Não raro se encontra esta situação na zona rural do Semi-Árido brasileiro.

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 central foi analisar os problemas que dificultam o desempenho de sistemas de captação de água de chuva que usam telhados de edificações rurais como área de captação nessa região brasileira, propondo soluções aos problemas levantados. Tendo como ponto de partida uma pesquisa de campo, realizada na comunidade rural de Paus Brancos, pertencente

ao município de Campina Grande, na Paraíba, o trabalho equaciona-se pelo desenvolvimento de alternativas de telhados para residências rurais, configuradas de forma a favorecer a captação de água de chuva para o consumo humano, visando à máxima eficiência do sistema e fundamentadas em tecnologias apropriadas à referida região

UFCC - BIBLIOTECA

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Água e Qualidade de Vida**

O acesso à água potável é um bem essencial, sendo determinante no padrão da qualidade de vida das pessoas. Ter qualidade de vida significa que o indivíduo disponha de condições básicas necessárias a seu bem estar, tais como: alimentação; saneamento; saúde; vestiário; moradia; transporte; segurança pública e social; identidade cultural e familiar e educação de qualidade, em uma forte inter-relação com a natureza (ARAÚJO, 1998; AGENDA 21, 2000).

A importância do saneamento e sua associação à saúde humana remonta, segundo a Fundação Nacional de Saúde - FNS (1999), às mais antigas culturas. Dentre os registros apresentados pela fundação, destaca-se um relato de 2000 a.C., de tradições médicas, na Índia, recomendando a purificação da água impura pela fervura, pela exposição ao calor do sol, por filtração através de areia e/ou cascalho.

#### **2.1.1. Cenário Mundial**

Em junho de 2003, matéria publicada na Seção Ciência, Folha "OnLine", (05/06/2003) mostra que mais de um sexto da população mundial, o que corresponde a 1,1 bilhão de pessoas, não têm acesso ao fornecimento regular de água. O problema é ainda maior com relação ao saneamento básico, uma vez que esse bem não faz parte da realidade de 39% da humanidade.

A Organização das Nações Unidas (ONU) marcou o dia 05 de junho de 2003 como o dia mundial da preservação do meio ambiente, com um apelo para resolver o problema da água no mundo. De acordo com um relatório lançado pela entidade, um terço da humanidade está ameaçada por problemas ligados à água,



desde a falta de fornecimento até sua contaminação, que mata uma criança a cada oito segundos no Planeta.

O Secretário-geral da entidade, Kofi Annan, afirma que "uma pessoa entre cada seis vive sem acesso regular à água potável no mundo". Annan revelou ainda que "mais que o dobro desse número, um total de 2,4 bilhões de pessoas, não têm acesso a um saneamento básico adequado". Para Annan e a ONU o mundo precisa fazer e gastar muito mais para poder reduzir o número de pessoas ameaçadas (Veja, 05/06/2003).

Dados da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura - UNESCO, apresentados em FolhaOnline (05/06/2003), estimam que até 2050, quando 9,3 bilhões de pessoas devem habitar a Terra, uma parcela entre 20% e 75% da população mundial não terá acesso à água de qualidade, seja em casa, seja em comunidade.

### **2.1.2. Cenário Nacional**

No Brasil, as doenças resultantes da falta ou inadequação de saneamento, especialmente em áreas pobres, têm agravado o quadro epidemiológico. Males como cólera, dengue, esquistossomose e leptospirose são exemplo disso ( FNS, 1999).

JOHN (2003) apresenta dados do ano de 2000, contidos em documento intitulado "Estado das Águas no Brasil 2001-2002", no qual se registra que o Brasil atende a 77,8% dos domicílios com água e 47,2% com esgotos. Caso sejam considerados os domicílios com fossas sépticas, a cobertura de esgotamento sanitário chega a 62,2%. O déficit de atendimento, portanto, é de 9,9 milhões de domicílios para abastecimento de água e 23, 6 milhões para esgotos (ou 16,9 milhões, se considerados os domicílios com fossas sépticas).

No mesmo documento, o autor afirma que o déficit de atendimento é maior na zona rural, onde apenas 1,35 milhões de domicílios (dos 7,46 milhões existentes) estão ligados às redes de abastecimento de água e somente 960 mil

estão ligados a redes coletoras de esgotos ou dispõem de fossas sépticas. Pelo menos 4,3 milhões de domicílios rurais dependem da água de nascentes ou poços localizados na propriedade rural, sem garantias de que seja uma água potável e segura.

De acordo com HELLER *et al.* (1995), existe um desequilíbrio entre as regiões brasileiras, quanto à oferta dos serviços de água e esgotos, sendo o déficit maior no Norte e Nordeste. Mesmo entre as diferentes zonas urbanas há grandes disparidades, com um grande déficit nos pequenos municípios, onde a população é mais dispersa.

"A superação do desafio representado pela universalização dos serviços é tarefa complexa, dado o nível de renda da população em que se concentra a maior parte do déficit, a menor disposição a pagar por serviços de esgotamento sanitário e o maior valor atual dos investimentos", pondera o especialista Marcos Tadeu Abicalil (Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República). Para ele, as prioridades são investimentos subsidiados para atendimento às populações de mais baixa renda; estímulo a investimentos em esgotamento sanitário e modernização do setor, com aumento da eficiência e capacidade de alavancagem, buscando formas mais apropriadas para a prestação dos serviços e financiamento dos investimentos necessários (JOHN, 2003).

### **2.1.3. Cenário Regional**

No Semi-Árido brasileiro, onde vivem cerca de 18 milhões de pessoas, a escassez de água é ponto de estrangulamento à qualidade de vida da população, em razão das condições climáticas da região, caracterizada pela escassez ou irregularidade de chuvas, elevadas taxas de evaporação e ocorrência de secas periódicas. Como conseqüências, destaca-se a falta de água para abastecimento público (urbano e rural) e para irrigação, provocando o empobrecimento econômico e social da Região, êxodo rural entre outros (POLETTI, 2001; DUARTE, 2002).

O Semi-Árido brasileiro, doravante denominado SAB, se estende por uma área que abrange a maior parte de todos os estados da Região Nordeste (86,48%), a região setentrional do Estado de Minas Gerais (11,01%) e o norte do Espírito Santo (2,51%), ocupando uma área total de 974.752 Km<sup>2</sup>. Para se ter uma noção de escala, é quase a superfície da França e da Alemanha juntas (SCHISTEK, 2001; ASA BRASIL, 2003).

A Região Nordeste ocupa a posição norte-oriental do Brasil, entre 1° e 18°30' de latitude sul e 34°30' e 40°20' de longitude oeste. Sua área é de 1.219.021,50 Km<sup>2</sup> e equivale a aproximadamente um quinto da superfície total do Brasil. Abrange nove estados (Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia) e apresenta climas que vão desde o super-úmido ao Semi-Árido (SILVA e PORTO, 1982).

As precipitações pluviométricas médias anuais da Região Semi-Árida variam de 400mm a 800mm, que estão entre as médias registradas em cidades como Berlin e Paris que são, segundo SCHISTEK (2001), de 520 e 660mm, respectivamente. O autor comenta que, no tocante à evaporação, verifica-se uma grande disparidade, uma vez que a média anual do semi-árido pode alcançar até 3000mm, o que favorece o registro de balanços hídricos bastante desequilibrados na região.

De acordo com BRITO e PORTO (1997), na análise da instabilidade climática da Região Nordeste tem mais importância as irregularidades das chuvas do que mesmo sua escassez. Corroborando com a afirmação acima, Carvalho, citado por BARACUHY (2001), informa que no SAB a estação chuvosa ocorre em período que varia de 3 a 5 meses.

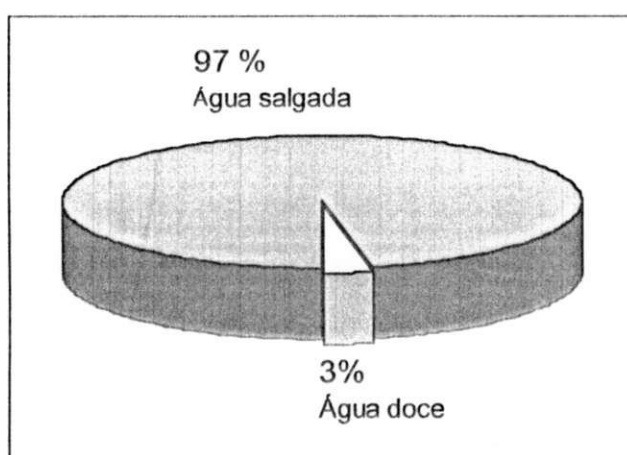
Diante do quadro que se agrava a cada dia, fica mais evidente a necessidade de governos e sociedade encontrarem soluções que estejam pautadas no uso racional da água, tanto no sentido de evitar desperdícios quanto na exploração dos recursos hídricos naturais, com base em modelos de desenvolvimento sustentável.

Em palestra proferida durante o Segundo Fórum Mundial da Água, em Haia, na Holanda, GNADLINGER (2002) afirmou que “na Região do Semi-Árido Brasileiro apenas as áreas às margens do Rio São Francisco possuem uma fonte confiável de água de superfície e que nas demais áreas da região as águas subterrâneas no subsolo, predominantemente cristalino, são escassas e salobras. Por isso, a água de chuva é a fonte mais confiável de água para uso humano e animal”.

## 2.2. Água na Natureza

A água na natureza abrange, quase 3/4 da superfície terrestre. Desse total, 97% referem-se aos mares e os 3% restantes às águas doces, conforme apresentado na Figura 1.

Dentre as águas doces, quase 70% encontra-se congelada em geleiras, 30% são águas subterrâneas em lençóis profundos de difícil acesso. Em consequência, constata-se que somente 0,3% do volume total de água do planeta pode ser aproveitado para o consumo (VON SPERLING e MÖLLER, 1995; FNS, 1999).



**Figura 1** – Distribuição de água no Planeta

### 2.3. Abastecimento de Água

A água constitui elemento essencial à vida. No homem, mais de 60% do seu peso é constituído por água, e em certos animais aquáticos esta percentagem sobe para 98%. O homem necessita de água de qualidade adequada e em quantidade suficiente para atender a suas necessidades e proteger sua saúde e propiciar o desenvolvimento econômico e social (HELLER e CASSEB, 1995; FNS, 1999 ; MALVEZZI, 2001).

O abastecimento de água ocorre basicamente de duas formas: visando atender a uma demanda coletiva ou a uma demanda difusa. O sistema de abastecimento coletivo aplica-se em áreas urbanas ou rurais com população mais concentrada. Do ponto de vista sanitário, este tipo é o mais interessante. Trabalhar com uma unidade de abastecimento atendendo a vários usuários oferece vários pontos de vantagem em relação a sistemas individualizados. Maior facilidade de manutenção, mais facilidade no controle da qualidade da água consumida, propiciando redução de recursos humanos e financeiros (economia de escala). Já o sistema difuso se destina às áreas rurais onde a população é dispersa. Nesses casos, a solução refere-se ao domicílio, bem como os respectivos custos (FNS,1999).

Para atender à necessidade de água das populações, estejam elas em aglomerados ou em residências dispersas, é possível conceber e projetar sistemas de abastecimento. A concepção desses sistemas, inclui uma série de procedimentos, obras e equipamentos para atender às necessidades hídricas de uma comunidade, caracterizando-se pela retirada da água da natureza, adequação de sua qualidade, transporte até os aglomerados humanos e fornecimento à população em quantidades compatível com suas necessidades, podendo ser concebido para atender a pequenos povoados ou a grandes cidades, variando nas características e no porte de suas instalações (FNS,1999).

### **2.3.1. Importância Sanitária, Social e Econômica do Abastecimento de Água**

Para a FNS (1999), a implantação de sistema de abastecimento de água visa fundamentalmente contribuir com a população para: controlar e prevenir doenças; implantar hábitos higiênicos na população; facilitar a limpeza pública; propiciar conforto, bem estar e segurança e aumentar a segurança de vida da população.

HELLER e CASSEB (1995) acrescentam importantes itens referentes ao aspecto econômico alcançado pela população beneficiada pelo abastecimento público, tais como: aumento da vida média; diminuição de gastos com médicos e hospitais; aumento da vida produtiva dos indivíduos economicamente ativos; facilidade para a implantação de indústrias, inclusive a de turismo e facilidade no combate a incêndios.

### **2.3.2. Quantidade de Água para Fins Diversos**

No dimensionamento de um sistema de abastecimento de água deve-se considerar diversos fatores que afetam o consumo. Entre os fatores pautados por HELLER e CASSEB (1995) e a FNS (1999), tem-se: os diferentes usos da água, variações de consumo e consumo *per capita*.

### **2.3.3. Diferentes Usos da Água**

Os diferentes usos incluem, de acordo com HELLER e CASSEB (1995), o uso doméstico (beber, cozinhar, higiene pessoal, descarga de banheiro, etc); comercial (hotéis, restaurantes, padarias, estabelecimentos de ensino, etc); industrial (transformação de matéria prima, fins agropecuários, clubes recreativos, etc); público (fontes, jardins, limpeza, etc) e segurança (combate a incêndios).

#### 2.3.4. Variações de Consumo

As variações de consumo de natureza temporal podem ser: anuais (o consumo passa a aumentar em razão do crescimento populacional). A FNS (1999) recomenda aceitar um incremento de 1% ao ano no valor do consumo *per capita*; mensais (quanto mais quente e seco for o clima no mês considerado, maior será o consumo de água); diária (durante o ano existe um dia em que é registrado um maior consumo); e horária (ao longo do dia tem-se valores distintos de piques de vazão).

Das variações de consumo citadas, são consideradas no cálculo do volume de água a ser consumido: o coeficiente do dia de maior consumo (K1), definido como a relação entre o dia em que se verifica o máximo consumo diário e o consumo médio diário, no período de um ano e o coeficiente da hora de maior consumo (K2), que é a relação entre o máximo consumo horário verificado e o consumo médio horário do mesmo dia. No Brasil, usa-se os valores de K1 e K2 iguais a 1,2 e 1,5, respectivamente (HELLER e CASSEB, 1995; FNS, 1999).

#### 2.3.5. Consumo Médio de Água por Pessoa por Dia

O consumo médio de água por pessoa por dia, ou consumo *per capita*, definido como a relação entre o consumo de água, por dia, de todos os habitantes de uma determinada comunidade, pelo número total da população servida, é uma das variáveis mais importantes no dimensionamento de um sistema de abastecimento de água. A quantidade de água consumida em uma determinada comunidade varia conforme a existência ou não de abastecimento público, a proximidade da água do domicílio, o clima, os hábitos da população, entre outros.

Nos projetos de abastecimento público de água, o consumo *per capita* varia em função das considerações citadas. Os valores recomendados pela FNS (1999) são divididos em duas categorias: a) população abastecida sem ligações domiciliares (30 a 50 L/hab/dia para populações abastecidas com torneiras

públicas ou chafarizes; 40 a 80 L/hab/dia para populações abastecidas com torneiras públicas ou chafarizes e que possuem lavanderias públicas e 60 a 100 L/hab/dia para populações abastecidas com torneiras públicas, chafarizes, lavanderia e banheiro públicos) e *b*) população abastecida com ligações domiciliares (100 a 150 L/hab/dia para populações de até 6000 habitantes; 150 a 200 L/hab/dia para populações entre 6000 e 30.000 habitantes; 200 a 250 L/hab/dia para populações entre 30.000 e 100.000 habitantes e 250 a 300 L/hab/dia para populações acima de 100.000 habitantes).

No SAB, o valor do consumo *per capita* é muito variável. JALFIM (2001) revela que no meio rural o consumo humano de água potável é de 6 L/hab/dia, sendo 3,5 litros para beber e 2,5 litros para cozinhar. SILVA *et al.* (1988) e GNADLINGER (1997) tem orientado a construção de reservatórios nesta região considerando o consumo *per capita* mínimo de 14 L/hab/dia, incluindo a água para beber, cozinhar e para o banho de um recém-nascido.

### **2.3.6. Padrões de Potabilidade da Água**

A rigor, a água não é encontrada pura na natureza, pois ao cair em forma de chuva, já carrega impurezas do próprio ar e ao atingir o solo, em função de seu grande poder de dissolver e carrear substâncias, altera ainda mais suas qualidades (FNS, 1999).

Segundo LIMA (1998), a qualidade da água refere-se a sua adaptabilidade para determinado uso, em função de suas características físicas, químicas e microbiológicas para atender às necessidades do usuário. Sob o ponto de vista do consumo humano, a qualidade adequada da água é definida por legislação própria. No Brasil, a Portaria nº 36/90 do Ministério da Saúde, define os padrões de potabilidade exigidos no território nacional, fixando os valores máximos permissíveis das características das águas destinadas ao consumo humano, apresentados na Tabela 1.



**Tabela 1** – Unidades e valores máximos permitidos das características requeridas nos Padrões de Potabilidade exigidos na Portaria n° 36/90 do Ministério da Saúde

<b>Características</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valores máximos permitidos</b>
<b>Características Organolépticas (percebidas pelos sentidos humanos)</b>		
Cor aparente	uH	05
Odor	-	Não objetável
Sabor	-	Não objetável
Turbidez	UT	01
<b>Componentes inorgânicos que afetam a saúde</b>		
Arsênio (As)	mg/L	0,05
Cádmio (Cd)	mg/L	0,005
Chumbo (Pb)	mg/L	0,05
Cianetos (CN)	mg/L	0,1
Cromo (Cr)	mg/L	0,05
Mercúrio (Hg)	mg/L	0,001
Nitratos	mg/L	10
Prata (Ag)	mg/L	0,05
<b>Componentes orgânicos que afetam a saúde</b>		
Aldrin e Dieldrin	µg/L	0,03
Benzeno	µg/L	10
Benzo [a]pireno	µg/L	0,01
Clordano(total de isômeros)	µg/L	0,3
DDT	µg/L	01
Lindano	µg/L	03
<b>Características Bacteriológicas</b>		
Coliformes fecais	Org/100ml	Ausentes
Coliformes totais	Org/100ml	Diversas combinações

Fonte: Heller & Casseb (1995).

### 2.3.7. Doenças de Veiculação Hídrica

O consumo de água de qualidade inadequada, fora dos padrões de potabilidade recomendados, se constitui em risco potencial à saúde do usuário, sendo responsável pela transmissão de várias doenças, conforme pode se observar na Tabela 2.

**Tabela 2 - Doenças relacionadas com o abastecimento de água**

Transmissão	Doença	Agente patogênico	Medida de controle
1. Pelo consumo da água contaminada	Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>	1. Implantar sistema de abastecimento e tratamento da água;
	Febre Tifóide	<i>Salmonella typhi</i>	
	Leptospirose	<i>Leptospira interrogans</i>	1.1 Proteção dos mananciais e fontes de água;
	Giardiase	<i>Giardia lamblia</i>	
	Amebíase	<i>Entamoeba histolytica</i>	
	Hepatite infecciosa	<i>Hepatite vírus A</i>	
	Diarréia aguda	<i>E.coli, Shigela, alatidium coli, cryptosporidium</i>	
2. Pela falta de limpeza e higienização com a água	Escabiose	<i>Sarcoptes scabiei</i>	2. Implantar sistema adequado de esgotamento sanitário;
	Pediculose	<i>Pediculus humanus</i>	2.1 Instalar abastecimento de água com encanamento no domicílio;
	Tracoma	<i>Chlamydia trachoma</i>	
	Conjuntivite	<i>Haemophilus aegyptius</i>	
	Salmonelose	<i>Salmonella typhiimurium</i>	2.2 Instalar melhorias sanitárias domiciliares coletivas;
	Tricuríase	<i>Trichuris trichiura</i>	
	Enterobiase	<i>Enterobius vermiculares</i>	2.3 Instalar reservatório de água adequado com limpeza sistemática;
	Ancilostomíase	<i>Ancylostoma duodenale</i>	
	Ascaridíase	<i>Ascaris lumbricoides</i>	
3. Por meio de vetores que se relacionam com a água	Malária	<i>Plasmodium vivax, p.malarie</i>	3. Eliminar aparecimento de criadouros com inspeção sistemática e medidas de controle;
	Dengue	<i>Grupo B dos arbovírus</i>	
	Febre amarela	<i>RNA vírus</i>	
	Filariose	<i>Wuchereria bancrofti</i>	
4. Associada à água	Esquistossomose	<i>Schistosoma mansoni</i>	4. Controle de vetores e hospedeiros intermediários

Fonte: FNS (1999).

HELLER e MÖLLER (1995) e a FNS (1999) advertem que a água de qualidade inadequada pode afetar a saúde do homem de várias maneiras: pela ingestão direta, na preparação de alimentos, na higiene pessoal, na agricultura, na higiene do ambiente, nos processos industriais ou nas atividades de lazer.

De acordo com a AGENDA 21 (2000), uma oferta de água de qualidade confiável é vital para a melhoria da saúde e mitigação da pobreza, uma vez que 80% de todas as moléstias e mais 1/3 dos óbitos em países em desenvolvimento são causados pelo consumo de água contaminada. Destaca ainda que nessas condições, até 1/10 do tempo produtivo de cada pessoa se perde por causa de doenças relacionadas com a água.

A FNS (1999) classifica em duas categorias os riscos para a saúde, relacionados ao uso de água contaminada: *a)* riscos relacionados com a ingestão de água contaminada por agentes biológicos (bactérias, vírus e parasitos), pelo contato direto, ou por meio de insetos vetores que necessitam da água em seu ciclo biológico e *b)* riscos derivados de poluentes químicos e radioativos, geralmente efluentes de esgotos industriais, ou causados por acidentes ambientais.

Para ARIYANANDA (1999), as principais restrições para o aproveitamento de água de chuva *in natura* para o uso doméstico, têm sido os aspectos de qualidade. Corroborando com esse autor, GOULD (1999) explica que numerosos estudos têm demonstrado que, em função da contaminação após o contato com a superfície de captação, a água de chuva armazenada freqüentemente, não atende aos padrões exigidos pela World Health Organization - WHO para água potável, especialmente no que tange aos critérios de qualidade microbiológica. No entanto, existem diversos métodos de melhoria da qualidade da água produzida como: dispositivos de primeira descarga, desinfecção do reservatório e tratamentos alternativos como o uso da semente de moringa (*Moringa oleifera*) para clarear a água, entre outros (ALMEIDA NETO, 1999; ANJOS, 1999).

AMORIN e PORTO (2001) avaliaram a qualidade bacteriológica das águas de cisternas no município de Petrolina-PE e detectaram contaminação de origem fecal em todas as cisternas avaliadas e também a ausência de medidas de

prevenção de contaminação, principalmente o uso da desinfecção da água pelo hipoclorito de sódio.

## **2.4. Unidades do Sistema de Abastecimento de Água no Meio Urbano**

Um sistema de abastecimento de água é composto de várias unidades, sendo as principais: manancial; captação; adução e tratamento.

### **2.4.1. Mananciais para abastecimento de água**

A FNS (1999) define mananciais como toda fonte de água utilizada para o abastecimento doméstico, comercial, industrial, agrícola, podendo ser divididos em três grupos: superficial, subterrâneo e águas meteóricas.

O manancial subterrâneo refere-se às reservas de água de dois tipos de aquífero: O lençol freático e o confinado. A captação é feita por meio de poços ou pelo aproveitamento das nascentes. O manancial superficial é constituído pelos cursos d'água, compreendendo ribeirões, rios, lagos e reservatórios artificiais, formados a partir de obras executadas em um rio ou córrego. Nestes mananciais a captação é feita por meio de tomadas diretas de rios, lagos e açudes. O manancial de águas meteóricas compreende a água existente na natureza na forma de chuva, neve ou granizo. As águas de chuva são captadas por meio de superfícies de coleta (HELLER e CASSEB, 1995; FNS, 1999).

Na escolha de um manancial deve se considerar diversos aspectos, como a qualidade e quantidade da água, acesso, disponibilidade de energia elétrica, topografia do terreno e distância do ponto de consumo (HELLER e CASSEB, 1995). Além desses fatores, APPAN (1999) destaca que na escolha de um sistema de captação de água de chuva deve-se considerar a tecnologia e os materiais disponíveis, a viabilidade econômica, a aceitação sócio-econômica do empreendimento e o nível de educação da comunidade. Para GNADDLINGER

(2000), a sustentabilidade do sistema de captação se baseia na combinação entre as necessidades básicas dos usuários, nas características naturais locais e nas condições políticas e econômicas da região.

#### **2.4.2. Captação**

É definido como o conjunto de equipamentos e instalações utilizados para a tomada de água do manancial, com a finalidade de disponibilizá-la no sistema de abastecimento. O tipo e a eficiência do sistema de captação varia de acordo com o manancial, tecnologia e materiais empregados (FNS, 1999).

UFCC - BIBLIOTECA

#### **2.4.3. Adução**

Refere-se ao conjunto de tubulações, peças especiais e obras de arte usados na condução da água, do ponto de captação até a Estação de Tratamento de Água – (ETA) e desta até os reservatórios de distribuição.

#### **2.4.4. Tratamento**

O método de tratamento utilizado em um sistema de abastecimento deverá atender aos padrões de potabilidade exigidos pelas normas de saúde vigentes. Dentre os métodos apresentados pela FNS (1999) destaca-se a: fervura, sedimentação, filtração, aeração, fluoretação, entre outros.

## 2.5. Abastecimento de água no meio rural

O abastecimento de água no meio rural tem características especiais, uma vez que a população é dispersa. Neste cenário, são adotados sistemas individuais, os quais, de acordo com a FNS (1999), ainda são bastante precários. Entretanto, a mesma Fundação recomenda investimentos no setor, por considerá-lo essencial ao desenvolvimento social e humano do meio rural.

Grande parte das doenças adquiridas no meio rural e no SAB em particular, é de veiculação hídrica, uma vez que o manancial, geralmente um barreiro ou açude, é disputado com animais domésticos e silvestres, e a água é utilizada ao mesmo tempo para lavar roupa, dessedentar animais e abastecer as pessoas. Essa água, em função das condições de seu aproveitamento, tem um elevado nível de contaminação, podendo veicular doenças como: diarreia, amebíase, cólera, tifo, etc.(SILVA *et al.*, 1988; MALVEZZI, 2001).

O tratamento das águas desses mananciais para consumo humano no meio rural, segundo GARCEZ (1976), não é justificável sob o ponto de vista econômico, por causa da dispersão das residências. Neste contexto surge a perspectiva do uso de sistemas de abastecimento individualizado, tendo como fonte a captação da água de chuva em telhados e armazenamento em pequenos reservatórios, cobertos e impermeáveis, como uma alternativa viável, do ponto de vista econômico, arquitetônico e higiênico.

Para assegurar a viabilidade, aceitação e permanência dos serviços planejados de abastecimento de água, a AGENDA 21 (2000) recomenda que as tecnologias adotadas devem responder às necessidades e limitações impostas pelas condições da comunidade em questão. Dessa forma, os projetos devem estar fundamentados em critérios que contemplem fatores que busquem meios tecnológicos e científicos de baixo custo e, sempre que possível, utilizem práticas tradicionais e autóctones, permitindo a participação da população local.

Por meio de suas políticas de desenvolvimento regional, o Banco do Nordeste S.A., segundo GONDIM (2001), vem atuando como disseminador da tecnologia da captação de água de chuva na zona rural ao financiar projetos que

prevêem a construção de casas, galpões e instalações no Semi-Árido. Intenciona-se induzir o acoplamento da captação de água de chuva às construções novas e nas já existentes.

GONDIM (2001) entende o sistema de captação de água de chuva como vantajosa solução por provisionar um suprimento de água viável e permitir ao usuário desenhar a alternativa menos onerosa. O autor destaca a importância do sistema de captação de água da chuva citando exemplos que refletem a repercussão internacional desta tecnologia como: a formação da Associação Americana de Captação de Água de Chuva em 1994, na cidade norte americana de Austin, Texas; a criação em abril de 1998 da Associação Japonesa; e utilização das pistas de pouso, bem como as áreas circunvizinhas ao Aeroporto Internacional de Changai, em Singapura, totalizando 530 ha, para coleta de água de chuvas.

GNADLINGER (2001) defende que o abastecimento para populações difusas, como é o caso dos domicílios do meio rural, deve acontecer em bases individuais. Para esse autor, esta condição é de elevada importância no processo de conscientização, no que diz respeito aos cuidados na conservação da água.

HAPUGODA (1999), ao estudar a viabilidade da captação da água da chuva no Sri Lanka, trabalhou com diversas alternativas de tecnologias simples, visando atender às comunidades de baixa renda, para as quais, a captação da água de chuva parece a melhor opção para o abastecimento doméstico. O estudo resultou na incorporação da captação da água da chuva no esquema oficial de abastecimento de água daquele país.

Em experiências desenvolvidas na zona rural do Sri Lanka, por meio de programas institucionais, ARIYABANDU (1999) refere-se a falhas de funcionamento do projeto, atribuindo à forma de como foi implantado o programa, cujo processo previu o subsídio de 80% dos custos de implantação, ficando os 20% restantes a cargo do beneficiário. Como, via de regra, o público alvo desses programas é formado por uma parcela economicamente desfavorecida, fica difícil contar com a contribuição efetiva por parte do beneficiário na complementação do sistema. O autor ainda ressalta a necessidade da "conscientização sobre a

manutenção da qualidade da água, manejando o sistema como uma unidade integral de suprimento de água e de redução de custo de coleta de água de chuva”.

### **2.5.1. Sistema de Captação de Águas Pluviais**

No contexto da captação da água da chuva, todas as partes constituintes do sistema de abastecimento de água, com exceção do manancial e da instalação predial, são integradas em uma unidade, denominada de sistema de captação de águas pluviais. Este sistema é composto de: *a)* área de captação (telhado), *b)* subsistema de condução (calhas e dutos), *c)* dispositivo para desvio das primeiras chuvas, *d)* reservatório (cisterna), *e)* tratamento, *f)* meio elevatório (balde com corda, sarilho com manivela, bombas hidráulicas) e *g)* reservação (pote, filtro, ou caixa d' água).

#### **2.5.1.1. Área de Captação**

Geralmente formada pela cobertura das construções rurais, adota os mais diferentes tipos de material (telhas, lajes, plástico, etc.). Tem a função de captar água no volume necessário para atender à demanda do usuário pelo menos durante o período da seca. BRITO e PORTO (1997) recomendam considerar esse período de oito meses/ano.

TOMAZ (2003), citando Ruskin, recomenda que na seleção do material a ser usado no telhado considere-se: durabilidade; impermeabilidade; disponibilidade, facilidade de conserto; fatores de custo; resistência a incêndios; leveza e boa aparência.

Para o dimensionamento da área de captação usa-se a relação entre o volume que se deseja armazenar e o coeficiente do escoamento superficial, que varia de acordo com as características do material da área de captação e a



precipitação média anual da localidade em pauta, considerando 50% de probabilidade de ocorrência (SILVA *et al.*, 1988).

Estudos realizados por JALFIM (2001), em 22 comunidades rurais nos Estados de Pernambuco e Rio Grande do Norte, revelaram que a área média dos telhados das casas das comunidades pesquisadas é de  $84\text{m}^2$  e que mais da metade das residências apresentam telhados com  $75\text{m}^2$  de área, e que apenas 4% das residências têm telhados com área inferior a  $40\text{m}^2$ .

### 2.5.1.2. Calhas e Condutores

As calhas e os tubos condutores têm a função de levar a água da superfície de captação até o reservatório (cisterna). GNADLINGER (1997) recomenda que as calhas devem ser fixadas imediatamente embaixo das telhas para não desperdiçar a chuva forte. No tocante ao tipo de calha a ser empregada, sugere um tipo de perfil em L confeccionada em chapa de aço galvanizado de 60 cm de largura, fixada diretamente embaixo da última fileira de caibros do telhado.

No dimensionamento das calhas, CHAVES (1979) sugere seguir as seguintes regras: *a)* determinação da área de captação (telhado); *b)* cálculo da seção mínima da calha, considerando  $1\text{cm}^2$  de seção de calha para cada  $\text{m}^2$  de telhado contribuinte; *c)* o caimento ou declividade da calha deve ficar na faixa de 0,5% a 1% (0,5 a 1,0 cm/m) e *d)* dividir a calha em trechos não maiores que 15m para permitir sua dilatação e facilitar o manuseio.

Os dados constantes na Tabela 3, apresentados por CHAVES (1979), servem para orientar o dimensionamento de calhas em perfil U, confeccionadas em chapas metálicas. A letra *S* representa a área da seção molhada da calha, *L* a largura da calha, *G* o perímetro da calha,  $G_2$  o perímetro molhado e *H* a profundidade mínima da calha, conforme mostrado na Figura 2.

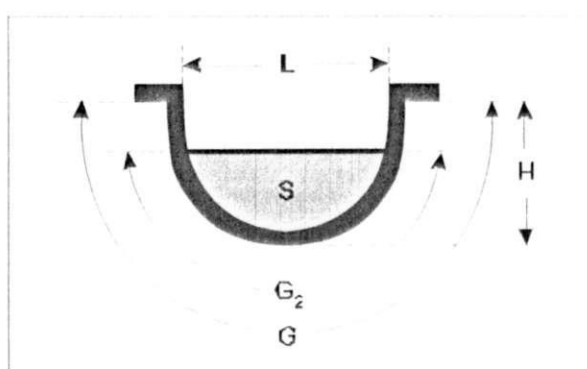
Segundo o mesmo autor, os condutores são tubos que recebem as águas que escorrem das calhas e as conduzem para o solo ou reservatório. A maneira de dimensioná-los é semelhante à indicada para as calhas, seguindo as seguintes

regras: a) cálculo da seção mínima do condutor, tomando como dado prático: 1 cm<sup>2</sup> de seção do condutor para cada 1 a 5 m<sup>2</sup> de telhado contribuinte; b) determinar o número de condutores de modo que as calhas possam ter o caimento acima do mínimo recomendado (0,5 a 1,0 cm/m) e c) O diâmetro mínimo dos condutores deve ser 50 mm, caso não haja possibilidade de obstrução por folhas, papéis ou outros detritos; caso contrário, o diâmetro deve ser 75 mm.

**Tabela 3** - Orientação para dimensionamento de calhas

Área da seção molhada <b>S (cm<sup>2</sup>)</b>	Largura da calha <b>L (mm)</b>	Perímetro da calha <b>G (pol)</b>	Perímetro molhado <b>G2 (mm)</b>	Profundidade mínima da calha <b>H (mm)</b>
25	80	10	126	80
40	100	12	160	80
63	125	14	185	80
90	150	16	235	80
160	200	18	314	80

Fonte: Chaves (1979).



**Figura 2** – Corte de uma calha em U indicando sua largura, profundidade, seção molhada, perímetro molhado e perímetro da calha.

Fonte: Chaves (1979).

Em trabalho conduzido no sertão pernambucano, junto a comunidades rurais, CAVALCANTE *et al.* (2002) constataram que, embora nas localidades pesquisadas as chuvas tenham sido significativas, parte da água não foi captada, pois, aproximadamente, 41,66% das residências com cisternas não têm calhas para condução da água da área de captação até o reservatório. Os autores afirmam ainda que para essas famílias, a cisterna teve como função, em 2002, acumular água fornecida por carro-pipa.

### **2.5.1.3. Reservatório**

O reservatório, geralmente denominado de cisterna, tem a função de armazenar a água que escoar da área de captação. Segundo TOMAZ (2003), deve ser completamente fechado para evitar entrada de luz, inibindo o crescimento de algas. A tampa de inspeção deverá ser hermeticamente fechada e a saída do extravasor deverá conter grade para que não entrem animais pequenos. Pelo menos uma vez por ano, deverá ser feita a limpeza para remoção dos resíduos depositados no fundo do reservatório.

GNADLINGER (1999) apresenta seis tipos de cisternas construídas em comunidades rurais do SAB: cisterna de placas de cimento; cisterna de telacimento; cisterna de tijolos; cisterna de ferro cimento; cisterna de cal e cisterna de plástico. Segundo o pesquisador, para cada modelo existem vantagens e limitações e a seleção de um determinado modelo vai depender de diversos fatores como materiais, mãos-de-obra disponíveis, urgência da construção e financiamento, etc.

Para THOMAS e REES (1999), o elemento de maior custo no sistema de captação de água de chuva é o reservatório, ressaltando a importância do desenvolvimento de materiais e processos construtivos que minimizem os custos desse importante componente.

### 2.5.2. Manejo de Cisternas de Alvenaria e Concreto

Visando à otimização da capacidade de armazenagem, durabilidade e bom funcionamento das cisternas de alvenaria e concreto, além do controle da qualidade da água da chuva acumulada, PEDROSA (2001) chama a atenção para os seguintes pontos:

- Quanto mais profundo o buraco, maior será a parte da cisterna que ficará protegida pelo solo, evitando rachaduras pelo aquecimento do sol;
- No início do período chuvoso, as primeiras águas não devem ser utilizadas para o consumo humano e sim para limpeza do telhado, onde se acumulam impurezas. Para isso, desvia-se o tubo condutor para fora da cisterna e quando notar que a água já escoou limpa, coloca-se novamente o tubo na posição normal;
- Logo que a cisterna tiver sido construída e retirado o escoramento, deve-se esperar em torno de 4 a 5 dias para se colocar água. Nunca deixar o reservatório totalmente vazio, devendo-se manter uma lâmina d'água em torno de 15 cm, para evitar rachaduras pelo aquecimento do sol;
- No início do período chuvoso verificar as condições das calhas e dos tubos condutores, para identificar vazamentos ou outros problemas que provoquem desperdício de água.
- A cisterna deve ser mantida sempre coberta e a tampa ou janela deve permanecer bem fechada. Evita-se dessa forma a criação de lodo, causada pela entrada de luz, entrada e acúmulo de sujeira, acidentes com pessoas ou animais, e para reduzir as perdas por evaporação, e sempre que for necessário, lavá-la internamente.

### 2.5.3. Perdas no Processo de Captação

Segundo JALFIM (2001), no processo de captação as perdas normais são da ordem de 25%, provocadas pela evaporação, absorção da água pela telha, ação do vento, além de eventuais vazamentos por problemas de instalação das calhas e dutos.

### 2.5.4. Captação de Água de Chuva no Semi-Árido Brasileiro

Embora vários autores afirmem que a água de chuva vem sendo coletada e armazenada em cisternas desde os tempos primórdios, no SAB a captação da água da chuva por meio de telhados e seu armazenamento em cisternas é, segundo MALVEZZI (2001), uma luta que está se iniciando e inaugura uma nova etapa na convivência com a região. Nesta etapa é verificada uma revolução dos costumes que aponta para um novo comportamento da população em relação à natureza. Com isto, as famílias saem do conviver com a fatalidade da seca para a busca da prevenção (armazenamento da água), para um aproveitamento mais racional das potencialidades do meio.

UFCC - BIBLIOTECA

Neste contexto têm surgido, em nível internacional e nacional, grandes eventos abordando a questão da captação da água da chuva em suas mais diversas dimensões: natural, política, cultural, econômica e social. Nessas oportunidades tem sido possível compartilhar experiências e conhecimentos entre pesquisadores e instituições de vários países que padecem com problemática semelhante. A partir dos estudos, experiências e pesquisas desenvolvidas têm surgido inúmeros projetos que buscam atender o direito à água a quem tem sede. Muitos desses projetos têm dado ênfase à construção de cisternas para abastecimento humano. Dentre eles, destaca-se o Projeto "Um Milhão de Cisternas" - P1MC da Articulação do Semi-Árido (ASA), com objetivo de construir um milhão de cisternas no Semi-Árido, em cinco anos. O Programa tem uma visão

e objetivos bem mais amplos do que só construir cisternas. Pretende mobilizar e capacitar milhares de famílias para conviverem melhor com o Semi-Árido e exercerem a sua cidadania plena.

O argumento central que justifica a implementação de um Programa desta natureza é, segundo a ASA, o aproveitamento máximo dos recursos hídricos numa região onde a água é ponto de estrangulamento ao bem-estar humano. Esse aproveitamento só será possível mediante ações concretas de educação, capazes de dar aos atores regionais uma nova visão a respeito do ambiente em que vivem. Por isso, essa proposta busca, primordialmente, o estabelecimento de uma nova organização social no Semi-Árido, onde as políticas públicas sejam efetivamente voltadas a soluções definitivas, fortalecendo e afirmando a região como viável do ponto de vista sócio-econômico. Em outras palavras, é fundamental uma (re)educação capaz de levar ao sertanejo uma nova relação/interação com o ambiente. Várias são as experiências que, partindo de soluções simples e não raras cotidianas, podem melhorar a vida do povo do sertão.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

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

#### **3.1. Levantamento de Dados**

Esta etapa foi desenvolvida por meio de levantamento bibliográfico e pesquisa de campo, realizada no Assentamento de Paus Brancos, Zona Rural do Município de Campina Grande, PB, na região do Semi-Árido Paraibano.

A pesquisa de campo objetivou diagnosticar as condições atuais e potenciais do abastecimento de água potável daquela comunidade e consistiu-se das seguintes ações: entrevistas com 30% das famílias locais, utilizando questionário (anexo A); levantamento fotográfico dos sistemas de captação instalados e levantamento de medidas dos telhados considerados áreas de captação.

A escolha da referida localidade, caracterizada como pertencente à microbacia hidrográfica de Paus Brancos, foi em função de 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, além da facilidade de acesso. Favoreceu também a escolha da localidade, a disponibilidade de informações sobre a microbacia, obtidas pelas pesquisas já desenvolvidas pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, em parceria com diversas instituições.

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. 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, pela construção de sistemas difusos de abastecimento, a água necessária em quantidade e qualidade adequadas para essas famílias.

### **3.2. Processo Projetual**

Esta etapa compreendeu duas ações: a) criação de uma lista de requisitos e b) geração e desenvolvimento de alternativas.

#### **3.2.1. Lista de Requisitos**

Após a análise dos dados coletados em campo, foi formulada uma lista de requisitos, com o objetivo de orientar o processo de geração de soluções aos problemas levantados.

Fundamentada em aspectos que configurem atributos desejáveis (como deve ser o produto) e pautada na otimização funcional, estética, viabilidade de



construção e implantação do modelo, dentre outros, a lista de requisitos estabeleceu as metas a serem atingidas na etapa de geração de alternativas, sintetizadas nos seguintes pontos:

- 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);
- 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);
- Adotar soluções construtivas simples, preferencialmente de acordo com a capacidade da mão-de-obra local e que demandem materiais de fácil aquisição;
- Utilizar o menor número possível de componentes no sistema, visando facilitar o processo de manutenção (estudar possibilidades de eliminação dos suportes das calhas);
- Encontrar soluções projetuais que garantam o bom funcionamento do sistema, preocupando-se também com fatores estético-formais;

### **3.2.2. Geração de Alternativas**

Considerando os pontos formulados na lista de requisitos, foram geradas, pelo método de *Brainstorming*, sugerido por BONFIM (1995), propostas de configurações de sistemas de captação de água de chuva, as quais foram desenvolvidas por meio de desenhos em nível de esboço e de maquetes de trabalho em escala reduzida.

Inicialmente foram desenhadas várias alternativas de sistemas de captação, em torno de oito, entre propostas distintas e variações formais destas. Em seguida foi realizada uma filtragem, confrontando cada uma delas com os pontos estabelecidos na lista de requisitos, processo pelo qual se chegou a cinco propostas formalmente distintas, seqüencialmente denominadas de Alternativa 1, Alternativa 2, Alternativa 3, Alternativa 4 e Alternativa 5.

### 3.3. Desenvolvimento da Alternativa 4

Das cinco alternativas idealizadas em nível de croqui, uma foi desenvolvida tridimensionalmente, o que gerou um protótipo, com o qual foram realizados os testes de desempenho funcional.

A alternativa selecionada para este fim foi a de número 4, identificada como a que reunia, no geral, melhores atributos. Nessa alternativa o telhado é desenvolvido geometricamente a partir de um quadrado, cuja diagonal coincide com a cumeeira. A figura do quadrado, com seus dois lados iguais, permite maiores possibilidades de modulação, o que representa ganho de racionalização no processo construtivo.

Considerando a inter-relação dos componentes do sistema de captação, uma coberta com dois lados iguais apresenta vantagens em relação a uma de outro tipo; o sub-sistema condutor, nesse caso, formado por duas calhas de mesmo tamanho e apenas um tubo condutor, representa uma opção econômica e eficiente .

Do ponto de vista funcional, esse modelo destaca-se pela facilidade de coleta da água captada, uma vez que esta converge para um único ponto (em um dos vértices do quadrado). Esse detalhe ganhou importância ao se constituir em fator de facilitação durante a realização dos testes com protótipo. Outro fator que contou positivamente para a seleção da Alternativa 4 foi seu agradável aspecto estético, associado à simplicidade construtiva.

### 3.4. Construção do Protótipo

A partir da alternativa selecionada, foi construído um protótipo para averiguação do desempenho funcional, o qual foi desenvolvido e testado no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente – LaCRA/UFCG.

O modelo tridimensional foi construído em escala reduzida (1:2,5) e representa o telhado de uma residência popular, com área de aproximadamente 50m<sup>2</sup>, conforme mostrado nas Figuras 3 a 6.



**Figura 3** - Protótipo em construção.



**Figura 4** – Vista superior do protótipo.



**Figura 5** – Dispositivo de controle de pressão.



**Figura 6** – Ponto de descarga das águas.

### 3.4.1. Componentes do Protótipo

- Estrutura montada com barrotes de madeira e chapas de compensado, 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, possibilitando a avaliação deste de acordo com as diferentes variações de direção de ventos e chuvas (Figuras 3 e 4);
- Telhado em duas águas, com cumeeira na diagonal, construído com telhas de fibro-cimento, representando a cobertura de uma residência. As telhas ganharam pintura com tinta acrílica cerâmica, para melhor representar as de barro, de uso corrente no meio rural (Figura 4);
- Calhas confeccionadas em chapas de aço galvanizado, instaladas diretamente sob o beiral do telhado. Foram pintadas externamente com esmalte sintético na cor amarela, visando melhor aspecto estético e conseqüentemente aumentando a proteção da chapa galvanizada contra oxidação, prolongando a vida útil da peça (Figura 6);
- Sistema de precipitação artificial, formado por 4 micro-aspersores instalados sobre o telhado, distribuídos de forma eqüidistante, interligados por meio de uma tubulação abastecida por água bombeada de um reservatório, submetida a um manômetro para controle da pressão hidráulica (Figuras 4,5 e 6);
- Reservatório com graduação para medição do volume de água coletado [caixa d'água plástica com capacidade de 500 litros] (Figura 4).

### 3.5. Testes com o Protótipo

Desenvolvidos nas dependências do LaCRA/UFCG, os testes foram realizados em dois estágios: *a)* pré-ensaio, que consistiu na definição do modelo da calha coletora e *b)* análise global da performance funcional do sistema.

#### 3.5.1. Pré-Ensaio

Nesta fase foram desenvolvidas, testadas e definidas as calhas que comporiam o modelo a ser avaliado.

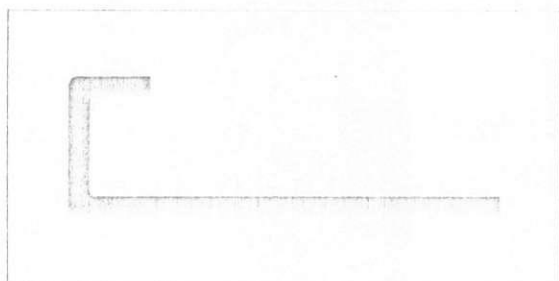
Considerando fatores como simplicidade de execução, facilidade de manutenção, baixo custo x eficiência, desenvolveu-se três modelos de calha, A; B e C, todas em chapa de aço galvanizado, construídas por meio do processo de dobras, no sentido longitudinal da peça, conformadas respectivamente em perfis, L, Z e J, (Figuras 7,8 e 9).



**Figura 7** - Calha modelo A - Perfil L.



**Figura 8** - Calha modelo B – Perfil Z.



**Figura 9** - Calha modelo C – Perfil J.

O processo de construção das calhas propostas considera técnicas dominadas pela mão-de-obra disponível na zona rural, geralmente executadas de forma artesanal, utilizando barrotes de madeira como apoio. Entretanto, no caso de haver necessidade de se construir em escala industrial, é mais aconselhável realizar o dobramento da chapa por meio de prensas dobradeiras ou outros dispositivos, através dos quais se possa padronizar os procedimentos e conseqüentemente obter maior volume de produção e ganho de qualidade no acabamento das peças.

Cada modelo de calha desenvolvido foi instalado no protótipo e testado, lançando-se água sobre o telhado, simulando situações de precipitações de chuvas torrenciais, nas quais geralmente acontecem casos de desperdício de água. Nestes testes verificou-se o comportamento das calhas, no tocante à recepção e condução da água, bem como observações de eventuais problemas de transbordamento.

### **3.5.2. Testes de Desempenho Funcional**

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, instalado sobre o protótipo, ao ar livre. Os testes foram realizados nas dependências do LACRA/UFCG, em sua área externa, simulando situação de campo.

Para 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.

## **4. 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.

### **4.1. Pesquisa de Campo**

São apresentados os resultados obtidos na pesquisa de campo, incluindo as informações coletadas por meio de entrevistas nas residências da região pesquisada, com o emprego de questionário (Anexo A), registro fotográfico e outras observações.

#### **4.1.1 Características dos Sistemas de Captação**

Ao considerar cada unidade residencial do universo pesquisado como um potencial sistema de captação de água de chuva, o levantamento fomentou a caracterização desses sistemas, por meio das análises estrutural e funcional, tendo sido 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 de água 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 um telhado, calhas receptoras e dutos de condução da água e uma cisterna de alvenaria; 12% das residências não dispõem de sistema de captação instalado e 8% dispõem de cisterna cilíndrica de alvenaria, porém sem o subsistema de condução (calhas e dutos).



Com relação à área média dos telhados das residências pesquisadas, observou-se que esta foi de 54,83 m<sup>2</sup>. Embora esta dimensão esteja abaixo da média encontrada na Região Semi-Árida, que é de 70 m<sup>2</sup>, segundo dados de pesquisa conduzida por JALFIM (2001), estes telhados têm a capacidade média de armazenar 12.336 m<sup>3</sup> de água de chuva, considerando ainda as perdas normais dos sistemas instalados no SAB que, segundo o mesmo autor, giram em torno de 25%. 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 (média no Assentamento de Paus Brancos), 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 residências pesquisadas. Esses cálculos foram realizados considerando um ano de baixa precipitação pluviométrica, em torno de 300 mm.

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. Construídos a partir de um projeto padronizado, esses reservatórios tem tecnologia construtiva simplificada, devidamente assimilada pela população do Semi-Árido brasileiro.

Em algumas casas, além das cisternas cilíndricas, foi registrada também a existência de outros reservatórios de menor importância, como tambores de plástico ou de cimento, pequenos tanques de alvenaria, de forma quadrada ou retangular, entre outros, os quais têm pouca capacidade de armazenagem. Encontram-se posicionados geralmente em pontos de captação de água onde não foi possível instalar calhas em comunicação com a cisterna. Porém, em alguns casos, esses reservatórios representam o único meio pelo qual se acumula água de chuva, seja pela inexistência da cisterna ou pela falta de calhas e dutos adequados.

O subaproveitamento da área de captação é observado em várias residências. Há muitas ocorrências de situações em que as calhas são instaladas apenas em uma das laterais da casa, sobretudo naquelas com telhado em duas águas. Isso ocorre, na maioria das vezes, em decorrência da falta de recursos por

parte do usuário, impossibilitando a instalação de calhas em todos os beirais; em outros casos, o fato se justifica pela dificuldade de se encontrar uma solução técnica viável para comunicar fisicamente todo o deságüe do telhado com a cisterna, pois freqüentemente esta é situada em local que não facilita esse trabalho e, dessa forma, a área de captação é aproveitada de maneira parcial, reduzindo o potencial de armazenamento de água de chuva, líquido precioso na zona rural do SAB. As Figuras 10 e 11, ilustram essas situações.



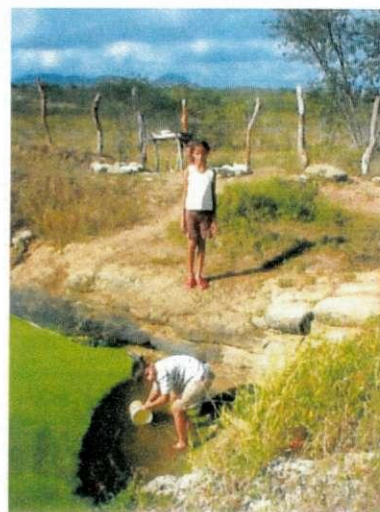
**Figuras 10 e 11** – utilização parcial da área de captação.

Alguns entrevistados referiram-se a problemas de perdas de água, durante o processo de captação, 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, impedindo que a água coletada chegue ao reservatório. Muitos desses problemas ocorrem por causa das 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.

Quem não consegue acumular água de chuva em quantidade suficiente para atender à demanda do ano todo, abastece a casa com água proveniente de poços artesianos e açudes da região, fornecida em carros-pipa, em ações emergenciais dos governos municipais, estaduais, etc.

É também comum em tempos de estiagem o deslocamento, geralmente em carros-de-boi, a distâncias consideráveis, em busca de água de beber. Há situações piores, em que essas distâncias são percorridas a pé e, em muitos casos, utilizando mão-de-obra infantil, prática comum na zona rural do SAB, conforme ilustrado nas Figuras 12 e 13.



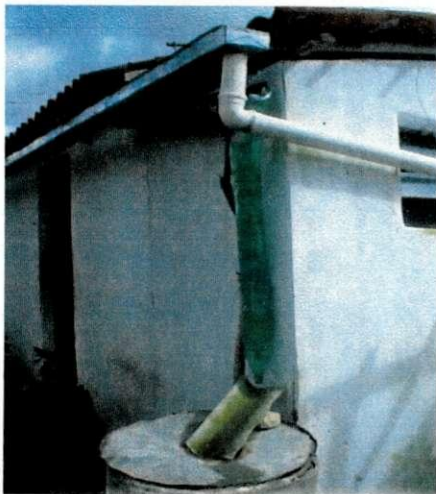
**Figuras 12 e 13** – Na busca de água utiliza-se animais e até mão-de-obra infantil.

Diante da dificuldade de 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 diversos 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 reutilizam vários materiais, a exemplo de garrafas PET (polietileno tereftalato), embalagens de flandres, câmaras-de-ar de motos e bicicleta, partes de telhas de fibrocimento, entre outros (Figuras 14 e 15).



**Figuras 14 e 15** - Calhas e dutos confeccionados por meio de reutilização de vários materiais.

Quanto aos suportes das calhas e dutos, as observações conduzem à constatação de que estes representam “o elo fraco no desempenho do sistema”, corroborando com afirmação de MWAMI (1999). Basicamente, todos os problemas relacionados às calhas estão diretamente associados aos suportes, ou a maneira de como estas são confeccionadas e fixadas ao telhado. A precariedade dos subsistemas de calhas, suportes e dutos observados na pesquisa, podem explicar, em grande parte, o baixo rendimento dos sistemas de captação instalados no assentamento. Os suportes são confeccionados geralmente com o material mais acessível possível, sendo muito comum a prática da reutilização de materiais, embora se ignorem determinados critérios sanitários. 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, como pode ser visto nas Figuras 16 e 17.



**Figuras 16 e 17** - Improvisação de calhas e suportes com materiais inadequados.

Além dos problemas de baixo desempenho, calhas inadequadas, feitas com 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, possibilitando a proliferação de doenças que se propagam facilmente por meio da água, como é o caso de cólera, febre tifóide, leptospirose, hepatite, entre outras, como citadas na Tabela 2.

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, por meio 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.

Em relação aos reservatórios, observou-se que, apesar de algumas cisternas terem sido instaladas 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 estes 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 armazenada, com o desenvolvimento de algas e outros agentes contaminantes.

#### 4.1.1.1 Localização das Cisternas em Relação às Residências

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 estiagem. Essa localização, que num primeiro momento pode ser encarada como ponto positivo, pois confere mais uma função ao reservatório, representa também um ponto desfavorável, uma vez que para se contemplar a segunda função, a cisterna é construída distante da casa, dificultando o processo de captação de água de chuva, como pode ser observado nas Figuras 18 e 19.

UFMG - BIBLIOTECA



**Figuras 18 e 19** – Cisternas construídas em locais distantes da casa para facilitar o acesso de carros-pipa. Na foto da direita, a captação de água de chuva parece ter papel secundário.

Esse tipo de solução, com a cisterna muito afastada do telhado, além de apresentar problemas de ordem estético-funcionais, representa fator 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 projeto de um sistema de captação. A partir da definição 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 1,50m 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 metros de fossas, latrinas, currais, pocilgas, etc, e a montante destes, para evitar riscos de contaminação da água.

#### **4.2. Sistemas de Captação Propostos**

Os modelos de sistema de captação de água, apresentados a seguir como alternativas 1,2,3,4 e 5, incluem, além do telhado, o sub-sistema de condução da água, formado por calhas e dutos. A concepção arquitetônica do telhado desses modelos teve como base o emprego de um madeiramento convencional, obedecendo às recomendações no tocante à declividade das águas e adotando como elementos de cobertura telhas cerâmicas tipo capa/canal, soluções tecnológicas de uso corrente na região. Buscou-se também racionalizar o sistema pela diminuição do número de componentes, que tem como consequência direta a redução do custo de implantação, que é um dos maiores entraves à viabilização de um projeto, sobretudo em áreas de populações de baixa renda. Um outro ganho que se tem com a redução dos componentes é a minimização da demanda de manutenção do sistema. Uma das soluções encontradas consistiu na eliminação dos suportes das calhas; foi constatado na pesquisa de campo que estes representam os mais importantes problemas no desempenho dos sistemas

analisados. Dessa forma, diferente dos sistemas convencionais, em que as calhas são fixadas por meio de suportes, em todas as alternativas desenvolvidas as calhas são apoiadas diretamente sobre o madeiramento da cobertura. A declividade necessária no beiral para o escoamento da água (em torno de 3%) deve ser implementada na estrutura do madeiramento ou inclinando-se o pé-direito da construção, na etapa da alvenaria.

As alternativas desenvolvidas podem ser adotadas tanto em casos em que já exista uma estrutura construída, quanto em casos em que a residência esteja sendo projetada. 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. Contudo, 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.

Todas as alternativas foram desenhadas considerando o uso de materiais e técnicas construtivas de usos correntes no SAB, a exemplo das calhas, propostas em chapa de aço galvanizado e dutos em tubos de PVC, linha esgoto (diâmetro de 75 mm).

#### **4.2.1 Alternativa 1**

Este modelo apresenta as seguintes características: telhado em duas águas, com cumeeira no sentido longitudinal, servindo de eixo de simetria da cobertura, Figura 20. Ao contrário de um telhado convencional onde os beirais terminam nivelados, nesta alternativa os beirais, em ambos os lados do telhado, tem suas extremidades desniveladas, definindo um caimento em torno de 3%, no sentido do escoamento desejado. Esta modificação, além de possibilitar a instalação das calhas diretamente sob o beiral, eliminando-se os suportes, não



ocasiona comprometimento estético nem funcional da cobertura, visto que o percentual de declividade é muito pequeno.

A inclinação do beiral pode ser conseguida tanto pelo desnivelamento das paredes (à altura do pé-direito), quanto pela 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. O escoamento da água se dá por meio 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.

#### **4.2.2 Alternativa 2**

Sendo uma variação da Alternativa 1, este modelo adota os mesmos princípios construtivos. Porém, diferente daquele, onde a água é direcionada para as extremidades, na Alternativa 2, conforme mostra a Figura 21, 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. Esse detalhe pode favorecer a montagem e manutenção do subsistema de calhas e condutores, uma vez que é mais fácil manusear duas peças pequenas do que uma única com o dobro do tamanho. A inclinação das calhas, no sentido do ponto de descarga, como no modelo anterior, está em torno de 3%. Também, como na alternativa 1, esta configuração sugere o uso de cisternas independentes, uma em cada lado da casa. Alguns pesquisadores aconselham a captação pelo uso de duas cisternas, sob a justificativa de que essa prática facilita o controle da qualidade bem como o manejo da água armazenada.

### 4.2.3 Alternativa 3

Diferente das anteriores, esta alternativa foi desenvolvida com o telhado em uma água. O ponto de convergência da água captada pode ser direcionado para o centro do beiral inferior; nesse caso utiliza-se duas seções de calha, como está mostrado na Figura 22. Desejando-se a coleta na extremidade do beiral, utiliza-se uma única seção de calha. O processo construtivo dessa alternativa é similar ao apresentado nas anteriores.

### 4.2.4 Alternativa 4

Esta alternativa apresenta telhado em duas águas, tendo como forma básica o quadrado, com cumeeira na diagonal, conforme pode ser observado na Figura 23. Os dois beirais de baixo são inclinados, com declividade em torno de 3%, onde são fixadas duas calhas, uma em cada lado induzindo a convergência da água captada para o ponto mais baixo da cobertura. O processo construtivo tomou como base o padrão empregado nas propostas anteriores. Esta alternativa foi selecionada para ser desenvolvida em nível de protótipo funcional, em escala reduzida, cujo desempenho pôde ser avaliado por meio de testes em laboratório.

### 4.2.5. Alternativa 5

Embora seja uma variação da alternativa anterior, no que diz respeito à concepção formal e ao aspecto construtivo, este modelo apresenta uma forma particular de captação de água. Enquanto nos modelos anteriores o escoamento da água captada ocorre na direção das extremidades do telhado, neste modelo o escoamento se dá no sentido inverso, ou seja, a água escoada das extremidades para o interior da cobertura, onde se localiza uma única calha inclinada, dobrada em perfil U ou V (rincão), instalada na diagonal do telhado conforme é apresentado na Figura 24.

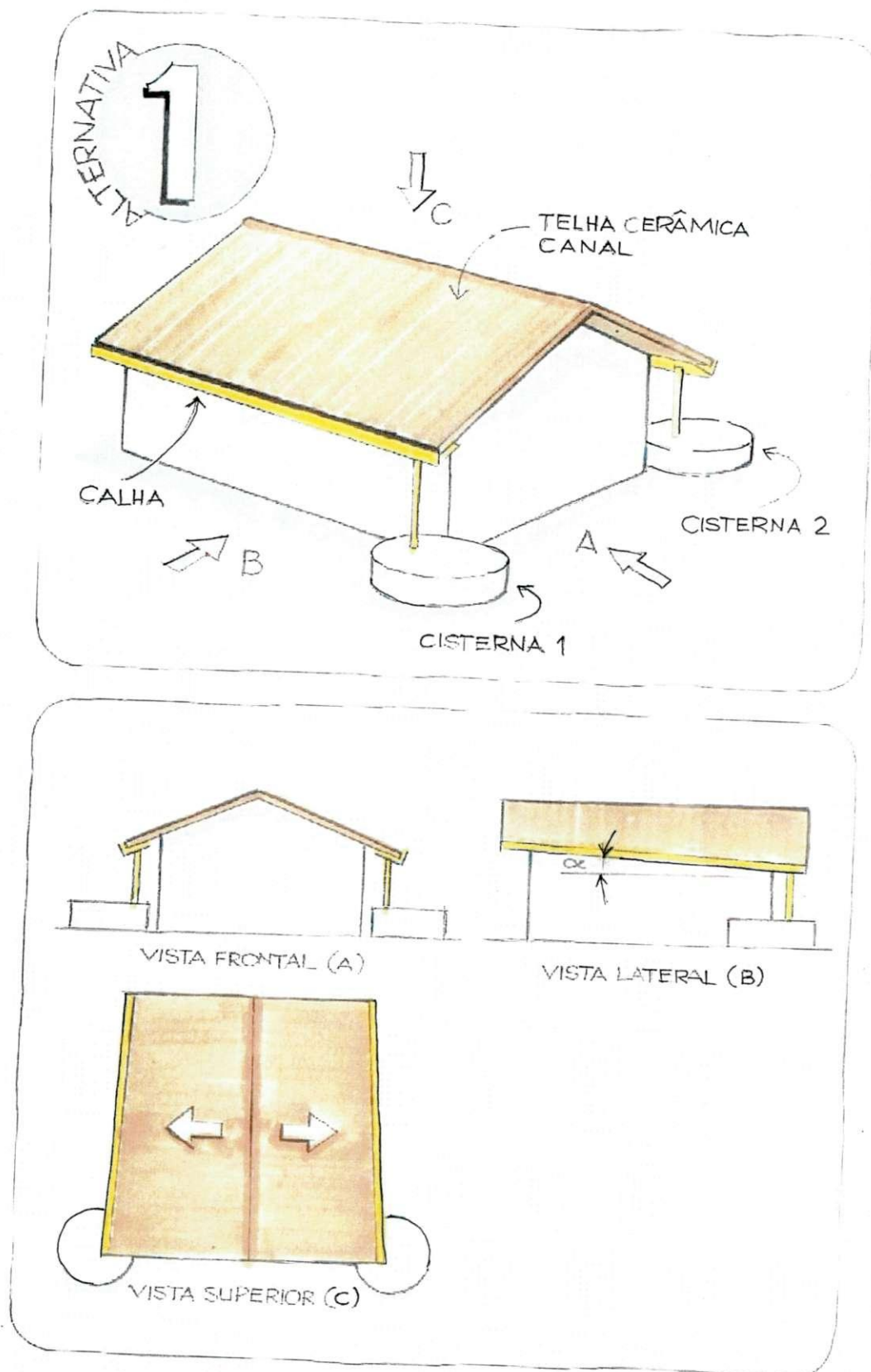


Figura 20 – Alternativa 1 apresentada em perspectiva e vistas ortogonais

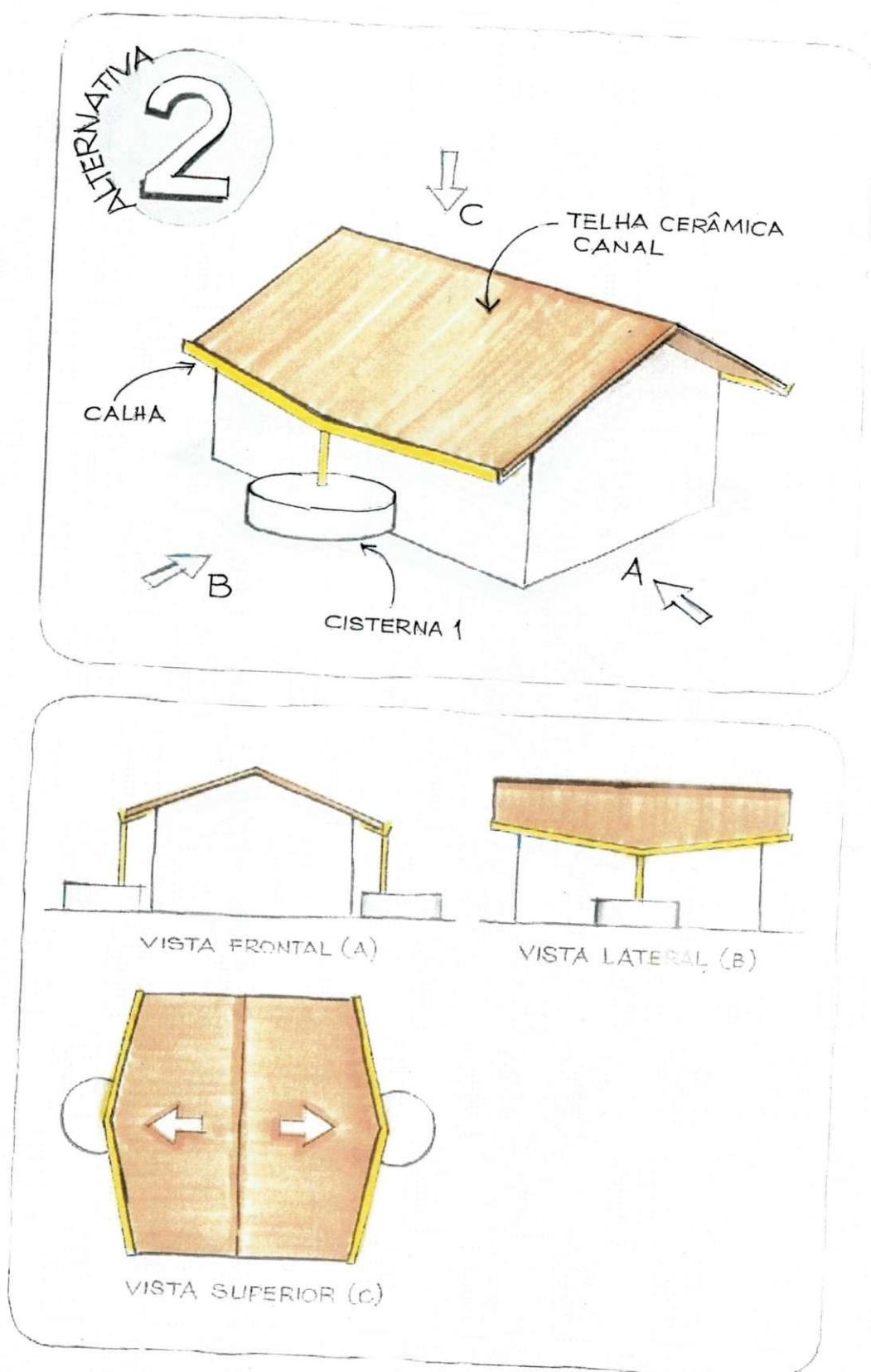


Figura 21 – Alternativa 2 apresentada em perspectiva e vistas ortogonais

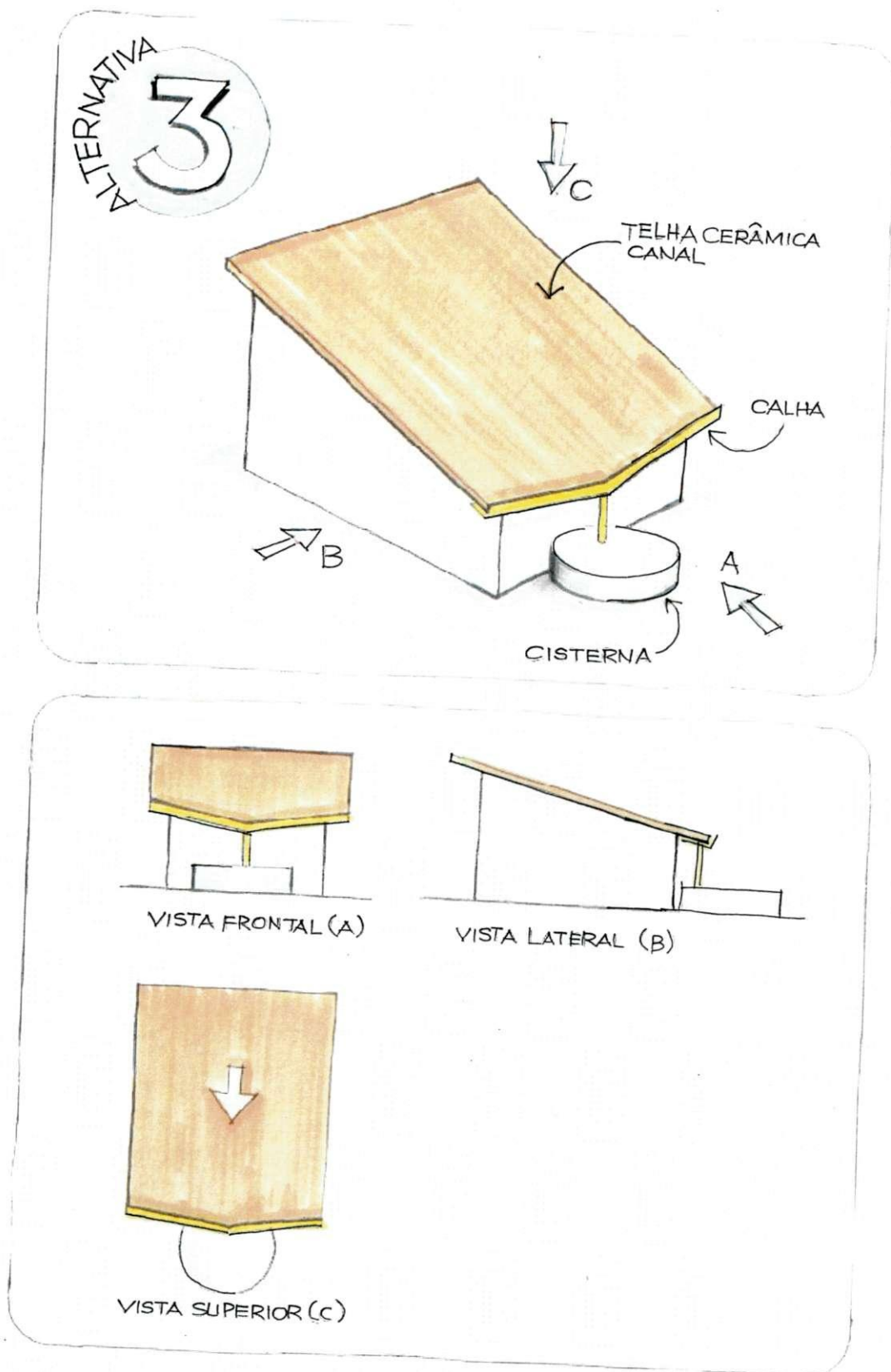


Figura 22 – Alternativa 3 apresentada em perspectiva e vistas ortogonais

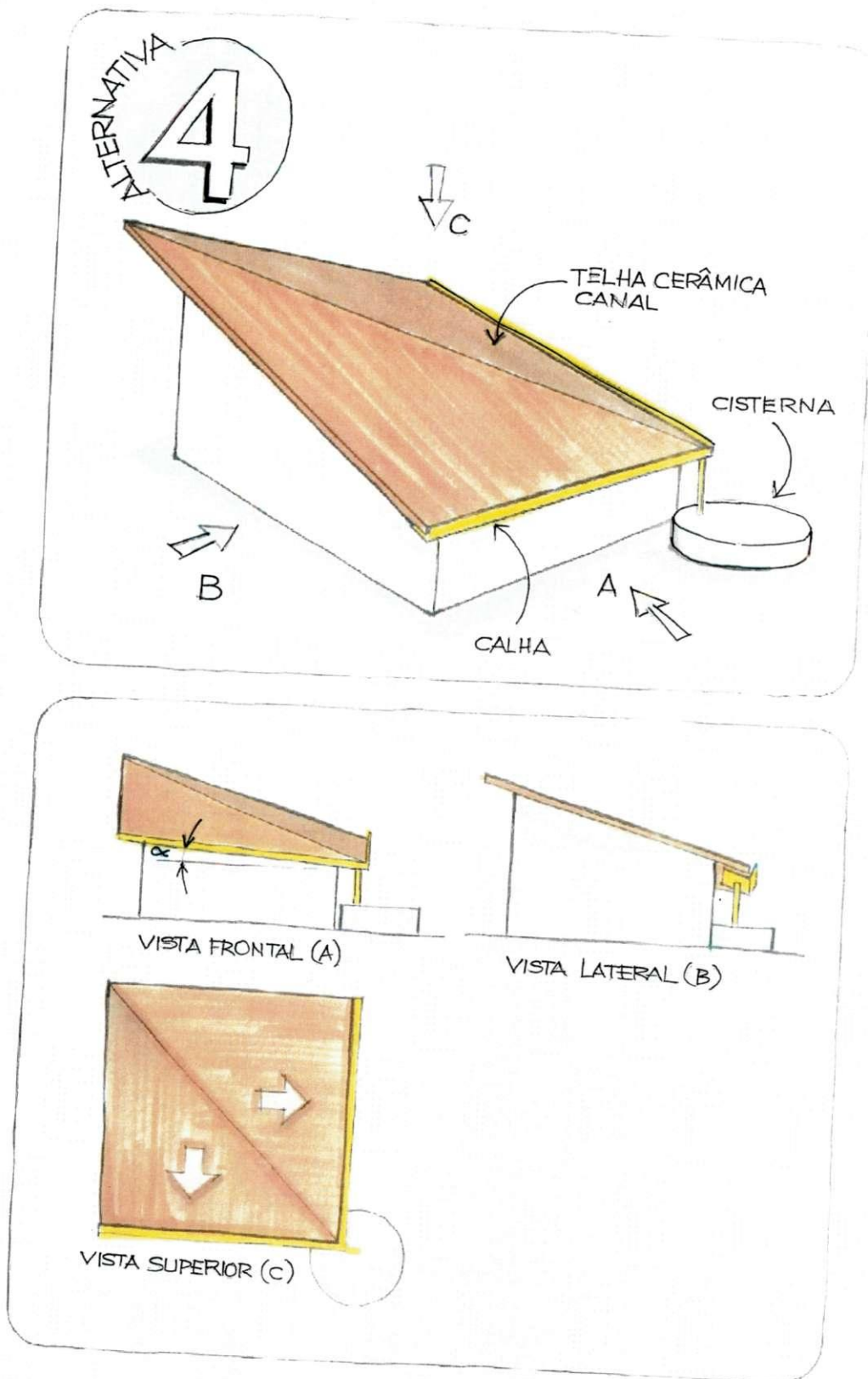


Figura 23 – Alternativa 4 apresentada em perspectiva e vistas ortogonais

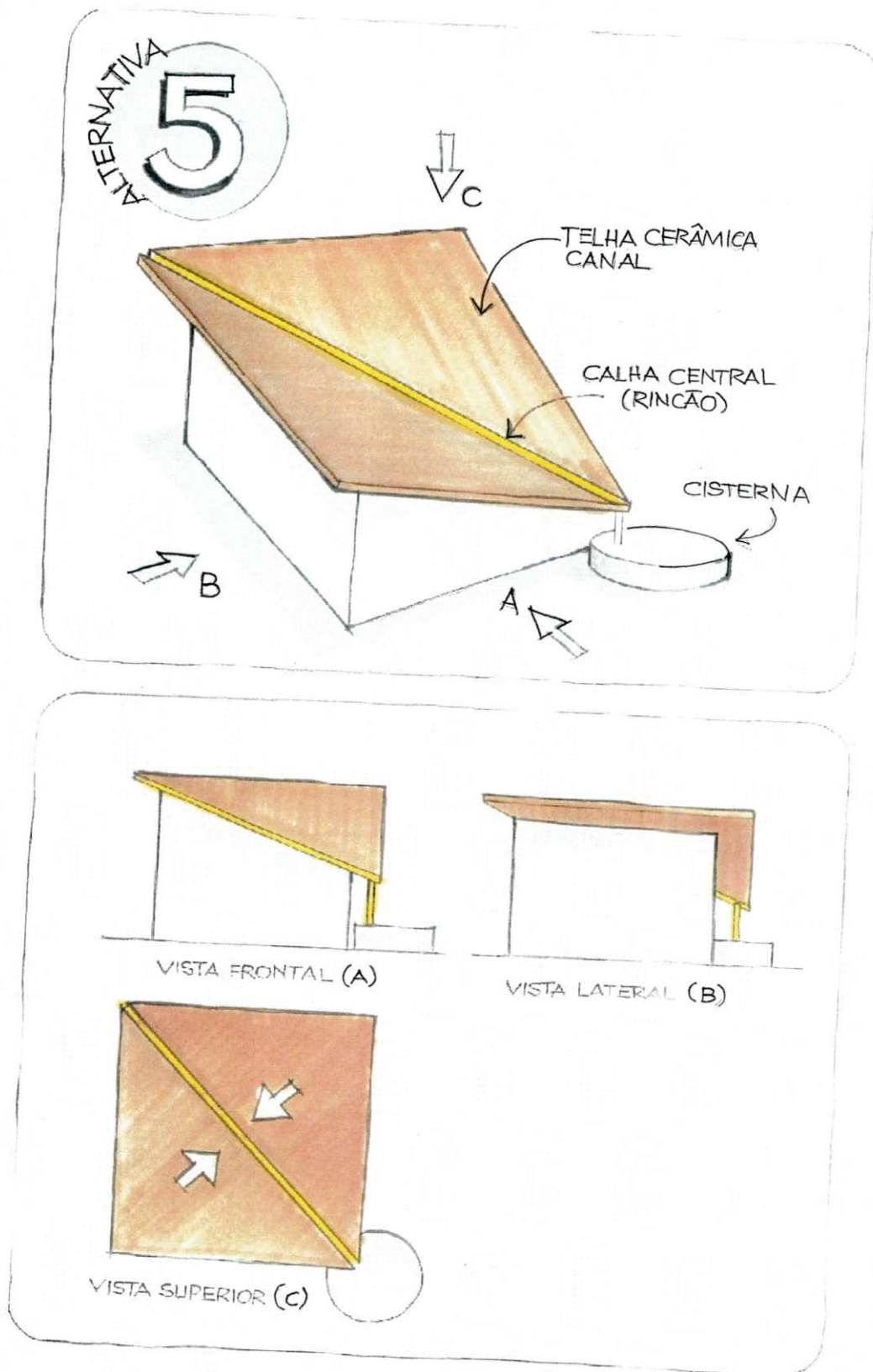


Figura 24 – Alternativa 5 apresentada em perspectiva e vistas ortogonais

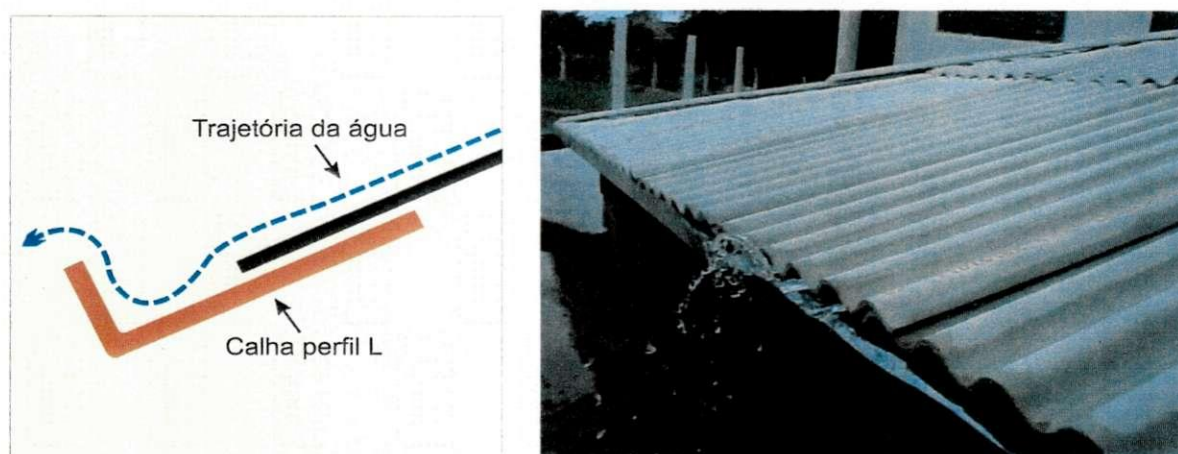
### 4.3. Ensaio de Eficiência das Calhas Coletoras

A fim de se chegar a um modelo ideal de calha coletora, foram desenvolvidas três propostas distintas desse componente, tendo sido cada uma delas instalada no telhado do protótipo. Esse procedimento possibilitou a realização de testes, pelos quais se comparou cada modelo de calha proposto no tocante à sua eficiência funcional e estética.

Atendendo a um requisito pré-estabelecido, as calhas foram instaladas diretamente sob o telhado do protótipo, sem a necessidade do uso de suportes, o que se constituiu em boa solução técnica, com ótimo desempenho funcional, além de representar ganhos econômicos, pela diminuição de componentes do sistema.

A configuração das calhas partiu da forma básica do perfil L. Em seguida, buscando solucionar problemas de estruturação e acabamento, foram desenvolvidos mais duas propostas, caracterizadas como perfil Z e perfil J.

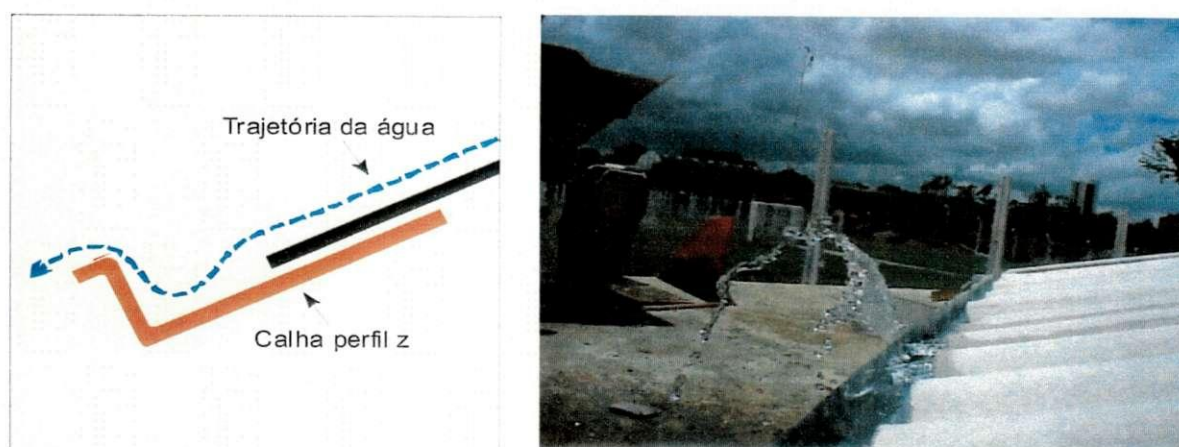
A calha perfil L foi desenvolvida a partir de uma única dobra que, embora sendo de fácil execução, não apresentou bom desempenho, revelando basicamente dois problemas: a conformação em L não possui rigidez suficiente para evitar deformações ao longo da calha e nos testes de desempenho funcional registrou-se o transbordamento da água por ocasião de fortes precipitações como pode ser visto nas Figuras 25 e 26.



**Figuras 25 e 26** – Desempenho da calha perfil L.

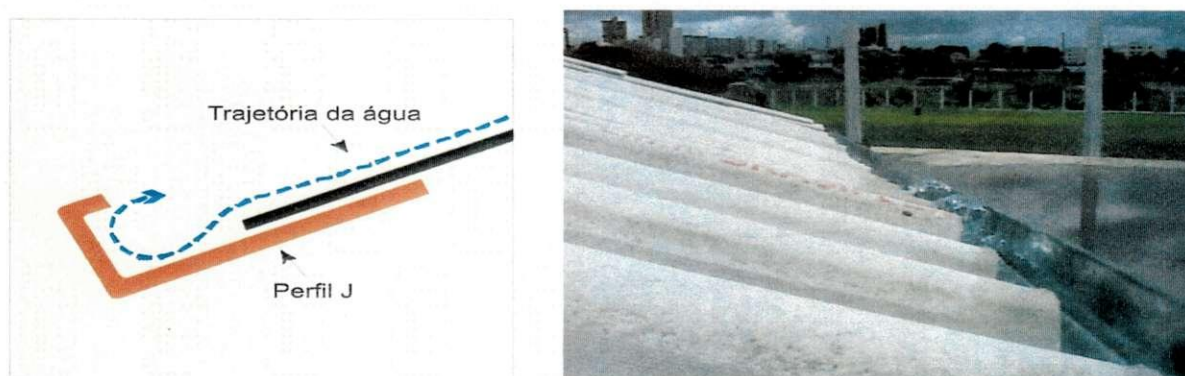


A calha perfil Z foi desenvolvida com duas dobras, sendo uma para dentro e outra para fora. Esta conformação apresentou rigidez superior ao modelo anterior, porém o problema do transbordamento persistiu conforme-se constata-se observando-se as Figuras 27e 28.



**Figuras 27 e 28** – Desempenho da calha perfil Z.

A calha perfil J, desenvolvida também por meio de duas dobras, sendo ambas para dentro, apresentou rigidez satisfatória, tal qual a de perfil Z, e ainda proporcionou excelente desempenho funcional. o fluxo d'água é direcionado para o interior da calha, evitando o transbordamento (Figuras 29 e 30). Este modelo revelou-se como o mais eficiente, tendo sido adotado no protótipo para a avaliação global da performance do sistema de captação de água.



**Figuras 29 e 30** – Desempenho da calha perfil J

#### **4.4. Avaliação Global da Eficiência Funcional do Sistema**

Os resultados obtidos dos testes realizados com o protótipo em laboratório e em condições de campo mostraram que a eficiência deste variou de 86%, a 92%. Verifica-se que os valores apresentados estão muito acima daqueles preconizados na literatura, a exemplo de JALFIM (2001), que recomenda considerar este valor em torno de 75% .

Acredita-se que a alta performance apresentada pelo protótipo deveu-se especialmente à eficiência do subsistema de condução, destacando-se o bom desempenho do tipo da calha perfil J e da solução adotada para integração dessa calha ao sistema de captação e ao reservatório.

Em todos os ensaios o conjunto de calhas apresentou perfeita estanqueidade, não apresentando problemas de transbordamento da água, não obstante a longa duração dos testes (duas horas).

Estes aspectos conferem ao modelo proposto importantes ganhos funcionais em relação aos sistemas analisados. Portanto, a adoção de sistemas com essas características resultará em maior acúmulo de água de chuva, possibilitando aos usuários maior disponibilidade desse precioso líquido e conseqüentemente melhoria em suas qualidades de vida.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

- 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 (suportes, calhas e dutos).
- A área média de telhado por residência pesquisada 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>.
- 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 de eficiência desses sistemas é decorrente das precárias condições de instalação das calhas coletoras e seus respectivos suportes e dutos.
- A eliminação dos suportes das calhas proporcionou uma simplificação no sistema, implicando em redução de custos pela economia de material e mão-de-obra, além de ganho de desempenho, comparado aos sistemas convencionais
- Os sistemas desenvolvidos podem ser adotados em casos em que já exista uma estrutura construída ou, com mais facilidade, em casos em que a residência esteja sendo projetada.
- Os dados obtidos nos testes com o protótipo revelam que este apresentou elevada eficiência, variando de 86 a 92 %
- A calha perfil J apresentou melhor desempenho na captação e condução da água, além de se caracterizar em uma peça com rigidez satisfatória e apresentar bom acabamento.

## 6. RECOMENDAÇÕES

- É possível a princípio, a adoção de qualquer alternativa de telhado apresentada, desde que se observem detalhes que permitam a adequação do modelo desejado às necessidades do usuário.
- É necessário que se promovam ações que visem aumentar a eficiência dos sistemas de captação de água de chuva por meio de telhados na comunidade de Paus Brancos.
- Defendemos a implantação de uma unidade do modelo testado, em condições reais na referida comunidade, bem como o acompanhamento do seu desempenho ao longo de uma estação chuvosa.
- De maneira geral, na implantação de unidades residenciais no meio rural, é importante considerar a prática da captação da água da chuva por meio dos telhados, cujo projeto deve contemplar todo o detalhamento necessário, tratando o sistema de captação como item essencial, integrado à estrutura física da edificação.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENDA 21. **Conferência das nações unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento**. 3 ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2000. 598p.

ALMEIDA NETO, M. A. **Uso da semente de moringa para purificação da água**. In: Anais da 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva. 1999. Petrolina, Pe.

AMORIN, M.C.C; PORTO, E.R. **Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no município de Petrolina-Pe**. Anais do 3º Simpósio Brasileiro de Captação de Chuva no Semi-árido. 2001. Campina Grande-PB.

ANJOS, J.B. **Água de chuva captada para armazenamento em cisternas rurais com sistema de pré-limpeza**. In: Anais da 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva. 1999. Petrolina, Pe.

APPAN, A. **Sistemas de captação de água de chuva: tecnologia, conceito, classificação, metodologia e aplicação**. In: Anais do 1º Simpósio sobre Captação de Chuva no Semi-árido Brasileiro. 1999. Petrolina-PE.

ARAÚJO, H.W.C. **Tratamento por filtro lento de esgotos sanitários pré-tratados para reuso na agricultura**. Campina Grande:UEPB,1998.120p. Dissertação Mestrado

ARIYANANDA, T. **Comparative review of drinking water quality from different rain water harvesting systems in Sri Lanka**. In: Anais da 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva. 1999. Petrolina, PE.

ARIYABANDU, R.S., **Problems and prospects of rainwater catchment for the 21<sup>st</sup> century**. In: Anais da 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva. 1999. Petrolina, PE.

ASABRASIL. **Caracterização do semi-árido brasileiro**. [www.asabrasil.org.br/Semiarido/body\\_semiarido.htm](http://www.asabrasil.org.br/Semiarido/body_semiarido.htm). Acesso em 10 out 2003.

BARACUHY, J.G.V. **Manejo integrado de microbacias no semiárido nordestino: estudo de um caso**. Campina Grande: UFPB, 2001. 221p. Tese Doutorado.

BARROS, R. **Saneamento**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG. 1995.221p.(Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios, 2)

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: Ed. Universitária/UFPB. 1995. 69p.

BRITO, J.I.B. **Captação de água de chuva em regiões de grande variabilidade interanual e interdecadal de precipitação**. Anais do 3º Simpósio Brasileiro de Captação de Chuva no Semi-árido. 2001. Campina Grande-PB.

BRITO, L.T.L. ; PORTO, E. R. **Cisterna rural: água para o consumo humano**. In: Anais do 1º Simpósio sobre Captação de Chuva no Semi-árido Brasileiro. 1997. Petrolina-PE.

CAVALCANTE, N.B.; BRITO, L.T. L; RESENDE, G.M. **Em busca de água no sertão do nordeste**. Anais do 3º Simpósio Brasileiro de Captação de Chuva no Semi-árido. 2002. Juazeiro, Ba.

CHAVES, R. **Manual prático de instalações hidráulicas e sanitárias**. Rio de Janeiro: Edições de ouro. 1979. 192p.

CRUZ, H. P.; COIMBRA, R. M; FREITAS, M. A.V. **Vulnerabilidade Climática, Recursos Hídricos e Energia Elétrica no Nordeste Brasileiro**. [www.ana.gov.br/semanadaagua/nordeste/vulnerabilidade\\_climatica.doc](http://www.ana.gov.br/semanadaagua/nordeste/vulnerabilidade_climatica.doc). Acesso em 10 out 2003.

DUARTE, A S. **Desenvolvimento do pimentão irrigado com água residuária tratada**. Campina Grande: UFPB.2002. 108p. Dissertação Mestrado

FNS - Fundação Nacional da Saúde. **Manual de saneamento**. 3ª. ed. Brasília: Ministério da Saúde. 1999. 374p.

FOLHA ONLINE. **Um sexto da população mundial não tem acesso à água**. <http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia>. 6 jun.2003.

GARCEZ, L.N. **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária**. 2ª. ed. São Paulo: Edgard Blucher. 1976.

GNADLINGER, J. **Apresentação técnica de diferentes tipos de cisternas construídas em comunidades rurais do semi-árido brasileiro**. In: Anais do 1º Simpósio sobre Captação de Chuva no Semi-árido Brasileiro. 1997. Petrolina-PE.

GNADLINGER, J. **Colheita de águas de chuva em áreas rurais**. In: 2º Fórum Mundial da Água, em Haia, Holanda.2000.7p.

GNADLINGER, J., **A contribuição da captação de água de chuva para o desenvolvimento sustentável do semi-árido brasileiro – uma abordagem**

**focalizando o povo.** In: Anais do 3º Simpósio Brasileiro de Captação de Chuva no Semi-árido. 2001. Campina Grande-PB.

GNADLINGER, J., **Captação de água de chuva e convivência com o semi-árido brasileiro na perspectiva de organizações populares.** In: Anais da 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva. 1999. Petrolina, Pe.

GONDIM, R. S. **Difusão da captação de água de chuvas no financiamento rural.** In: Anais do 3º Simpósio Brasileiro de Captação de Chuva no Semi-árido. 2001. Campina Grande-PB.

GOULD, J., **Is rainwater safe to drink? A review of recent findings.** In: Anais da 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva. 1999. Petrolina, Pe.

HAPUGODA D. **Sri Lanka's experiences with low cost extraction hand pump, storage cover, first flush and guttering in domestic rainwater catchment systems.** In: Anais da 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva. 1999. Petrolina, Pe.

HELLER, L; COSTA, A.M.L.M.; BARROS, R.T.V. **Saneamento e o município.** In: Barros, R. T.V.; Chernicharo, C.A.L.; Heller, L. von Sperling, M. (eds.). Manual de saneamento e proteção ambiental dos municípios. Vol 2. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG. 1995. cap 1. p 13-32.

HELLER, L; CASSEB, M.M.S. **Abastecimento de água.** In: Barros, R. T.V.; Chernicharo, C.A.L.; Heller, L. von Sperling, M. (eds.). Manual de saneamento e proteção ambiental dos municípios. Vol 2. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG. 1995. cap 4. p 63-112.

HELLER, L; MÖLLER, L. M. **Saneamento e saúde pública.** In: Barros, R. T.V.; Chernicharo, C.A.L.; Heller, L. von Sperling, M. (eds.). Manual de saneamento e proteção ambiental dos municípios. Vol 2. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG. 1995. cap 3. p 51-61.

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: Anais do 3º Simpósio Brasileiro de Captação de Chuva no Semi-árido. 2001. Campina Grande-PB.

JOHN, L.- **Estado das Águas no Brasil 2001-2002.** [www. Estadao. com. br / ext/ ciencia/agua/aguanobrasil\\_14.htm](http://www.Estadao.com.br/ext/ciencia/agua/aguanobrasil_14.htm) 10 set. 2003.

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.** Campina Grande: UFPB, 1991. 111p. Dissertação Mestrado.

LIMA, V.L.A. **Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de lisímetro de drenagem.** Viçosa: UFV, 1998. 100p. Tese Doutorado.

MALVEZZI, R. **Fazer água.** In: Assis R.D; Schidt, E. (eds). *Água de Chuva: O segredo da convivência com o semi-árido brasileiro.* Cáritas Brasileira, CPT, FIAN. São Paulo: Paulinas, 2001. Cap II, p.25-40.

MWAMI, J. **Barrier to the effectiveness of rainwater catchment systems .** In: Anais da 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva. 1999. Petrolina, Pe.

PEDROSA, H. C. **Capacitação de recursos humanos para construção de cisternas de placas no meio rural.** UFCG/PEASA, Campina Grande. 2003.

POLETO, I. – **Da indústria da seca para a convivência com o semi-árido brasileiro.** In: Assis R.D; Schidt, E. (eds). *Água de Chuva: O segredo da convivência com o semi-árido brasileiro.* Cáritas Brasileira, CPT, FIAN. São Paulo: Paulinas, 2001. Cap I, p.9-24.

SCHISTEK, H. 2001 – **Como conviver com o semi-árido.** In: Assis R.D; Schidt, E. (eds). *Água de Chuva: O segredo da convivência com o semi-árido brasileiro.* Cáritas Brasileira, CPT, FIAN. São Paulo: Paulinas, 2001. Cap II, p.41-60.

SILVA, S. A.; PORTO, E.R. **Utilização e conservação de recursos hídricos em áreas rurais do trópico semi-árido do Brasil: tecnologias de baixo custo.** Petrolina, Pe: EMBRAPA-CPATSA, 1982. 128p.

SILVA, S. A., BRITO, L.T L., ROCHA, H.M. **Captação e conservação de água de chuva no semi-árido brasileiro: cisternas rurais II; água para consumo humano.** Petrolina, Pe: EMBRAPA-CPATSA, 1988. 252p.

THOMAS, T.; REES, D. **Affordable roofwater harvesting in the humid tropics.** In: Anais da 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva. 1999. Petrolina, Pe.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva.** São Paulo: Navegar editora. 2003. 180 p.

Veja. **ONU alerta para escassez de água potável para os pobres.** [www.vejaonline.abril.com.br/notitia/servlet/newstorm.ns.presentation](http://www.vejaonline.abril.com.br/notitia/servlet/newstorm.ns.presentation). 5 jun. 2003.



von Sperling, E.; Möller, L. M. **Saneamento e meio ambiente**. In: Barros, R. T.V.; Chernicharo, C.A.L.; Heller, L. von Sperling, M. (eds.). **Manual de saneamento e proteção ambiental dos municípios Vol 2**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG. 1995. cap 2. p 33-49.

**ANEXO A**

## Questionário utilizado na pesquisa de campo

### DIAGNÓSTICO DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA DA COMUNIDADE RURAL DE PAUS BRANCOS

#### AMOSTRAGEM POR RESIDÊNCIA

Questionário Nº \_\_\_\_\_ Data: \_\_/\_\_/\_\_

1. Chefe da família: \_\_\_\_\_
2. Quantas pessoas moram na residência? \_\_\_\_\_
3. Consome água de chuva?  
( ) Sim ( ) Não
4. A residência dispõe de SCAC instalado?  
( ) Sim ( ) Não

#### NO CASO DE NÃO DISPOR DE SCAC

5. Qual o motivo de não captar água de chuva? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
6. Qual a origem da água de beber e cozinhar?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
7. Qual a mão-de-obra utilizada na tarefa do abastecimento da casa?  
\_\_\_\_\_
8. Quanto tempo é gasto nesta tarefa? \_\_\_\_\_
9. Qual a periodicidade do abastecimento?  
\_\_\_\_\_
10. A que distância se encontra a fonte de abastecimento?  
\_\_\_\_\_
11. Gostaria de poder contar com sistema de captação de água de chuva?  
( ) Sim ( ) Não

#### NO CASO DE DISPOR DE SCAC

12. Área do telhado da residência? \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>
13. Descrição do sistema condutor  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

14. Descrição do reservatório  
Tipo: \_\_\_\_\_  
Material: \_\_\_\_\_  
Capacidade: \_\_\_\_\_
15. O reservatório é suficiente para acumular toda a água do período chuvoso?  
( ) Sim ( ) Não
16. A água acumulada é suficiente para o consumo da família durante todo o ano?  
( ) Sim ( ) Não
17. Qual a quantidade de água consumida diariamente?  
Beber \_\_\_\_\_ litros  
Cozinhar \_\_\_\_\_ litros  
Outros \_\_\_\_\_ litros
18. Em quanto tempo é consumida a água acumulada? \_\_\_\_\_
19. Utiliza algum sistema de tratamento da água?  
( ) Sim ( ) Não
20. Quais os métodos e materiais utilizados no tratamento? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
21. Há quanto tempo foi instalado o SCAC?  
\_\_\_\_\_
22. De onde provieram os recursos?  
\_\_\_\_\_
23. Que mão-de-obra foi utilizada na implantação do SCAC?  
\_\_\_\_\_
24. O SCAC apresenta algum tipo de problema?  
( ) Sim ( ) Não  
Quais? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
25. Outras observações: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

SCAC- Sistema de captação de água de chuva