

CISTERNAS DOMICILIARES: ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Luiza Teixeira de Lima Brito

Aderaldo de Souza Silva

Everaldo Rocha Porto

Miriam Cleide Cavalcante de Amorim

Wêydjane de Moura Leite

4

Introdução

A cisterna é uma tecnologia milenar e pode responder aos parâmetros de qualidade e quantidade da água para beber das famílias de comunidades onde haja limitação de recursos hídricos, desde que sejam seguidos os critérios de dimensionamento, armazenamento e manejo da água coletada da chuva (Fig. 4.1)

Fig. 4.1. Cisterna domiciliar em comunidades rurais (Foto: Nilton de B. Cavalcanti, 2005).



Para viabilizar a utilização da cisterna no meio rural do Semi-Árido brasileiro, diversas pesquisas foram realizadas no início dos anos 80, pela Embrapa Semi-Árido, visando identificar materiais alternativos para construção do reservatório e de áreas de captação de água, tendo em vista que a maioria dos telhados das residências no meio rural não era adequado em tamanho ou qualidade para captar o volume de água necessário às famílias durante o período sem chuvas.

Nestes estudos, foi proposto utilizar uma área de captação no solo para complementar ou substituir o telhado das casas (Silva e Porto, 1982) (Fig. 4.2). Nestas condições, a cisterna deve ficar totalmente enterrada. Atualmente, esta alternativa está sendo, também, utilizada no Programa Um Milhão de Cisternas - P1MC, com o nome de cisterna calçadão (Farias Júnior et al., 2003) (Fig. 4.3).



Fig. 4.2. Cisterna com área de captação no solo revestido com lona plástica e brita (Foto: Nilton de B. Cavalcanti, 2005).



Fig. 4.3. Cisterna tipo calçadão, com a área de captação no solo (Fonte: Farias Júnior et al., 2003).

A partir desses estudos, surgiram alguns modelos de cisternas que, atualmente, fomentam o P1MC, cujo objetivo principal é fornecer água potável para um milhão de famílias no Semi-Árido brasileiro, a partir da captação da água de chuva (Programa..., 2004).

Dos modelos de cisternas existentes, alguns previamente citados, destaca-se a cisterna de placas pré-moldadas, que devido a facilidade de construção e baixos custos, foi escolhido para construção no P1MC. O modelo de cisterna de placas pré-moldadas tem capacidade de armazenamento de água de 16 m³, suficientes para atender às necessidades básicas de uma família com cinco pessoas, por um período sem chuvas de 240 dias.

Descrição da Tecnologia

A decisão de se construir uma cisterna implica, previamente, em um levantamento dos elementos necessários disponíveis na propriedade ou a serem providenciados, para compor o sistema de captação, armazenamento e manejo de água de chuva.

Elementos essenciais ao sistema de captação de água de chuva:

- **Localização** - o local selecionado para construção da cisterna deve estar situado longe de lixões, currais, fossas ou outros pontos de poluição que possam colocar em risco a qualidade da água e/ou comprometer a estrutura da cisterna. A cisterna deve ficar próxima à residência da família ou outras construções, para facilitar a colocação das calhas, tubos da área de captação e o próprio acesso à água;
- **Tanque de armazenamento** - é o reservatório para armazenamento da água da chuva, que pode ser construído utilizando diferentes materiais. Atualmente, o modelo mais utilizado é o de placas pré-moldadas, mas outros, como, por exemplo, o de tela de alambrado e cimento já está tendo boa aceitação, por apresentar custos compatíveis e flexibilidade no tamanho do tanque de armazenamento;
- **Área de captação** - é essencial para captar a chuva precipitada e permitir seu escoamento para o tanque por meio de calhas e tubos. Normalmente, é utilizado como área de captação

o próprio telhado das moradias, porém é necessário que, além do tamanho necessário, ele seja regular para captar toda a água da chuva;

- **Calhas** - toda cisterna deve contar com um sistema de calhas para conduzir a água da área de captação, normalmente o telhado das casas, para o tanque de armazenamento. Devem-se ter alguns cuidados com as calhas para que estas colem toda a água sem provocar desperdícios. Com as elevadas temperaturas comuns no semi-árido, geralmente as calhas de tubos de PVC se deformam, dificultando a captação da água, principalmente quando as chuvas apresentam maior intensidade;
- **Cerca de arame** - a cisterna deve ser cercada para evitar que pequenos animais (galinhas, cabritos) subam na cobertura e levem sujeiras para dentro da cisterna, como também, acidentes com crianças;
- **Calçada** - a cisterna deve conter uma calçada para evitar infiltrações da água de chuva nas laterais do tanque de armazenamento, que podem comprometer sua estrutura;
- **Sangradouro** - é essencial a colocação de sangradouro no tanque para permitir o escoamento do excedente da água armazenada;
- **Aeradores** - a cisterna deve conter tubos em suas paredes, para permitir a renovação do oxigênio dissolvido na água, podendo um desses aeradores ser o próprio sangradouro. Na extremidade desses tubos, deve existir um ralo ou uma tela para evitar a entrada de pequenos animais e materiais grosseiros;
- **Bomba** - para evitar o contato direto com a água e, em alguns casos, o uso de vasilhas não adequadas para retirar a água, a cisterna deve conter uma bomba manual. A água pode ser bombeada diretamente para um reservatório menor localizado na cozinha da casa;
- **Porta** - a cisterna deve conter uma porta para permitir sua limpeza, a qual deve ser mantida fechada para evitar acidentes com crianças e animais.

Parâmetros de dimensionamento

Para garantia da água para consumo das famílias, em quantidade suficiente, qualitativamente adequada e oportunamente disponível, é necessário que alguns parâmetros sejam bem definidos, principalmente aqueles relacionados ao número de usuários da água e seu consumo, ao período sem ocorrência de chuvas, ao tamanho da área de captação e à precipitação média da região. Além disto, depois de construída, a cisterna necessita de um manejo da água adequado para evitar contaminação e preservar sua qualidade (Silva et al., 1984).

Volume de água necessário (V_{NEC}) à família

A quantidade de água que uma pessoa necessita para beber e realizar suas atividades básicas de cozinhar e higiene mínima, como lavar o rosto, é de 14 litros por dia (Silva et al., 1984), representada na equação abaixo pelo consumo (c) da família ou das pessoas que utilizam a água da cisterna para beber. Assim, para dimensionar a água da família, deve-se conhecer o número total de pessoas (n) que irá utilizar a água da cisterna, bem como o período sem chuvas de cada região.

No dimensionamento de uma estrutura hídrica, devem ser considerados os “eventos críticos” relacionados à ocorrência das chuvas. No caso da cisterna, é o período máximo que não chove na região, mas que as famílias continuam necessitando de água para sua manutenção. No dimensionamento do volume total de água para as famílias, foi considerado um período (p) de 240 dias por ano sem chuvas. O volume total (V_{NEC}) é dado pela seguinte equação:

$$V_{NEC} = n \times c \times p \quad (m^3) \quad (1)$$

em que:

V_{NEC} = volume de água da família (m^3);

n = número total de pessoas da família (unid.);

c = consumo médio de água por pessoa, por dia, estimado em 14 litros (L);

p = período sem chuvas, considerado de 240 dias por ano (dias).

Na prática, o volume atual de água fornecido pelo P1MC-ASA (16,0 m^3) atende às necessidades básicas de famílias com 05 (cinco) pessoas no

máximo, considerando um período de consumo de 240 dias, que corresponde ao período médio sem chuvas na maioria dos municípios do Semi-Árido brasileiro.

Área de Captação (A_C)

No dimensionamento da área de captação (A_C), além do volume (V_{NEC}) de água a ser armazenado na cisterna para atender às necessidades das famílias, é preciso conhecer, também, a precipitação (P_{MED}) que ocorre no município e a eficiência do escoamento superficial (C) da água. Os valores de “ C ” estão apresentados na Tabela 4.1 para vários tipos de revestimento de áreas de captação. Para áreas cobertas com telhas de cerâmica, esse valor corresponde a 0,7. Assim, a área de captação (A_C) é calculada pela equação:

$$A_C = \frac{V_{NEC}}{P_{MED} \times C} \quad (2)$$

em que:

V_{NEC} = volume de água da família (m^3);

P_{MED} = precipitação média dos anos mais secos (mm);

C = coeficiente de escoamento superficial.

Tabela 4.1. Valores médios do coeficiente de escoamento superficial (C) de acordo com as características do material usado na cobertura da área de captação (A_C). Fonte: Silva et al. (1984).

Materiais utilizados na A_C	$C_{MÉDIO}^*$
Cobertura de polietileno	0,90
Cobertura de argamassa de cimento e areia	0,88
Cobertura com asfalto	0,88
Cobertura com telha de barro	0,75
Cobertura com lona plástica e seixo rolado	0,70
Solo de textura fina raspado com lâmina	0,55
Solo de textura fina em pousio	0,24
Solo de textura grossa	0,20
Área com cobertura de capim búfel e drenos coletores	0,15

No caso das precipitações ocorrentes em cada município, deve ser considerado, no dimensionamento da área de captação (A_c), o valor correspondente à média dos anos mais críticos de uma série mínima de dez anos, ou calcular a precipitação média utilizando-se a Distribuição Normal de probabilidade, por meio de Quantis (25^{percentil}), como mostrado no Capítulo 2. Isto dará maior segurança quanto à ocorrência das chuvas e possibilitará que mesmo nos anos de seca a precipitação que ocorra nesse município seja suficiente para encher a cisterna.

Geralmente, no Semi-Árido brasileiro, apenas 3 (três) em cada 10 (dez) anos são considerados normais quanto às precipitações pluviométricas (Porto et al., 1983). Daí a importância de se considerar essa variável no dimensionamento de estruturas hídricas, principalmente aquelas voltadas para armazenar água de beber. Logo, municípios com maiores valores de precipitações necessitarão de menores áreas de captação para um mesmo volume de água a ser armazenado e vice-versa.

Em função da limitação do tamanho das áreas de captação, alguns reservatórios podem não encher com as baixas precipitações anuais que ocorrem em algumas regiões. Para aumentar a eficiência do tamanho das áreas de captação, duas alternativas podem ser implementadas:

- melhorar a qualidade das áreas de captação que apresentarem problemas, ou seja, melhorar o telhado das residências em tamanho e em qualidade;
- aproveitar ao máximo a área disponível, colocando-se calhas em todas as laterais do telhado.

Considerando esses parâmetros de dimensionamento do volume de água e da área de captação, pode-se garantir que a cisterna fornecerá a quantidade de água necessária à família, mesmo nos anos mais secos, desde que não ocorram desperdícios. Para isso, as famílias necessitam ser capacitadas quanto à máxima eficiência de uso da água.

A Tabela 4.2 apresenta as necessidades de água para uma família com número total de pessoas igual a 1, 4, 8 e 12, o que corresponde a um volume (V_{NEC}) igual a 3,36; 14,44; 26,88 e 40,32 m³ de água armazenada na cisterna, respectivamente. Também, a A_c dimensionada para situações diferenciadas dos valores de precipitações médias anuais (mm) para os anos secos ($P_{25\text{percentil}}$) de 282,9; 1.316; 617,63 e 946,15 mm, para os municípios

Tabela 4.2. Necessidades de água (V_{NEC}) e de áreas de captação (A_c) em função da precipitação média anual do período seco para os municípios de Casa Nova e Teofilândia (Bahia) e Bom Jardim e Ipubi (Pernambuco).

Valores	Municípios			
	Casa Nova	Teofilândia	Bom Jardim	Ipubi
	Bahia		Pernambuco	
Série (anos)	22	18	78	20
Anos secos	5	11	19	5
Quantidade de dias sem chuvas por ano	240	240	240	240
Pmédia anual (mm)	384,9	1.564,3	1.102,6	946,15
Pmédia anual: 25% (mm)	282,9	1.326	812,15	617,63
Nº pessoas / família	Necessidade de água: V _{NEC} (m ³)			
1	3,36	3,36	3,36	3,36
4	13,40	13,40	13,40	13,40
8	26,88	26,88	26,88	26,88
12	40,32	40,32	40,32	40,32
	Área de captação: A _c (m ²)			
1	15,84	3,38	5,52	7,25
4	63,34	13,51	22,06	29,01
8	126,69	27,03	44,13	58,03
12	190,03	40,54	66,19	87,04

de Casa Nova e Teofilândia, na Bahia, Ipubi e Bom Jardim, em Pernambuco, enquanto que as precipitações médias anuais para esses municípios são de 384,95 mm; 1.564,35 mm; 1.102 mm e 946,15 mm, respectivamente.

O volume de água necessário (V_{NEC}) para atender às famílias com 1, 4, 8 e 12 pessoas não varia entre os municípios, devido à variável principal “número de pessoas da família” ser igual para todos. No que se refere à área de captação (A_c), como esta varia em função da precipitação pluviométrica de cada município, pode-se observar que ocorreram variações

significativas nos tamanhos da A_c para captar o mesmo volume de água. Um volume de água necessário (V_{NEC}) para quatro pessoas corresponde a $13,4 \text{ m}^3$ e as áreas de captação (A_c) variaram de $63,34$ a $13,51 \text{ m}^2$ respectivamente para os municípios de Casa Nova e Teofilândia, na Bahia.

Quando planejada com base nas necessidades da família, a cisterna pode garantir a quantidade, a qualidade e a oportunidade de água potável necessária para o consumo familiar nas comunidades rurais.

Valores de referência de qualidade da água

A qualidade da água é definida por sua composição e pelo conhecimento dos efeitos que seus constituintes podem causar no ambiente, em especial na saúde do homem. Padrões de qualidade de água variam em função do uso. Para consumo humano, a legislação brasileira, por meio da Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde (Brasil, 2004), dispõe que toda água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água, e define ...

“água potável é aquela cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendem ao padrão de potabilidade e não oferece risco à saúde”

Formas de tratamento da água de beber

O padrão de potabilidade da água para consumo humano é obtido por meio de diferentes formas de tratamento da água. O maior desafio é escolher o sistema apropriado para cada situação específica. As companhias de abastecimento de água, normalmente, efetuam as seguintes etapas (Compesa, sd):

- **Floculação** - é o processo em que a água recebe uma substância química denominada de “sulfato de alumínio”, com o objetivo de aglutinar e decantar as impurezas maiores, facilitando sua remoção;
- **Filtração** - a água passa por várias camadas de materiais filtrantes para reter as partículas menores, não retidas no processo anterior;
- **Desinfecção** - este processo assegura a proteção contra riscos de infecções de origem hídrica, ou seja, a destruição de microorganismos

presentes na água. A desinfecção pode ser efetuada por métodos físicos, como ebulição e raios ultravioleta, ou métodos químicos, com a utilização de reagentes. Os reagentes mais comuns são o cloro e seus derivados e o ozônio, junto com bióxido de cloro;

- **Fluoretação** - é uma etapa complementar, em que o flúor é aplicado à água e tem a função de colaborar para redução da incidência de cáries dentárias, essencial às crianças.

Os padrões de qualidade foram definidos para água para consumo humano, quer seja distribuída por sistemas convencionais, como exemplo no meio urbano, pelas companhias de abastecimento de água, quer seja por soluções alternativas, como no caso das cisternas que armazenam água de chuva para o consumo das populações rurais do Semi-Árido brasileiro. No entanto, a Portaria diferencia as tolerâncias quanto ao monitoramento espacial das fontes hídricas. No caso das cisternas, para uma melhor garantia da qualidade da água, recomenda-se:

- **Manejo da cisterna** - lavar e desinfetar a cisterna pelo menos uma vez por ano, sempre antes do início das novas chuvas, de forma que não ocorra mistura da água antiga com a nova. Porém, é importante não deixá-la sem água, pois isso pode provocar rachaduras e possíveis infiltrações;
- **Primeiras águas** - a água das primeiras chuvas deve ser eliminada, pois, normalmente, esta primeira água lava o telhado das casas, que pode conter fezes de pequenos animais, poeira, folhas secas, restos animais, entre outras sujeiras, que podem contaminar a água da cisterna. Para isto, já existem alguns equipamentos que, com muita facilidade e baixo custo, realizam essa tarefa, como mostra a Fig. 4.4.



Dispositivo para desvios das 1ªs. águas de chuva

Fig. 4.4. Dispositivo para desvio das primeiras águas de chuva. (Foto: Aderaldo de S. Silva, 2006).

Os processos mais baratos de tratamento de água, que requerem menos tecnologias, são os métodos simples, como fervura da água - prática pouco comum -, filtragem com areia ou filtro doméstico, exposição da água ao sol e adição de água sanitária à água. No meio rural do Semi-Árido brasileiro, as formas de tratamento da água de beber, normalmente, resultam na filtração e cloração, principalmente as águas de chuva armazenadas em cisternas, após o Programa Um Milhão de Cisternas - P1MC.

O cloro utilizado no processo de desinfecção da água apresenta-se em forma de cloro gasoso, de hipoclorito de sódio ou de hipoclorito de cálcio (em pó). Este é o biocida mais empregado na desinfecção da água. A escolha do produto a ser utilizado ocorre em função de uma série de fatores, como quantidade necessária do reagente, facilidade da operação, segurança, custo, etc. Após o tratamento com cloro, permanece, na água, certa quantidade de cloro residual, bem como subprodutos da desinfecção.

A Organização Mundial de Saúde - OMS considera que uma concentração de $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ de cloro livre residual na água, depois de um tempo de contato de 30 minutos, garante uma desinfecção satisfatória. Por outro lado, a OMS salienta que não se observa nenhum efeito nocivo à saúde no caso de concentrações de cloro livre que cheguem a 5 mg L^{-1} . Esta concentração foi considerada como um valor de referência e não um valor a ser alcançado (Bonnefoi, 1999).

A Tabela 4.3 contém dosagens diferenciadas do produto à base de cloro (hipoclorito de sódio), que deve ser utilizado em função do volume de água a ser desinfetado. Alerta-se para a recomendação de aguardar, no mínimo, 30 minutos após a aplicação do produto, para poder consumir a água.

Além da dosagem adequada do hipoclorito de sódio e do tempo de espera para consumir a água, a eficácia do processo de desinfecção depende dos valores de algumas variáveis da água no momento da desinfecção (Bonnefoi, 1999). É importante observar os limites das variáveis apresentados na Tabela 4.4. A redução da turbidez da água só se consegue por meio de uma filtragem eficaz.

Tabela 4.3. Quantidade de produto à base de cloro líquido para desinfecção de água destinada ao consumo. Fontes: Amorim; Porto (2001); Jornal Abiclor (2001).

Produto	Quantidade	Volume de água (Litros)	Tempo de espera (minutos)
Hipoclorito de Sódio (10%)	20 mL ou duas colheres de sopa	1.000	30

Turbidez	<0,5 NTU
pH	<8,0
Cloro residual livre	>0,5mg/L
Tempo de retenção	>30 minutos

Tabela 4.4. Variáveis que influenciam na eficácia do processo de desinfecção.

Normalmente, as águas de chuva armazenadas em cisternas apresentam valores de turbidez abaixo do limite recomendado, ou seja, são águas límpidas, claras, sem material em suspensão.

Doenças relacionadas à água contaminada

A qualidade da água, em particular a qualidade microbiológica, tem uma grande influência sobre a saúde do homem. Se não for adequada, pode ocasionar doenças e causar sérias epidemias. A água contaminada pode transmitir grande variedade de doenças infecciosas, como apresentado na Tabela 4.5.

Valores de Referência de Qualidade da Água

A qualidade da água para consumo humano é tão importante quanto a sua quantidade, visto que a qualidade tem incidência direta sobre a saúde humana, pois, além de solvente universal, é um veículo para muitos microrganismos patogênicos, podendo, também, conter alguns valores de seus elementos fora dos limites recomendados. Os valores de referência de qualidade da água indicam a concentração máxima desejável de um componente, de modo a não acarretar riscos à saúde do consumidor.

No Brasil, estes valores são regidos pela Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde (Brasil, 2004), sendo alguns apresentados em síntese na Tabela 4.6 e descritos abaixo. Porém, ressalta-se que

os valores de referência estabelecidos nesta Portaria foram definidos para qualidade de água cujo fornecimento é efetuado por companhias de distribuição no meio urbano, em que as águas passam por processos de tratamentos diferenciados, diferentemente do meio rural, onde as famílias, normalmente, concorrem com animais pela água de uma mesma fonte hídrica, uso na irrigação e outros usos menos nobres.

Tabela 4.5. Principais doenças relacionadas com água contaminada e os agentes causadores. Fonte: <http://www.ambientebrasil.com.br/agua/doce/doencas.html>

Doenças	Agentes causadores
Origem Bacteriana	
Febre tifóide	Salmonella typhi
Febre paratífóide	Salmonella paratyphi A e B
Disenteria bacilar	Shigella sp
Cólera	Vibrio cholerae
Gastrointestinais agudas e diarreias	Escherichia coli enterotoxigena
	Campylobacter
	Yersinia enterocolitica
	Salmonella sp.
	Shigella
Origem Virótica	
Hepatites A e F	Vírus Hepatitis A e F
Poliomielite	Vírus da Pólio
Gastrointestinais agudas e diarreias	Vírus de Vorwak
	Botavírus
	Enterovírus
	Adenovírus, etc.
Origem Parasitária	
Disenteria amebiana	Entamoeba histolytica
Gastroenterite	Giárdia lamblia
	Criptosporidium

Tabela 4.6. Valores de referência para potabilidade da água destinada ao consumo humano. ¹Valor máximo permitido; ²Unidade Hazen (mg Pt-Co/L); ³Critério de referência. Fonte: Brasil (2004).

Parâmetros	Unidade	VMP ¹
Padrão microbiológico de potabilidade		
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes	-	Ausência em 100 ml
Coliformes totais	-	Ausência em 100 ml
Padrão de turbidez		
Turbidez	UNT	5,0
Padrão de potabilidade para algumas substâncias químicas		
PH	-	6,0 – 9,5
Alumínio	mg/L	0,2
Nitrato (NO ₃ _N)	mg/L	10,0
Nitrito (NO ₂ _N)	mg/L	1,0
Amônia (NH ₃)	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cobre	mg/L	2,0
Dureza	mg/L	500
Ferro	mg/L	0,3
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1.000
Desinfetantes e produtos secundários		
Cloro livre	mg/L	5,0
Clorito	mg/L	0,2
Aspectos Organolépticos		
Cor aparente	uH ²	15,0
Odor/Gosto	-	Não objetável ³

Estudo de Caso

Em quatro municípios dos sertões pernambucano e baiano, foram realizados estudos integrados sobre captação, armazenamento e manejo de água de chuva como função de produção agrícola e consumo humano e animal, visando aumentar a disponibilidade de água no meio rural. A partir destes estudos, foi possível definir medidas de melhoria e conservação da qualidade das águas, com reflexos na redução dos índices de doenças no meio rural e manutenção da capacidade produtiva dos solos, por meio de sistemas de preparo dos solos.

Para isto, foi realizado o monitoramento da qualidade física, química e bacteriológica referente a coliformes fecais e totais das águas destinadas ao consumo humano, armazenadas em cisternas provenientes da chuva e abastecidas com carros-pipa, visando identificar as causas e definir medidas de recuperação e manutenção de sua qualidade e redução dos índices de doenças de veiculação hídrica no meio rural. Foram identificados os principais usos das águas armazenadas nas cisternas e as formas de manejo e tratamento aplicados às águas, quantificado o uso da mão-de-obra disponibilizada pela família na tarefa de buscar água para atender às necessidades de consumo humano e às atividades domésticas no Semi-Árido brasileiro, como, também, as formas de transporte e armazenamento destas águas.

Os resultados obtidos nas comunidades rurais dos municípios avaliados confirmam que antes das cisternas, as famílias caminhavam diariamente longas distâncias para buscar água e, assim, atender a suas necessidades básicas, despendendo, em média, até uma hora por dia para realizar essa atividade, principalmente em Canudos e Uauá, Bahia, com um maior número de pessoas, 32 e 25, respectivamente. Em Petrolina-PE, 35 famílias afirmaram realizar essa tarefa em mais de uma hora por dia (Tabela 4.7).

O volume de água armazenado nas cisternas (16,0 m³) é suficiente para atender às necessidades básicas de famílias com até cinco pessoas durante o período seco, como dimensionado anteriormente. Como o número de pessoas variou de 1 a 14 nos municípios, e considerando um período sem chuvas de 300 dias, o volume de água necessário variou na mesma proporção, de 4,2 a 58,8 m³, o que implica na continuidade da dependência do carro-pipa para aquelas famílias com um número de pessoas por família maior que cinco e, normalmente, as águas transpor-

tadas pelos carros-pipa são provenientes de açudes ou rios, que não têm garantia de qualidade. Observou-se, também, que as áreas de captação que correspondem aos telhados das casas, na maioria, são suficientes para captar o volume de 16 m³ (Tabela 4.8). Dentro das residências, as famílias armazenam a água de beber em jarras, potes ou baldes, embora algumas famílias usem filtros com vela ou outros modelos que apresentem menores custos (Fig. 4.5 a 4.8, Tabela 4.7).

Tabela 4.7. Número de famílias correspondentes às variáveis analisadas relativas às cisternas nos municípios de Petrolina e Ouricuri (PE) e Canudos e Uauá (BA).

Variáveis	Alternativas	Municípios			
		Petrolina	Ouricuri	Canudos	Uauá
Nº famílias analisadas		60	46	61	58
Distância percorrida (km)	< 1,0	19	25	14	22
	1,0-3,0	33	17	38	24
	> 3,0	4	0	6	2
Tempo de busca da água (h)	< 0,5	11	23	47	8
	0,5-1,0	14	16	32	25
	> 1,0	35	15	14	25
Busca da água	Adulto	12	12	43	43
	Criança+animal	3	1	0	2
	Adulto+animal	41	33	11	13
	Carro-pipa	4	0	6	0
A água é suficiente?	Sim	1	38	35	35
Uso principal da água	Beber	57	46	46	58
Limpeza da cisterna	Anual	30	44	37	47
	Bianual	30	2	5	8
	Nunca	0	0	1	3
Retirada água de cisterna	Manual	60	46	59	56
Recebe água carro-pipa	Sim	36	27	26	40
Tratamento da água	Filtra	0	0	10	50
	Cloro	54	29	8	4

Tabela 4.8. Dimensionamento do volume de água (V_{NEC}) necessário às famílias em função do número de pessoas (N_{PE}), da área de captação atual e necessária (AC_{ATUAL} , AC_{NEC} .) e da precipitação média anual (P_M) de cada município.

Variáveis	Municípios			
	Petrolina	Ouricuri	Canudos	Uauá
	PE		BA	
Nº Pessoas por família	1 - 12	1 - 11	1 - 14	1 - 14
V_{ATUAL} (m ³)	16			
Consumo água pessoa (L/dia)	14			
Período sem chuvas (dias)	300			
$V_{NECESSÁRIO}$ (m ³)	4,2 - 50,4	4,2 - 46,2	4,2 - 58,8	4,2 - 58,8
P_M (mm)	430,4	585,1	454,2	495,2
Série (anos)	69	66	78	54
AC_{ATUAL} (m ²)	10 - 200	27 - 168	25 - 126	22 - 120
AC (m ²): $V = 16,0$ m ³	26	19,4	25	23
AC (m ²): V_{NEC} (m ³)	7 - 82	5 - 55	7 - 91	6 - 83



Fig. 4.5. Barragem com escoamento do excesso de água de chuva. (Foto: Nilton de B. Cavalcanti, 2005).



Fig. 4.6. Forma de transporte da água para uso pelas famílias. (Foto: Aderaldo de S. Silva, 2005).



Fig. 4.7. Forma de armazenamento da água de beber das famílias. (Foto: Aderaldo de S. Silva, 2005).



Fig. 4.8. Modelo de filtro utilizado pelas famílias. (Foto: Aderaldo de S. Silva, 2005).

Quanto aos aspectos de tratamento da água, observou-se que nos municípios de Petrolina e Ouricuri (PE), respectivamente 54 e 29 famílias afirmaram realizar o tratamento da água com cloro; enquanto que em Canudos e Uauá (BA), esses percentuais foram de 8 e 4 famílias, respectivamente (Tabela 4.7). Porém, os resultados das análises bacteriológicas apresentaram que as águas estão fora dos padrões de potabilidade de água para consumo humano recomendados pelo Ministério da Saúde, com ocorrência de coliformes fecais na maioria das águas das cisternas (Brasil, 2004) (Tabela 4.9).

Corroborando com esses resultados Amorim e Porto (2001) também observaram a presença de coliformes fecais nas águas de cisternas de Petrolina-PE. Estes resultados evidenciam riscos à saúde das famílias que não fazem tratamento da água de beber ou o fazem de forma inadequada. Assim, há necessidade que as famílias sejam capacitadas para

realizar o tratamento das águas de forma adequada, que pode ser feito juntamente com os agentes de saúde atuantes nas comunidades.

Neste contexto, Blackburn et al. (2003) afirmam que as fontes de contaminação das águas de cisternas com coliformes estão relacionadas à presença de animais sobre as estruturas de captação e dentro das cisternas; ao mau acondicionamento dos baldes usados para coletar água; ao uso da cisterna para receber água de outras fontes, e ao não descarte ou descarte inadequado das primeiras águas de chuva.

Diante dos resultados obtidos neste estudo de caso realizado com 225 famílias de quatro municípios do Semi-Árido brasileiro, pode-se concluir que aquelas famílias com número de pessoas maior que cinco, poderão continuar na dependência de outras fontes hídricas no período seco, sen-

do a água, muitas vezes, transportada em condições que não asseguram qualidade para consumo humano. Também, essas famílias necessitam de capacitações de forma permanente quanto ao manejo da água das cisternas, principalmente relacionadas à qualidade da água de beber.

Tabela 4.9. Características bacteriológicas das águas de cisternas, analisadas antes e após as chuvas, nos municípios de Petrolina e Ouricuri (PE) e Uauá e canudos (BA).

Código	Outubro/2004		Março/2005		Agosto/2005	
	Totais	Fecais	Totais	Fecais	Totais	Fecais
Petrolina-PE						
Q4C	93	7,4	>1100	210*	16	3,6*
Q5C	6	<3	>1100	>1100*	>1100	11*
Q6C	>1100	20*	>1100	>1100	>1100	>1100
Q7C	93	11*	1100	<3	>1100	>1100*
Q10C	23	<3	36	<3	460	150*
Q18C	460	15*	1100	15*	1100	460*
Q19C	9,2	9,2*	1100	15*	460	6,2*
Q22C	6,2	<3	>1100	240*	210	<3
Q24C	240	93*	>1100	11*	>1100	>1100*
Q56C	75	11*	1100	28*	>1100	1100*
Q57C	210	20*	>1100	210*	>1100	28*
Q58C	150	11*	>1100	3,6*	460	21*
Ouricuri-PE						
Q1C	14	7,2*	>1100	36*	7,4	7,4*
Q2C	1100	20*	7,4	<3	9,2	3,6*
Q3C	150	15*	460	3,6*	23	23*
Q4C	75	9,2*	93	9,2*	9,2	3,6*
Q5C	460	15*	>1100	9,2*	>1100	11*
Q6C	460	20*	>1100	<3	9,2	<3
Q7C	93	21*	>1100	<3	460	93*
Q8C	36	11*	>1100	>1100*	93	43*
Q9C	460	7,4*	240	7,4*	9,2	3*
Q10C	28	7,4*	93	43*	>1100	21*

Código	Outubro/2004		Março/2005		Agosto/2005	
	Totais	Fecais	Totais	Fecais	Totais	Fecais
Uauá-BA						
Q6C	43	9,2*	150	150*	43	43*
Q7C	43	7,4*	210	75*	93	23*
Q9C	7,4	<3	460	240*	28	3,6*
Q10C	3,6	<3	93	15*	240	93*
Q16C	15	3,6*	1100	460*	75	15*
Q17C	<3	<3	1100	460*	3,6	3,6*
Q18C	<3	<3	75	9,2*	43	43*
Q19C	43	<3	20	3,6*	36	3,6*
Q20C	<3	<3	150	15*	15	3,6*
Q21C	23	23*	150	75*	460	460*
Canudos-BA						
Q14C	9,2	<3	120	120*	240	<3
Q20C	11	<3	150	<3	1100	9,2*
Q27C	15	3,6*	43	3,6*	23	23*
Q28C	<3	<3	460	150*	43	43*
Q30C	38	14*	1100	<3	>1100	1100*
Q32C	36	7,2*	>1100	93*	460	240*
Q50C	7,4	<3	>1100	23*	460	240*
Q51C	15	3,6*	469	<3	93	21*
Q52C	15	<3	93	43,0*	15	15*

*Amostras de água fora dos padrões de potabilidade para consumo humano (Brasil, 2004).

Referências Bibliográficas

AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R. Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no município de Petrolina-PE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3., 2001, Campina Grande, PB. Anais... Campina Grande, PB: Embrapa Algodão; Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2001. 1 CD-ROM.

BLACKBURN, D.M.; RETAMAL, Y. P. B.; LIMA, M.; JALFIM, F.; VIANA, A. A.; FARIAS JÚNIOR, M. Avaliação da contaminação microbiológica de água para consumo doméstico na região de atuação da Diaconia no Semi-Árido nordestino. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 4., 2003, Juazeiro, BA. Anais... Juazeiro, BA: ABCMAC; Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2003. 1 CD-ROM.

BONNEFOI, X. La desinfección del agua. Washington, DC: OMS, 1999. Disponível em: <<http://www.paho.org>> Acesso em: 17 fev. 2006.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria no. 518, de 25 de março de 2004. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 mar. 2004. Seção 1, p. 266.

BROWN, L.; FLAVIN, C.; FRENCH, H. Estado mundo 2000. Tradução. H. Mallett. Salvador: UMA Editora, 2000. 288 p.

FARIAS JÚNIOR, M.; JALFIM, F.; PAIVA, I.; ELIEZER NETO, J.; MONTEIRO NETO, L.; CAVALCANTI, A.; RIBEIRO, O.; BUSTAMANTE, Y.; LIMA, M. Convivendo com o semi-árido: construção de cisterna calçadão. Recife, PE: Programa de Apoio à Agricultura Familiar-PAAF, 2003. 28 p. il. (Série Compartilhando Experiências, 3).

PORTO, E. R.; GARAGORRY, F. L.; SILVA, A. de S.; MOITA, A. W. Risco climático: estimativa de sucesso da agricultura dependente de chuva para diferentes épocas de plantio I. Cultivo do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1983. 129 p. (EMBRAPA-CPATSA Documentos; 23).

PROGRAMA de formação e mobilização social para a convivência com o semi-árido: um milhão de cisternas. Recife, Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br>>. Acesso em: 9 dez. 2004.

QIANG, Z.; LI, Y. Rainwater catchment in the Loess plateau of Gansu, China and its significance. In: INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE, 9., 1999, Petrolina, PE. Anais... Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido; Singapura: IRCSEA, 1999. p. 42.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA B.; TUNDISI, J. G. (Ed.). Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo:USP/ABC; Escrituras Ed., 1999. cap.1, p. 1-36.

SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de 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. 80 p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular técnica, 16).

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R. Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do trópico semi-árido do Brasil: tecnologias de baixo custo. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1982. (EMBRAPA-CPATSA. Circular técnica, 14).

SILVA, A. de S. PORTO, E. R.; LIMA, L. T.; GOMES, P. C. F. Cisternas Rurais: captação e conservação de água de chuva para consumo humano, dimensionamento, construção e manejo. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA: SUDENE, 1984. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 12).