

## AVALIAÇÃO DO USO E FUNCIONAMENTO DAS CISTERNAS DO P1MC – UM ESTUDO NO SEMIÁRIDO BAIANO

### EVALUATION OF THE USE AND OPERATION OF P1MC'S TANKS - A STUDY IN BAIANO SEMI-ARID

**Lidiane Mendes Kruschewsky Lordelo**

Doutoranda do Centro Interdisciplinar em Energia e Meio Ambiente/UFBA. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia ([lidiane@ufrb.edu.br](mailto:lidiane@ufrb.edu.br)).

**Patrícia Campos Borja**

Doutora em Arquitetura e Urbanismo/UFBA. Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. ([borja@ufba.br](mailto:borja@ufba.br))

**Milton José Porsani**

PhD em Geofísica/Institute of Geophysics da Universidade do Texas-USA. Departamento de Geologia e Geofísica Aplicada da Universidade Federal da Bahia ([milton.porsani@gmail.com](mailto:milton.porsani@gmail.com))

**Luiz Roberto Santos Moraes**

PhD em Saúde Ambiental/University of London-UK. Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. ([moraes@ufba.br](mailto:moraes@ufba.br))

**Silvio Roberto Magalhães Orrico**

Doutor em Saúde Pública/Universidade de São Paulo. Departamento de Tecnologia da Universidade Estadual de Feira de Santana ([silvio.orrico@yahoo.com.br](mailto:silvio.orrico@yahoo.com.br))

**Resumo**

A cisterna tem sido adotada em locais que têm pouca disponibilidade hídrica ou que tenham dificuldades de implementação dos sistemas regulares de abastecimento de água. No Brasil, as cisternas ganharam maior amplitude com a implementação do Programa Um Milhão de Cisterna (P1MC), que tem como meta instalar um milhão de cisternas no Semiárido. Este Programa foi proposto a partir de uma política pública do governo federal. Esse artigo tem por objetivo estudar se a cisterna cumpre seu papel, a partir do seu uso e funcionamento. O estudo fez uma abordagem em 347 cisternas do P1MC, em cinco municípios baianos. O levantamento de dados primários foi realizado a partir da aplicação de questionários com perguntas objetivas e, em seguida, foram construídos diagramas de Pareto para avaliar as cisternas do P1MC, o que demonstrou que as variáveis estudadas com maior problema e que necessitam de intervenção do Poder Público são as seguintes: ausência do separador da primeira água, manutenção e limpeza da cisterna, área do domicílio e do telhado e forma de retirar a água.

**Palavras-chave:** Cisterna do P1MC, Diagrama de Pareto, Uso e funcionamento.

**Abstract**

The cistern has been adopted in places that have little water availability or that have difficulty implementing regular water supply systems. In Brazil, the cisterns gained greater breadth with the implementation of the One Million Cistern Program (P1MC), which aims to install one million cisterns in the semi-arid region. This program was proposed based on a public policy of the federal government. The purpose of this article is to study if the cistern fulfills its role, from its use and operation. The study addressed 347 P1MC cisterns in five Bahian municipalities. The primary data collection was carried out through the application of questionnaires with objective questions, and then Pareto diagrams were constructed to evaluate P1MC cisterns, which demonstrated that the variables studied with the greatest problem and requiring intervention by the Power Public are absence of separator of the first water, maintenance and cleaning of the cistern, area of the domicile and roof, way to draw water.

**Keywords:** Cistern of the P1MC, Pareto Diagram, Use and operation of the cistern

## INTRODUÇÃO

O sistema de captação de águas de chuva com o uso de cisternas é uma tecnologia que data de 2750 a.C., na Mesopotâmia. No Império Romano, era usado em associação com aquedutos, tendo sido disseminado por todo o mundo ao longo dos séculos. No Brasil, as cisternas vêm sendo utilizadas há muitas décadas e, mais recentemente, com a implementação do Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), têm sido difundidas em todo o País, especialmente no Semiárido Brasileiro.

De acordo com Ruskin e Patrick (1988), a cidade de Veneza coletou a precipitação das chuvas e a armazenou em cisternas por um período superior a 1.300 anos. A água coletada em 177 cisternas públicas e 1.900 cisternas privadas era a principal fonte de água fresca para Veneza até aproximadamente o século XVI. Nas Ilhas Virgens dos Estados Unidos, as cisternas têm sido utilizadas desde que estas ilhas foram colonizadas. Entretanto, o uso de telhados como superfície de coleta parece ser mais recente, tendo surgido logo após ou na mesma época que os barris de chuva. Atualmente, as cisternas ainda suprem as demandas de água de muitos residentes das ilhas do Pacífico e Caribe, sem mencionar as regiões costeiras, tropicais e outras da América Latina. As cisternas das Ilhas Virgens ainda podem ser encontradas abastecendo não apenas as necessidades de água de residências particulares, como também de escolas, restaurantes, projetos públicos de moradias, hotéis e casas de hóspedes. A disseminação da tecnologia de cisterna no mundo moderno tem atingido diversos usos e fins (RUSKIN; PATRICK, 1988).

No Brasil, as cisternas vêm sendo utilizadas desde o século passado, tendo maior difusão a partir do ano de 1955, pelo pedreiro Manoel Apolônio de Carvalho, que criou a cisterna de placas de pré-moldado de cimento como alternativa para enfrentar a problemática da seca. O resultado da invenção e aceitação da nova tecnologia fez da cisterna uma das principais tecnologias sociais utilizadas pelas famílias para a convivência com o Semiárido.

A região Semiárida do Norte da Bahia, local da área deste estudo, tem como características físicas a aridez do clima, a escassez hídrica, a imprevisibilidade das precipitações pluviométricas e a presença de solos pobres em matéria orgânica (MOLION e BERNARDO, 2000). A falta

de sistemas de abastecimento de água, associada aos problemas ambientais citados estimularam a população do Semiárido Brasileiro a se organizar e lutar pelo direito à água, a fim de conquistar condições mínimas para a sobrevivência nesse espaço árido e de difícil desenvolvimento econômico. Porém, as ações pontuais não trouxeram respostas duradouras que garantissem tal abastecimento.

Em 1979, a partir de ações do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido (CPATSA), a cisterna foi inserida na comunidade do Sertão Paraibano. Essas cisternas tinham a capacidade de 100m<sup>3</sup>, usando como área de captação da água da chuva o próprio solo (ARAUJO, 2014). Em 1993, o Programa de Aplicação de Tecnologia Apropriada às Comunidades (PATAC) construiu cisternas redondas de placas de concreto, também na Paraíba. Tais cisternas, construídas com a participação dos próprios agricultores, buscavam atender a demanda da população por água (VILARIM, 2012).

As manifestações populares e ações pontuais financiadas pelo Poder Público ou pelo setor privado reforçaram as ações da Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA) que, a partir de 1999, passou a consolidar propostas para a promoção do direito à água. As ações do governo e da sociedade civil se fundiram em um único propósito: a convivência com a seca. A proposta foi estabelecer um modelo de ação que garantisse água nos tempos de estiagem na zona rural. O modelo articulado adotou a tecnologia social com baixo custo e alto potencial de replicação para o armazenamento de água das chuvas: as cisternas de placa de concreto (BRASIL, 2014). Somente em 2003, no governo no então presidente Luis Inácio Lula da Silva, por meio do Ministério do Meio Ambiente, foi iniciada a execução do Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) que, posteriormente, passa a ser gerenciado pelo então Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), quando foi incorporado ao Programa Acesso à Alimentação.

Por meio do P1MC, as cisternas foram implantadas em diversos municípios do Sertão Brasileiro (zona rural), objetivando propiciar à população a convivência com a seca. Porém, alguns estudos têm mostrado que, apesar dessa iniciativa ter tido impacto significativo para a população, a cisterna não se mostrou suficiente para o enfrentamento da problemática do acesso

à água, além de se constatar problemas de estrutura, operacionais e sanitários, os quais têm contribuído para comprometer a qualidade da água (RUSKIN; PATRICK, 1998; SIMMONS *et al.*, 2001). Para que o uso da cisterna tenha resultados satisfatórios, a água armazenada precisa ter qualidade e quantidade suficientes, conforme recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2003).

Um dos problemas que tem sido evidenciado na literatura com relação ao uso das cisternas refere-se à qualidade da água, motivo que leva muitos estudos a ressaltarem a necessidade de identificar formas de tratamento. Estudos realizados por Simmons *et al.* (2001) em Auckland, sobre a qualidade da água fornecida por sistemas de aproveitamento de águas de chuva, apresentaram o não atendimento aos requisitos referentes às características físico-química e microbiológica da água. Para os autores, são necessárias mais pesquisas sobre os potenciais problemas na qualidade microbiológica e risco à saúde, de forma a minimizar a contaminação da água da chuva coletada no telhado. Já as investigações de Brito e Gnadlinger (2006) sobre as águas de chuva indicaram que as características físico-químicas foram adequadas, porém os padrões bacteriológicos não foram atingidos.

As águas de chuva, apesar de sofrerem influência da qualidade do ar, normalmente atingem os telhados das residências com boa qualidade. Porém, o contato com as impurezas armazenadas, tanto nos pontos de captação

quanto nos sistemas de coleta e transporte, resulta na alteração das características da água, impactando na efetividade do sistema.

Nesse sentido, este artigo tem o objetivo de avaliar o uso e funcionamento da cisterna a partir de um conjunto de variáveis técnicas, ambientais, sanitárias, sociais e institucionais. Esses resultados contribuirão para a identificação das variáveis que têm influenciado na efetividade do sistema de captação de água de chuva no Semiárido Baiano.

## METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada em cinco municípios do Semiárido Baiano, cuja seleção considerou os seguintes critérios: situação de escassez hídrica (pluviosidade média anual menor que 600mm) e população do município (menor que 20.000 habitantes). Assim, foram identificados os municípios considerados mais vulneráveis, onde se esperava que as dificuldades fossem mais evidentes, possibilitando realizar inferências em situações mais desfavoráveis no processo de implementação do P1MC.

O levantamento de dados foi realizado em duas campanhas de campo, entre os meses de outubro de 2013 e fevereiro de 2015, e foram aplicados questionários em amostra de domicílios por técnicos de campo (Tabela 1). A definição da amostragem do estudo considerou uma amostra aleatória estratificada sem reposição.

**Tabela 1 – Municípios estudados**

Municípios	Quantidade de Cisternas Executadas	População (CENSO IBGE 2010)	Pluviosidade média anual (mm/ano) INMET	Amostra
Abaré	408	17.084	435,5	88
Chorrochó	483	10.734	477,4	105
Macururé	129	15.078	552,9	36
Glória	171	8.073	491,9	31
Santa Brígida	402	5.080	591,2	87
Total	3.336	56.049		347

Fonte: Própria.

As 36 variáveis estudadas (Quadro 1) foram estabelecidas a partir de aspectos contemplados no projeto executivo do P1MC e, também, da revisão da literatura. A distribuição de frequência das categoriais das

variáveis foi investigada, sendo estabelecida uma hierarquia entre as categorias (da pior para a melhor situação), de forma a melhor explicar o uso e funcionamento do sistema de captação de água de chuva.

A partir tanto da proporção das categorias de cada variável que representasse a melhor situação para a efetividade do uso de funcionamento do sistema de captação de água de chuva, como da percepção do usuário, construíram-se os diagramas de

Pareto, conforme proposta de Ornstein (1992). Esses diagramas ordenam as variáveis do pior ao melhor comportamento, o que permite um diagnóstico dos problemas referentes às falhas do sistema.

**Quadro 1 – Variáveis estudadas para a avaliação do uso e funcionamento do sistema de captação de água de chuva do P1MC**

p1_	1.1 Quantidade de pessoas no domicílio	p39_	4.10 Existência de sangrador com tamponamento na cisterna
p2_	1.2 Bens que existem na casa	p40_	4.11 Distância da cisterna a instalações de esgoto ou vala a céu aberto
p3_	1.3 Anos de estudo do chefe da família	p41_	4.12 Tipo de material construtivo da cisterna
p6_	2.1 Área da casa (m <sup>2</sup> )	p42_	4.13 Estado da estrutura da cisterna
p7_	Material das paredes da moradia	p43_	4.14 Estado da tampa da cisterna
p10_	2.3 Área do telhado (m <sup>2</sup> )	p44_	4.15 Limpeza da cisterna
p11_	2.4 Material do telhado	p45_	4.16 Forma de limpeza
p12_	3.1 Origem da água de beber	p46_	4.17 Forma de retirar a água da cisterna
p13_	3.2.1 Origem da água de cozinhar	p47_	4.18 Estado da bomba
p14_	3.2.2 Origem da água de tomar banho	p48_	4.19 Caso a água seja retirada da cisterna com balde: Estado de conservação e limpeza do balde (observar)
p15_	3.2.3 Origem da água de lavar a roupa	p49_	4.20 Caso a água seja retirada da cisterna com balde: O balde é usado para outros usos?
p16_	3.3 Origem da água para animais e produção	p50_	4.21 Manutenção
p17_	3.4 Instalação de água na sua casa	p51_	4.22 Tempo de construção da cisterna
p18_	3.5 Tratamento da água de beber na casa	p52_	4.23 Recipiente usado para armazenar a água retirada da cisterna
p21_	3.7 Caracterização dos responsáveis e/ou que coletam água na cisterna no domicílio	p53_	4.24 Estado de limpeza dos recipientes (observar)
P28_	3.8 Existência de vaso sanitário na moradia	p54_	4.25 Reserva da água de beber
p29_	3.9 Existência de pia/lavatório no sanitário ou próximo dele	p55_	4.26 Estado de limpeza dos recipientes (observar)
p34_	4.5 Existência da calha de captação da água de chuva na Cisterna	p56_	4.27 A água da cisterna é usada para
p36_	4.7 Existência da canalização condutora da água de chuva captada para a cisterna	p57_	4.28 Educação sanitária e capacitação para uso da cisterna
p38_	4.9 Existência de dispositivo da primeira água	p63_	4.34 Consumo de água (L/hab.dia)

Fonte: Própria.

Os dados dos questionários foram digitados no programa Excel e realizada a avaliação da consistência das informações de forma a corrigir possíveis incoerências, para, posteriormente, realizar a distribuição de frequência de todas as variáveis. Esses dados, então, compuseram as informações que possibilitaram a construção dos diagramas de Pareto. As variáveis foram

analisadas e com os resultados foi possível definir as categoriais "Muito Satisfatório, Satisfatório, Regular e Insatisfatório". Para cada questão/variável em análise, foi obtida a frequência associada às categoriais. Esse valor foi multiplicado pelos pesos, sendo: 4,0 para "muito satisfatório"; 3,0 para "satisfatório", 2,0 para "regular" e 1,0 para "insatisfatório". A média ponderada compôs o valor a ser usado

no diagrama de Pareto. Com essa estratégia, buscou-se identificar, com base nos questionários, a percepção dos entrevistados e dos técnicos de campo sobre os principais problemas do uso e funcionamento das cisternas.

Nesses diagramas, é possível, via de regra, demonstrar que dentro de uma escala de 0 a 4 todos os itens com valores abaixo da média (2,0) podem ser tratados como crônicos. O controle de qualidade de Pareto indica que cerca de 20% dos problemas são responsáveis por 80% dos custos dos erros e omissões ou, então, que a resolução de 10 a

15% dos problemas melhora de forma significativa a qualidade do uso e funcionamento de um sistema (adaptado de ORNSTEIN, 1992, p. 94). Dessa forma, contribui-se para que os problemas identificados sejam tratados mediante seu grau de importância.

E, por fim, foram criados quatro níveis (categorias) de classificação, sendo: situação precária, quando os resultados encontrados atingiram valores no intervalo entre 0,0 e 1,0; situação regular entre 1,0 a 2,0; situação satisfatória entre 2,0 e 3,0; e muito satisfatória entre 3,0 e 4,0 (Tabela 2).

**Tabela 2 – Classificação da cisterna segundo o uso e funcionamento**

Valor do índice	Nível de efetividade
0,0 a 1,0	Precário
1,0 a 2,0	Regular
2,0 a 3,0	Satisfatório
3,0 a 4,0	Muito satisfatório

Fonte: Adaptada de Ornstein, 1992.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados encontrados no levantamento de campo, das 40 variáveis de estudo, 32 foram utilizadas para a construção do diagrama de Pareto. A Figura 1 apresenta os resultados dos diagramas para os cinco municípios estudados.

Da análise da Figura 1, pode-se perceber que as variáveis crônicas se encontram entre 19,23% e 26,92%. As quantidades de variáveis abaixo da linha média destacaram-se nos municípios de Chorrochó e Macururé.

Segundo Ornstein (1992), 20% das variáveis que estão abaixo da linha média devem ser objeto de atenção para a adoção de intervenções visando melhorias, o que poderia impactar positivamente no uso e funcionamento do sistema. Assim, a partir dos resultados, é possível afirmar que, com a intervenção em aproximadamente duas variáveis, o P1MC poderá ter impactos positivos significativos quanto ao uso e funcionamento das cisternas. O Quadro apresenta as variáveis crônicas referidas.

Analisando o Quadro, constata-se que tanto os usuários como o Poder Público devem ter

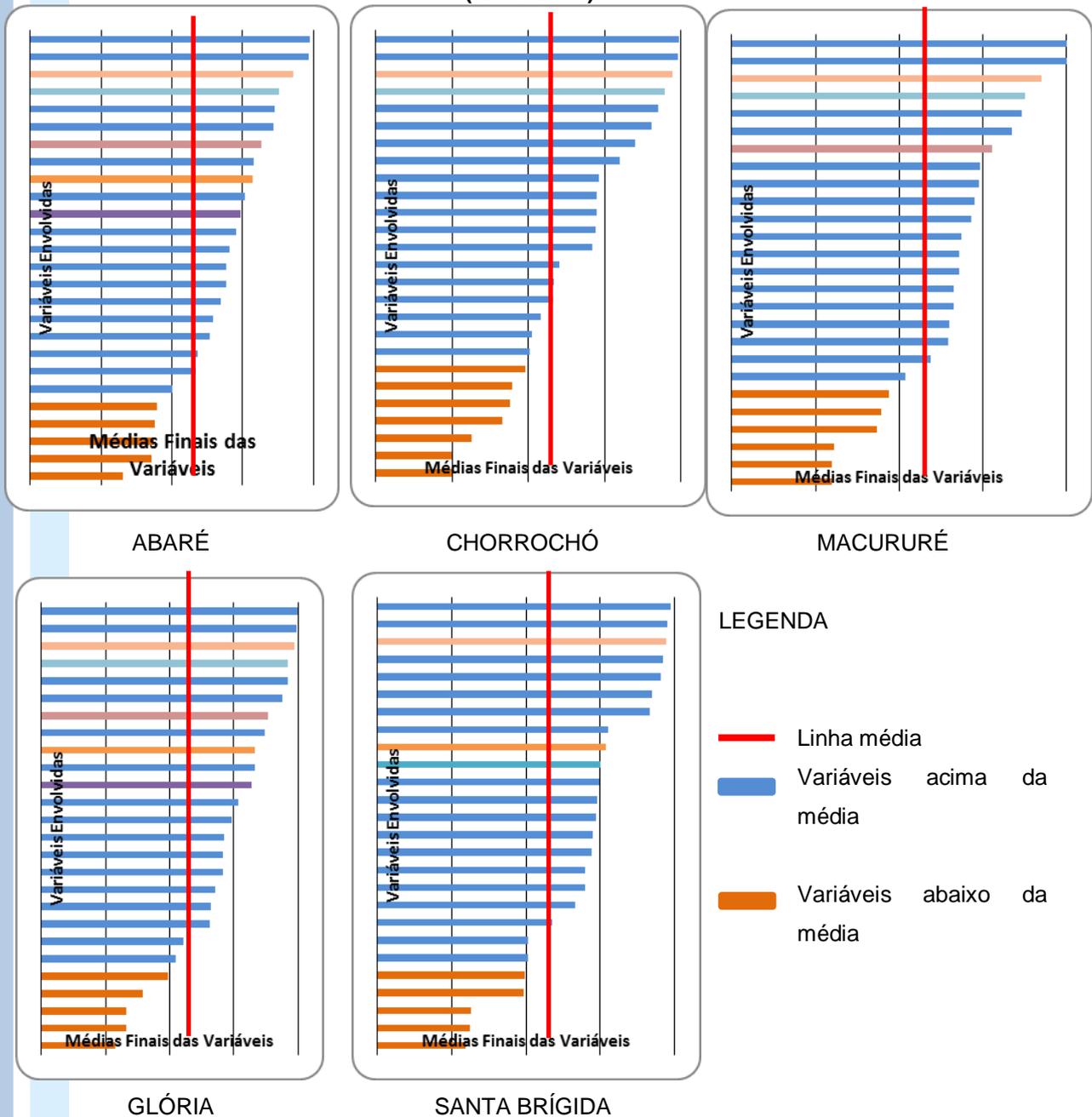
atenção às seguintes variáveis, descritas abaixo, para ampliar os benefícios do P1MC:

- A variável existência de dispositivo de desvio da primeira água aparece como um problema em todos os municípios, com a menor média calculada. Esse dispositivo é uma barreira sanitária fundamental para a preservação da qualidade da água captada no telhado. A sua ausência resulta na coleta dos primeiros milímetros de água de chuva, caso o morador não tenha a prática de descartá-la manualmente por meio da desconexão da tubulação que conduz a água captada no telhado à cisterna, como orientado pelo P1MC. A adoção do desvio das primeiras águas pelos próprios moradores impõe uma série de problemas, tanto em termos da necessidade de compreensão destes, quanto à importância de tal prática, como também cuidados na reconexão da tubulação ou perdas de água em demasia. Para a resolução dessa questão, cabe uma intervenção do Poder Público, disponibilizando e instalando o referido dispositivo.
- Manutenção foi a segunda variável com menor desempenho, aparecendo como um

problema em oito vezes nas duas rodadas dos cinco municípios estudados. A manutenção da cisterna precisa ser feita pelo usuário, com supervisão e apoio de órgão público municipal. Os dados de campo revelam que o P1MC não previu responsabilidades e ações para a manutenção do sistema de captação de água de chuva implantado. Identificou-se que o Poder Público não tem adotado ações de manutenção e conservação e que as poucas

ações realizadas não contaram com prévio treinamento. Cerca de 78,84% dos entrevistados informaram que as cisternas nunca tinham sido alvo de ação de manutenção/conservação. No entanto, os resultados permitem perceber que 61,45% das cisternas estudadas apresentaram problemas na estrutura e pouco menos da metade encontrava-se em bom estado (Figura 2).

**Figura 1 – Diagrama de Pareto sobre o uso e funcionamento das cisternas do P1MC (2013-2015).**



Fonte: Própria.

**Quadro 2 – Total de variáveis com valores abaixo da média (2,0) para avaliação do uso e funcionamento das cisternas do P1MC**

Municípios	Variáveis abaixo de 20% no valor médio
Abaré	Manutenção Existência de dispositivo da primeira água Existência de sangrador com tamponamento na cisterna Recipiente usado para armazenar a água retirada da cisterna Bens que existem na casa
Chorrochó	Existência de dispositivo da primeira água Existência de sangrador com tamponamento na cisterna Manutenção Anos de estudo do chefe da família Recipiente usado para armazenar a água retirada da cisterna Existência da canalização condutora da água de chuva captada para a cisterna Limpeza da cisterna
Macururé	Existência de dispositivo da primeira água Manutenção Existência de sangrador com tamponamento na cisterna Caso a água seja retirada da cisterna com balde: Estado de conservação e limpeza do balde (observar) Recipiente usado para armazenar a água retirada da cisterna Anos de estudo do chefe da família
Glória	Manutenção Existência de dispositivo da primeira água Existência de sangrador com tamponamento na cisterna Recipiente usado para armazenar a água retirada da cisterna Anos de estudo do chefe da família
Santa Brígida	Existência de dispositivo da primeira água Existência de sangrador com tamponamento na cisterna Manutenção Anos de estudo do chefe da família Recipiente usado para armazenar a água retirada da cisterna

Fonte: Própria.

• Manutenção foi a segunda variável com menor desempenho, aparecendo como um problema em oito vezes nas duas rodadas dos cinco municípios estudados. A manutenção da cisterna precisa ser feita pelo usuário, com supervisão e apoio de órgão público municipal. Os dados de campo revelam que o P1MC não previu responsabilidades e ações para a manutenção do sistema de captação de água

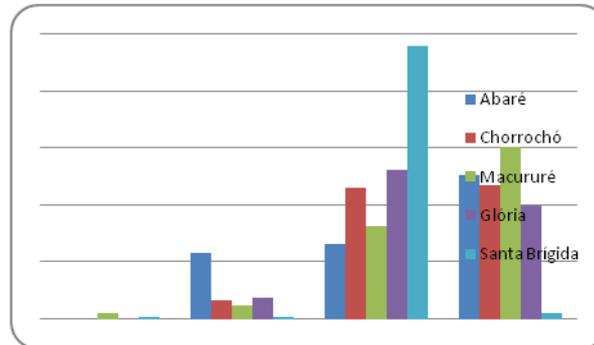
de chuva implantado. Identificou-se que o Poder Público não tem adotado ações de manutenção e conservação e que as poucas ações realizadas não contaram com prévio treinamento. Cerca de 78,84% dos entrevistados informaram que as cisternas nunca tinham sido alvo de ação de manutenção/conservação. No entanto, os resultados permitem perceber que 61,45% das

cisternas estudadas apresentaram problemas na estrutura e pouco menos da metade encontrava-se em bom estado (Figura 2).

A “área da casa” e “área do telhado” são variáveis bastante significativas no P1MC, pois

têm vinculação direta com o volume captado de água de chuva. A Tabela 3, apresenta as áreas das casas cadastradas durante o levantamento de campo.

**Figura 2 – Estado da estrutura das cisternas (2013-2015)**



Fonte: Própria.

**Tabela 3 – Área dos domicílios estudados nas duas campanhas. (N=453). 2013-2015**

Área	N	%
$A \leq 44\text{m}^2$ (não atende a 14L/p.dia)	1	0,22
$45\text{ m}^2 < A \leq 171\text{m}^2$ (atende 14L/p.dia)	86	18,98
$172\text{ m}^2 < A \leq 274\text{ m}^2$ (atende a 50L/p.dia)	362	79,91
$A \geq 288\text{ m}^2$ (atende a 80L/p.dia)	4	0,88
Total	453	100,00

Fonte: Própria.

Para fazerem parte do Programa, as famílias tiveram que comprovar uma área de telhado mínima de  $40\text{m}^2$ . Os cálculos feitos pelo P1MC (SANTOS; BOMFIM; ARAÚJO, 2009), considerando uma pluviosidade média anual de 400mm, indicaram que um domicílio com  $40\text{m}^2$  de área do telhado, com cinco moradores, capta e armazena água para o consumo de 8 meses para beber e cozinhar (Tabela 4). Nesse caso, o consumo médio seria de 14L/hab.dia.

A Organização Mundial de Saúde (OMS, 2003), no entanto, estabelece que o mínimo necessário para o consumo diário deve ser de 80L/hab.dia. Embora o nível de consumo ainda seja um tema a ser melhor definido, considera-se que este não deva ser inferior a 40L/hab.dia. Tal volume deve garantir os usos

para beber, cozinhar, higiene pessoal e doméstica de forma a proteger a saúde.

Foi percebido que o consumo *per capita* foi superior ao valor de referência de 14L/hab.dia. O valor da mediana para o cálculo geral do consumo é de 60,6/hab.dia. Cohin *et al.* (2009) diagnosticaram que uma família com renda mensal de até 2 salários mínimos, sendo que a maioria (78%) possui renda mensal de até 1 salário mínimo, teve o consumo *per capita* nas residências variando entre 74,34 e 85,99L/hab.dia, valores que confirmam Silva *et al.* (2013) e os dados de campo.

A concepção do P1MC estabelece uso restrito para beber e cozinhar, porém, os dados de campo revelam que a população utiliza a água para todas as suas necessidades (Tabela 5).

**Tabela 3 – Cálculo do volume de água armazenada nas cisternas em m<sup>3</sup>/ano a partir das suas dimensões.**

Área média do telhado para captação (m <sup>2</sup> )	Volume de água armazenada em m <sup>3</sup> /ano	
	Pluviosidade média 600mm/ano	Pluviosidade média 400mm/ano
30	18	12
40	24	16
50	30	20
60	36	24
70	42	28
80	48	32
90	54	36

Fonte: Santos, 2009.

**Tabela 4 – Usos da água feitos pela população. (N=455). 2013-2015**

Uso da Água	%
Beber e cozinha	4,77
Beber, Cozinhar e lavar os pratos, Tomar banho, Lavar a roupa	8,82
Beber, Cozinhar e lavar os pratos, Tomar banho, Lavar a roupa, Jogar água no vaso sanitário (descarga), Lavar as mãos	32,95
Beber, Cozinhar e lavar os pratos, Tomar banho, Lavar a roupa, Jogar água no vaso sanitário (descarga), Lavar as mãos, Molhar as plantas/plantações e/ou Dar para os animais	53,18

Fonte: Própria.

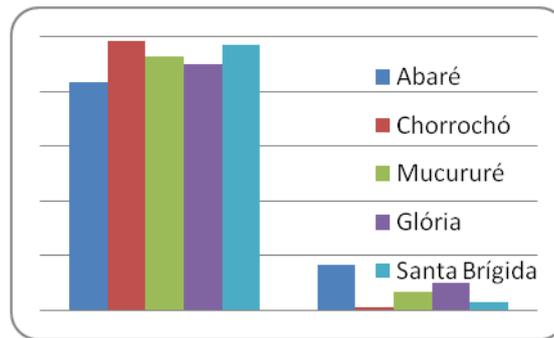
É importante também observar que o regime pluviométrico no Semiárido brasileiro é irregular, havendo variações tanto espacial como temporal. Inclusive, a região tem sofrido influência do fenômeno El Niño e está exposta aos extremos da variabilidade de clima e suas mudanças (MARENGO *et al.*, 2011). Nos últimos quatro anos, o Semiárido vem sofrendo com escassez de chuva, o que tem determinado o abastecimento das cisternas com carros-pipa.

O dimensionamento da cisterna deve considerar a área de captação, o regime pluviométrico local, as perdas na captação, o número de pessoas e o consumo de água por pessoa. Para Andrade Neto (2013), dada a inexecuabilidade de cálculos caso a caso, seria apropriada a adoção de quatro a cinco modelos de cisternas de forma a melhor adequar o volume às realidades locais.

- A variável forma de retirar água da cisterna mostrou o quanto é frágil a bomba de água do P1MC (MDS, 2013). Durante o levantamento dos dados, verificou-se que 92,95% dos usuários da cisterna retiravam a água com balde (Figura 3). Tal prática aumenta a possibilidade de introdução de impurezas na água e amplia as chances de manter a tampa da cisterna aberta, permitindo a entrada de luz e criando um ambiente propício à formação de algas, como também possibilita o contato de crianças e animais com a água, o que pode implicar na alteração da qualidade da água.

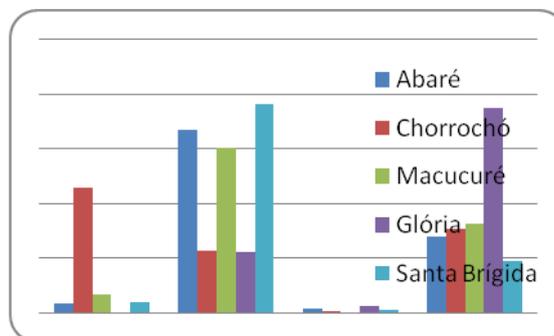
A vulnerabilidade da bomba utilizada no P1MC é demonstrada pelos dados de campo das duas campanhas. Em 50,34% das cisternas estudadas, esse dispositivo estava quebrado e, em 17,23%, não ocorreu a sua instalação (Figura 4).

**Figura 3 – Forma de retirar a água da cisterna (N=454). 2013-2015**



Fonte: Própria.

**Figura 4 – Estado da bomba (N= 447). 2013- 2015**



Fonte: Própria.

Segundo os estudos de Delfiaco (2012), alterações feitas na instalação das bombas seriam capazes de deixá-las mais funcionais e facilitaria a retirada da água.

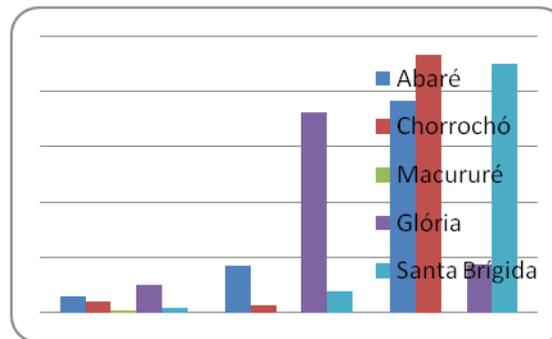
- Outra variável considerada frágil refere-se à proximidade das cisternas a lançamentos de esgotos a céu aberto. Segundo os resultados, cerca de 21% dos domicílios estudados apresentavam lançamento de esgotos a menos de 10 metros das cisternas, sendo o município de Glória o destaque, com cerca de 73% dos domicílios. Os municípios de Abaré, Chorrochó e Santa Brígida são os destaques com a maioria dos domicílios apresentando a distância das cisternas para os esgotos com mais de 10 metros.

A Figura 5 apresenta o detalhamento desses valores nos municípios estudados. Esse dado revela certa vulnerabilidade das cisternas. Apesar de o volume de esgotos ser considerado pequeno, já que a população

alvo, em sua maioria, não tem acesso a sistemas públicos de água, é recomendável que as cisternas sejam instaladas a uma certa distância de valas de esgoto ou de fossas.

Segundo Ruskin e Patrick (1988), a água da cisterna pode ser contaminada quando há proximidade com fossas ou esgotos a céu aberto. Resultados encontrados por Amorim e Porto (2001) evidenciaram a existência de contaminação de origem fecal em todas as cisternas avaliadas nessas condições. Cerca de 21% dos domicílios lançavam seus efluentes próximos à cisterna (até 10m), e 100% das águas das cisternas que estavam nesses casos apresentaram coliformes termotolerantes. Embora esses resultados mostrem alguma evidência de relação entre os pontos levantados, estudos mais apropriados devem ser desenvolvidos para avaliar o peso dessa variável na explicação da contaminação bacteriológica da água.

**Figura 5– Distâncias de pontos de lançamento de esgotos às cisternas (N=454). 2013-2015**



Fonte: Própria.

- A limpeza da cisterna foi outro fator considerado problemático para o uso e funcionamento das cisternas. Os cuidados que as famílias deveriam ter com o uso das cisternas foi alvo de ação do P1MC, que desenvolveu uma atividade de educação sanitária por meio do Programa de Gerenciamento de Recursos Hídricos (GRH). Esse Programa envolveu uma ação de dois dias que precedia à instalação das cisternas. Nos domicílios estudados, cerca de 95,8% dos entrevistados informaram ter participado dessa ação. Porém, a grande maioria não detinha mais o conhecimento sobre os temas abordados. Constatou-se que o Programa não contemplou a continuidade das ações pós-implantação das cisternas, impossibilitando não só uma avaliação da estratégia adotada, como também o devido acompanhamento das dificuldades e/ou problemas enfrentados, com o intuito da busca de solução. Constatou-se que muitos dos conteúdos trabalhados durante o GRH, segundo resultado de campo, não foram abordados devidamente, a exemplo da manutenção da cisterna, forma de retirar a água, separação da primeira água, limpeza das canaletas e telhados etc.

Outro fator que tem influenciado na limpeza da cisterna relaciona-se à necessidade de abastecê-las com água de carro-pipa em face da seca prolongada que a região vem sofrendo. Esse abastecimento, normalmente realizado pelo Exército Brasileiro às famílias cadastradas, tem uma dinâmica própria e, muitas vezes, a sua periodicidade não possibilita que a família promova a limpeza da cisterna. Se, por um lado, prioriza-se o consumo da água para beber e cozinhar

até o limite disponível de água, por outro, quando há o abastecimento pelo carro-pipa, obedecendo aos intervalos indicados com fornecimento das chamadas “carrada<sup>1</sup>”, as cisternas são abastecidas sem que seja feita a devida limpeza. O usuário não tem tempo suficiente para realizar a limpeza da cisterna antes do próximo abastecimento. O resultado desse procedimento é um grande intervalo de tempo sem que a cisterna seja higienizada.

- A presença de sangradouro na cisterna foi considerada como uma variável crônica. Esse dado reflete a ausência da instalação de sangadouros em um percentual significativo das cisternas estudadas e, também a sua presença, só que em condições inadequadas (quebrada ou sem funcionamento). Na segunda campanha, cerca de 89% das cisternas não apresentavam os sangadouros (Figura 6).

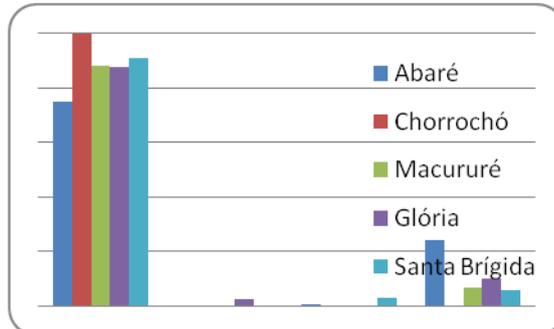
- O diagrama de Pareto também indicou que as variáveis anos de estudo do chefe do domicílio, referente ao nível de alfabetização, e bens existentes no domicílio, influenciam no uso das cisternas. Essas variáveis informam sobre os aspectos socioeconômicos das famílias estudadas. No caso das cisternas, considera-se que quanto melhor a condição socioeconômica da família, possivelmente, maior será o cuidado para o seu uso e funcionamento. A Figura 7 sugere, ao considerar os bens disponíveis no domicílio, que cerca de 22% a 28% das famílias têm uma condição social melhor. A Figura 8 evidencia que cerca de 27% dos entrevistados

<sup>1</sup> Quantidade de água transportada pelo carro-pipa para abastecer as cisternas

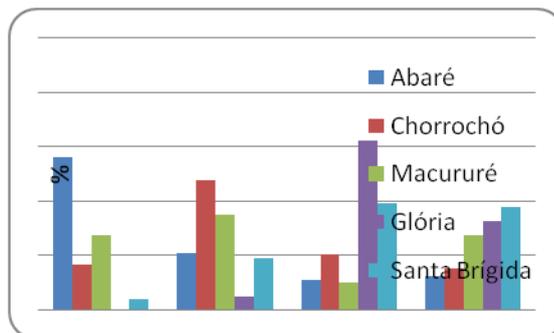
eram analfabetos e, aproximadamente, 62% alfabetizados. Esses dados se, por um lado, aponta que não há um perfil socioeconômico

tão homogêneo como era de se esperar, por outro, indica que as estratégias de educação sanitária deveriam considerar tal perfil.

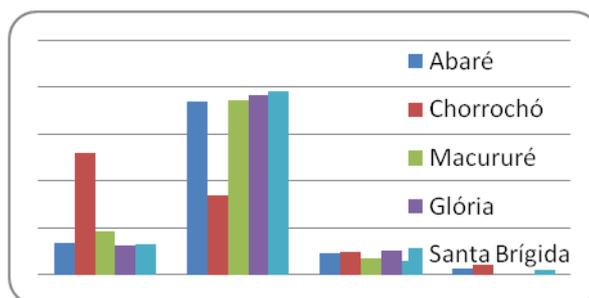
**Figura 6– Presença de sangradouro nas cisternas estudadas. (N = 453). 2013-2015**



**Figura 7 – Percentual de bens existentes nos domicílios das cisternas estudadas (2013-2015)**



**Figura 8 – Percentual de anos de estudo dos chefes de famílias dos domicílios das cisternas estudadas ( 2013-2015)**



Conforme recomenda Ornstain (1992), ao se extrair 20% das variáveis crônicas, constata-se que, no caso em estudo, pelo menos cinco variáveis se enquadram nesta categoria (Quadro 4). A autora citada, como já referido, revela que intervenções visando ao

melhoramento do uso e funcionamento voltados para essas variáveis são capazes de impactar significativamente em 80%, no sentido de melhorar o desempenho da tecnologia em estudo.

**Quadro 4 – Variáveis crônicas 20% abaixo do valor médio**

Municípios	Variáveis crônicas 20% abaixo do valor médio
Abaré	p50 – Manutenção dada a cisterna
Chorrochó	p38 – Presença de dispositivo da separação da primeira água de chuva p39 – Existência de sangradouro com tamponamento
Macururé	p38 – Presença de dispositivo da separação da primeira água de chuva p50 – Manutenção dada à cisterna
Glória	p50 – Manutenção dada à cisterna
Santa Brígida	p38 – Presença de dispositivo da separação da primeira água de chuva

Fonte: Própria.

A partir das discussões feitas sobre as variáveis, pode-se perceber que existe uma relação entre estas e que a solução para os problemas identificados envolve uma ação integrada que implicará no melhoramento de todo sistema, a fim de garantir o pleno funcionamento da tecnologia e, assim, fornecer condições para a melhor oferta de água em quantidade e qualidade.

As ações institucionais e dos usuários, sem alteração de projeto, já poderiam resultar em benefícios para a garantia da água de melhor qualidade.

No que tange à alteração de projeto, as variáveis mais citadas foram a existência do desvio das primeiras águas de chuva e a alteração do tipo de bomba d'água; esta última mais durável e com melhores condições de retirada de água em termos de esforço e vazão fornecida.

Segundo Delfiaco (2012), a adoção da bomba de água com uma tubulação específica para conduzir a água para fora da cisterna, conferindo uma carga hidráulica disponível maior e perda de carga menor na saída da água, seria o mais indicado para esse tipo de sistema.

Quanto às ações institucionais, o programa de educação sanitária deve ser melhor estruturado em termos de conteúdo, periodicidade e estratégias pedagógicas, de forma a proporcionar ao usuário maior conhecimento sobre as ações que devem ser adotadas para o bom funcionamento da

cisterna. Visitas periódicas realizadas pelas instituições envolvidas, para realizar a fiscalização do sistema, garantiria um maior controle e melhoraria do seu uso e funcionamento.

O diagrama de Pareto ainda permitiu inferir o percentual de cisternas que se enquadraram nas classes precária, regular, satisfatória e muito satisfatória (Tabela 6).

Percebe-se que menos de 21,54% das variáveis estudadas classificaram-se entre precário e regular, enquanto 42,31% foram satisfatórias e 36,15% muito satisfatórias.

Diante dos resultados encontrados, é possível evidenciar que, embora se tenha identificado pontos considerados crônicos para o uso e funcionamento das cisternas do P1MC, estas têm atendido satisfatoriamente aos objetivos do Programa. Porém, os pontos crônicos identificados demonstram a vulnerabilidade da tecnologia em elementos que são cruciais para a promoção do direito à água nas comunidades estudadas, devendo o Poder Público melhor considerar as diversas variáveis (técnicas, sanitárias, ambientais, sociais e institucionais) que têm influenciado para um desempenho eficiente do P1MC.

Cabe observar que uma das maiores vulnerabilidades do sistema se refere ao regime de chuvas e sua relação com a necessidade do uso de carro-pipa nas situações de estiagem. Diante disso, é preciso que o P1MC considere que essa forma de abastecimento das cisternas é uma

necessidade nos momentos de escassez, devendo, portanto, prever estratégias que

garantam a qualidade e quantidade de água fornecida à população.

**Tabela 5 – Número de variáveis do uso e funcionamento da cisterna, segundo sua classificação, a partir do diagrama de Pareto**

Valor do índice	0,0 a 1,0	1,0 a 2,0	2,0 a 3,0	3,0 a 4,0
Nível de efetividade	Precário	Regular	Satisfatório	Muito satisfatório
Santa Brígida	0	19,23	42,31	38,46
Glória	0	19,23	34,62	46,15
Macururé	0	23,08	50,00	26,92
Chorrochó	0	26,92	42,31	30,77
Abaré	0	19,23	42,31	38,46

Fonte: Própria.

## CONCLUSÃO

Fez-se uma avaliação do uso e funcionamento da cisterna do P1MC, adotando como mecanismo de avaliação o diagrama de Pareto, a partir do estudo de variáveis técnicas, sanitárias, ambientais, institucionais e sociais. Foram investigados cinco municípios baianos que se encontram em estado crítico em relação à quantidade e regularidade das chuvas (Abaré, Chorrochó, Macururé, Glória e Santa Brígida).

A partir da construção dos diagramas, pode-se perceber que entre 15,6% e 31,2% das variáveis estavam com valor abaixo da média, sendo consideradas como crônica para o desempenho das cisternas. As situações mais críticas, ou seja, as 20% das variáveis abaixo da linha média, revelaram que o desvio das primeiras águas e a manutenção dos sistemas devem ser considerados para melhorar o uso e funcionamento da cisterna. A área do domicílio e do telhado, a forma de retirar a água da cisterna e sua limpeza também se apresentaram como pontos problemáticos.

Constata-se, assim, que um número significativo de problemas identificados pode ser solucionado a partir da existência de

programa de educação sanitária e ambiental continuado. Outros problemas podem ser equacionados por meio de ações do Poder Público, como fiscalização e acompanhamento do sistema implantado. A atuação sobre essas variáveis implicará em melhores resultados no uso e funcionamento da cisterna e, conseqüentemente, no acesso à água.

A avaliação geral feita pelo diagrama de Pareto indicou que menos de 24% das variáveis estudadas classificaram-se entre precário e regular, enquanto 44% foram satisfatórias e 32% muito satisfatórias.

É importante destacar que os trabalhos de campo evidenciaram um alto nível de satisfação dos usuários com as ações do P1MC, já que as cisternas significaram o acesso à água nas proximidades do domicílio, implicando em alterações significativas no modo de vida e nas estratégias para a garantia de um direito tão essencial como a água.

Os resultados indicam a necessidade do P1MC incorporar ações continuadas de educação sanitária e de assistência técnica, como também o acompanhamento do Poder Público local, já que este é o responsável constitucional pelas ações de saneamento

básico e, conseqüentemente, de abastecimento de água.

#### REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C.; PORTO, E. R. Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no Município de Petrolina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3., 2001, Petrolina-PE. **Anais...** Petrolina: ABCMAC, 2001.

ANDRADE NETO, C. O. Aproveitamento imediato da água de chuva. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 1, n. 1, p. 067-080, 2013.

ARAÚJO B.F. **Condições de manejo de sistemas de captação de água de chuva armazenada em cisternas de comunidades rurais no sertão paraibano**. 2014. 70f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande-PB, 2014.

BRITO, L. T. L.; GNADLINGER, J. **Relatório sobre a oficina: avanços nos estudos sobre cisternas: qualidade de água e cisterna de alambrado**. Petrolina: ABCMAC, 2006.

COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A.; DIAS, M. C. Consumo de água em residências de baixa renda – estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25., 2009, Recife/PE. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2009. 1 CD-ROM.

DELFIACO, A. M. **Bomba de acionamento manual para cisternas**. 2012. 47f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL E COMBATE À FOME. Secretaria Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. **Anexo Único da Instrução Operacional nº 01, de 09 de dezembro de 2013**. Brasília: SNSAN, 2013. Disponível em: <<http://mds.gov.br/assuntos/seguranca-alimentar/acesso-a-agua-1/marco-legal>>.

Acesso em: 2 fev. 2013.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Dinâmica das chuvas sobre o Nordeste do Brasil, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2000.

OMS. Organização Mundial de Saúde (OMS), Gabinete do Alto Comissário para os Direitos Humanos (ACNUDH), Centro sobre Direitos à Habitação e Despejo (COHRE), Water Aid, Centro de Direitos Econômicos, Sociais e Culturais. **O Direito à Água**. 2003. Disponível em: <http://www2.ohchr.org/english/iss>. Acesso em: 4 mar. 2016

ORNSTEIN, S. **Avaliação pós-ocupação (APO) do ambiente construído**. São Paulo: Studio Nobel: Editora da Universidade de São Paulo, 1992.

RUSKIN, R. H.; PATRICK, S. C. **Maintenance of cistern water quality in the Virgin Islands**. St. Thomas, U. S. Virgin Islands: Caribbean Research Institute, University of the Virgin Islands, 1988. (Technical Report n. 30)

SANTOS, M. J.; BOMFIM, E. O.; ARAÚJO, L. E.; SILVA, B. B. Programa um milhão de cisternas rurais: matriz conceitual e tecnológica. **UNOPAR Cient. Exatas Tecnol.**, Londrina, v. 8, n. 1, p. 35-43. 2009.

SILVA J. A. L.; MEDEIROS M. C. S.; DANTAS H. F. S. A.; FREITAS, J.P.; AZEVEDO, P.V. Captação de água de chuva em cisternas de placa: instrumento de gestão sustentável e socioambiental. **Polêmica**, v. 12, n. 3, p. 499-510, 2013.

SIMMONS, G.; HOPE, V.; LEWIS, G.; WHITMORE, J.; GAO, W. Contamination of potable roof collected rainwater in Auckland. New Zealand. **Water Resource**, v. 35, p. 1518-1524, 2001.

VILARIM, I. B. **O que há de tecnologia social no P1MC?** Uma análise da experiência com as cisternas de placas no sertão paraibano. 2012. 80f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2012.