

# CAPTAÇÃO, MANEJO E USO DE ÁGUA DE CHUVA

**ORGANIZADORES:**

**DELFRAN BATISTA DOS SANTOS  
SALOMÃO DE SOUSA MEDEIROS  
LUIZA TEIXEIRA DE LIMA BRITO  
JOHANN GNADLINGER  
EDUARDO COHIM  
VITAL PEDRO DA SILVA PAZ  
HANS RAJ GHEYI**



Campina Grande - PB - 2015

DOI: <http://dx.doi.org/10.12702/978-85-64265-13-4>





**CAPTAÇÃO, MANEJO  
E USO DE ÁGUA  
DE CHUVA**

**GOVERNO DO BRASIL**

**Presidenta da República**  
Dilma Vana Rousseff

**Vice-Presidente da República**  
Michel Miguel Elias Temer Lulia

**Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI**

**Ministro de Estado**  
José Aldo Rebelo Figueiredo

**Secretário Executivo**  
Alvaro Toubes Prata

**Subsecretário de Coordenação das Unidades de Pesquisa**  
André Tortato Rauen

**Instituto Nacional do Semiárido - INSA**

**Diretor**  
Ignacio Hernán Salcedo

**Diretor Substituto**  
Salomão de Sousa Medeiros

**Coordenador de Pesquisa**  
Aldrin Martin Perez Marin

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAPTAÇÃO E  
MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA - ABCMAC  
2012 - 2014**

**Presidente**  
Salomão de Sousa Medeiros

**Vice-Presidente**  
Eduardo Cohim

**1ª Secretária**  
Luiza Teixeira de Lima Brito

**2º Secretário**  
Johann Gnadlinger

**1º Tesoureiro:**  
Carlos de Oliveira Galvão

**2º Tesoureiro**  
Dalvino Troccoli Franca

# CAPTAÇÃO, MANEJO E USO DE ÁGUA DE CHUVA

Elaborado com base em apresentações e debates promovidos no  
**8º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva**  
realizado em Campina Grande - PB no período  
de 14 a 17 de agosto de 2012

## ORGANIZADORES:

**DELFRAN BATISTA DOS SANTOS**  
**SALOMÃO DE SOUSA MEDEIROS**  
**LUIZA TEIXEIRA DE LIMA BRITO**  
**JOHANN GNADLINGER**  
**EDUARDO COHIM**  
**VITAL PEDRO DA SILVA PAZ**  
**HANS RAJ GHEYI**



## **Equipe Técnica**

### **Editoração Eletrônica**

Wedsley Oliveira de Melo

### **Capa**

Wedsley Oliveira de Melo  
Salomão de Sousa Medeiros

### **Revisão de Texto**

Nísia Luciano Leão (Português)

### **Normatização**

Wedsley Oliveira de Melo  
Maria Sônia Pereira de Azevedo

### **Tradução do Inglês para português**

Johann Gnadlinger & Elizabeth Szilassy

### **Tradução do Espanhol para português**

Johann Gnadlinger

### **Impressão**

Gráfica Eduepb

### **Editora**

Instituto Nacional do Semiárido  
Av. Francisco Lopes de Almeida S/N; Serrotão; CEP: 58434-700  
Campina Grande, PB  
[www.insa.gov.br](http://www.insa.gov.br)

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Instituto Nacional do Semiárido/Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva

C\_ 175 Captação, manejo e uso de água de chuva/organizadores, Delfran Batista dos Santos, Salomão de Sousa Medeiros, Luiza Teixeira de Lima Brito, Johann Gnadlinger, Eduardo Cohim, Vital Pedro da Silva Paz, Hans Raj Gheyi – Campina Grande, PB: INSA.  
441p.: il, 210,0 x 29,7 cm

ISBN 978-85-64265-13-4

1. Recursos hídricos. 2. Água-manejo. 3. Cisternas-construção. I. Santos, Delfran Batista dos. II, Medeiros, Salomão de Sousa. III. Brito, Luiza Teixeira de Lima. IV. Gnadlinger, Johann. V. Cohim, Eduardo. VI. Paz, Vital Pedro da Silva. VII. Gheyi, Hans Raj. VIII. INSA. IX. ABCMAC.

CDD 631.7

Os temas, dados, figuras e conceitos emitidos neste livro, são de exclusiva responsabilidade dos respectivos autores. A eventual citação de produtos e marcas comerciais não significa recomendação de utilização por parte dos autores/organizadores. A reprodução é permitida desde que seja citada a fonte.

# PREFÁCIO

Uma rápida pesquisa na internet, utilizando o verbete “captação de água de chuva” reuniu perto de 680.000 resultados e um número semelhante com a palavra “cisterna”. A palavra “aljibe” (do espanhol) atingiu a marca de 800.000 resultados enquanto “algibe” (em português) alcançou somente 350.000 resultados. Um passeio por alguns desses resultados remeteu à captação de água de chuva no Oriente Médio (aljibe deriva do árabe), dezenas de séculos a.c., e à ocupação Moura da Península Ibérica, entre outros. Foram encontradas também referências da América, indicando que as civilizações Inca, Maya e Azteca utilizaram a captação de água de chuva para suprirem parte de suas necessidades com água.

Chama a atenção que durante a expansão colonial europeia, no século XVI, tenha-se deixado de lado essa prática de captação de água de chuva, sobretudo na ocupação da região semiárida, dando preferência a sistemas centralizados de distribuição de água, de baixa eficiência, que ainda nos dias de hoje atendem precariamente as cidades e não alcançam a população rural difusa.

Com o compromisso de contribuir com o desenvolvimento do Semiárido brasileiro e enfrentar os desafios causados em consequência da irregularidade climática regional, no início de 1980, a Embrapa Semiárido protagonizou um programa de pesquisa sobre captação e manejo de água de chuva visando atender as necessidades de água das famílias, contemplando o desenvolvimento e adaptação de tecnologias capazes de armazenar água para o consumo humano, animal e para produção de alimentos.

O avanço do conhecimento sobre esse tema culminou com a realização do 1º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, ocorrido em 1997, em parceria com o Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada (IRPAA), na cidade de Petrolina, PE. Dois anos depois, durante o 2º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva e 9º Simpósio Internacional de Captação de água de Chuva, novamente realizado em Petrolina, foi criada a Associação Brasileira da Captação de Manejo de Água de Chuva (ABCMAC).

Este livro, resultante das discussões ocorridas durante o 8º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, realizado em Campina Grande, PB, sob os auspícios da ABCMAC e do Instituto Nacional do Semiárido (INSA/MCTI), contempla também outros temas de importância para a captação de água de chuva, retratados nos capítulos do livro e abrange desde considerações gerais até estudos dirigidos de forma específica ao setor urbano, industrial e rural, com estudos de caso e aplicações.

Assim, desejamos que aquelas tecnologias mais promissoras, sejam rapidamente colocadas em prática. Parte da região semiárida está saindo aos poucos de uma estiagem prolongada e os prognósticos climáticos para o futuro próximo não são alvissareiros. Diante disso, é necessário pensar no aprimoramento dos sistemas de captação de água chuva também para o meio urbano, assim como uma maior conscientização da sociedade quanto à importância da captação e o uso responsável desse bem escasso e fundamental para a vida, que é a água potável.

**Dr. Ignacio Hernán Salcedo**

Diretor – Instituto Nacional do Semiárido-MCTI

# APRESENTAÇÃO

No início dos anos 1990, Dom José Rodrigues, Bispo de Juazeiro, BA, e Presidente Fundador do IRPAA - Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada, fez uma observação acertada, quando disse: “No Nordeste não falta água, falta justiça!” Assim ele corrigiu primeiro a opinião espalhada de que o Nordeste seria uma região inviável e de calamidades por causa de escassez de água e, em seguida, ele denunciou que a água do Semiárido, muitas vezes, faltava em consequência de projetos de grande porte como de barragens, de irrigação ou de transposição que somente beneficiavam uma parte da população e excluía a maioria ao acesso à água e, além, disso esgotavam os recursos naturais. Como uma resposta, a captação da água da chuva aproveitaria uma fonte de água não considerada como tal e distribuiria a água para um número maior possível de pessoas, já que a chuva cai em todos os lugares. Nos anos seguintes, um número crescente de pessoas e entidades conscientizou a população, colocando a captação da água de chuva no contexto maior do ciclo da água e da justiça distributiva, uma tecnologia de baixo custo, capacitando usuários e comunidades para gerir a sua própria água.

Eventos como o 1º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva - SBCMAC, em Petrolina, PE, em 1997, organizado pela IRCSA – Associação Internacional de Sistemas de Captação de Água de Chuva, pela EMBRAPA Semiárido e pelo IRPAA, e a 9ª Conferência Internacional de Captação de Água de Chuva, igualmente em Petrolina, PE, em 1999, incluindo participantes brasileiros e internacionais dos cinco continentes, da sociedade civil, de órgãos do governo e das universidades significaram grandes avanços para colocar a captação de água de chuva na pauta de discussão. Durante esta conferência o Dr. Adhityan Appan, então Presidente da IRCSA, disse: “As tecnologias de sistemas de captação de água de chuva são tão antigas quanto as montanhas. O senso comum diz – como em todos os projetos de abastecimento de água – armazene a água (em tanques/reservatórios) durante a estação chuvosa para que ela possa ser usada quando mais se precisa dela, que é durante a estação seca. Em outras palavras: ‘Guarde-a para o dia da seca!’ As tecnologias, os métodos de construção, uso e manutenção estão todos disponíveis. Além disso, o mais importante é que ainda existem muitos modelos que vêm de encontro as necessidades de países desenvolvidos e em desenvolvimento. O que mais

precisamos, é de uma aceitação geral dessas tecnologias e de vontade política para pôr em prática esses sistemas.” Nesta ocasião se organizou a ABCMAC - Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva e no mesmo ano fundou-se a ASA - Articulação no Semiárido Brasileiro, dando início aos programas de cisternas para água de beber e para a agricultura como elementos essenciais da convivência com o clima semiárido.

Se Dom José Rodrigues estivesse vivo hoje, ele teria a alegria de ver que com as experiências bem sucedidas de captação de água de chuva e outras medidas estruturantes de convivência com o clima semiárido que proporcionaram a milhares de famílias e comunidades tem uma vida sustentável. A exigência de uma estrutura abrangente sustentável no Semiárido significa aprofundar estas experiências na pesquisa e multiplicá-las pelas políticas públicas em todo o Semiárido e defendê-las de projetos especulativos, para também poder conviver com as estiagens periódicas e as mudanças climáticas.

Trabalhando há quase 25 anos com captação e manejo de água de chuva tenho imensa satisfação de apresentar e recomendar o livro “Captação, Manejo e Uso de Água de Chuva”, elaborado a partir das apresentações e discussões promovidas no 8º SBCMAC realizado em 2012 na cidade de Campina Grande - PB. As colocações de pesquisadores e promotores de captação e manejo de água de chuva, nacionais e internacionais, mostram o “estado de arte”, aprofundando a citada definição de Dr. Appan como num leque, abrangendo o panorama geral, o setor urbano, industrial e rural incluindo estudos e aplicações. O livro é concebido como orientação e guia prático não somente para acadêmicos, estudantes, técnicos, engenheiros, mas também para políticos e usuários sobre as potencialidades desta fonte de água ainda subutilizada no planejamento de gestão de recursos hídricos, não somente do semiárido, mas em todo o país, em áreas urbanas e rurais.

Parabenizo a ABCMAC, o INSA e todos os autores e autoras pela publicação do primeiro livro em língua portuguesa sobre o assunto que não poderia acontecer em momento melhor do que após o 9º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, ocorrido em Feira de Santana, BA.

**Johann (João) Gnadlinger**

Colaborador do IRPAA, Eixo Clima e Água

Presidente da ABCMAC de 2003 a 2007

Vice-Presidente da IRCSA de 1999 a 2009

# AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos diversos especialistas da área de recursos hídricos que estiveram envolvidos na organização desta publicação intitulada “Captação, Manejo e Uso de Água de Chuva”, onde nominamos em ordem alfabética apenas as suas instituições de origem:

Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva (ABCMAC);  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Semiárido);  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano);  
Instituto Nacional do Semiárido (INSA);  
Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada (IRPAA);  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB);  
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS);  
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG);  
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE);  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN);  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e  
International Rainwater Catchment Systems Association (IRCSA).

Da mesma forma, agradecemos as contribuições dos especialistas brasileiros e estrangeiros que contribuíram na elaboração dos 24 capítulos que formam este livro, fruto das discussões realizadas durante o 8º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Especial agradecimento também, aos agricultores experimentadores do Semiárido Brasileiro, por meio dos seus questionamentos e necessidades na lida diariamente contribuíram com as pesquisas de captação, manejo e uso de água de chuva.

**Comissão Organizadora**



# AUTORES E ORGANIZADORES

Abdon da Silva Meira Filho, Universidade Federal de Campina Grande, PB  
Albertina de Farias Silva, Universidade Estadual da Paraíba, PB  
Alisson Jadavi Pereira da Silva, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, BA  
Ana Paula Silva dos Santos, Instituto Nacional do Semiárido, PB  
Antônio Gomes Barbosa, Articulação do Semiárido Brasileiro, PE  
Ashok K. Sharma, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australia  
Aurélio José Antunes de Carvalho, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, BA  
Beatriz Susana Ovurski Ceballos, Universidade Estadual da Paraíba, PB  
Carlos de Oliveira Galvão, Universidade Federal de Campina Grande, PB  
Cicero Onofre de Andrade Neto, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, RN  
Cidoval Moraes de Sousa, Universidade Estadual da Paraíba, PB  
Delfran Batista dos Santos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, BA  
Denia Barbosa Kieronski, Universidade Estadual de Feira de Santana, BA  
Eduardo Cohim, Universidade Estadual de Feira de Santana, BA  
Emilio Tarlis Mendes Pontes, Universidade Federal de Pernambuco, PE  
Eugênio Ferreira Coelho, Embrapa Mandioca e Fruticultura, BA  
Francisco de Assis de Souza Filho, Universidade Federal do Ceará, CE  
Francisco Osny Enéas da Silva, Universidade Federal do Ceará, CE  
Grace Tjandraatmadja, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australia  
Han Heijnen, Ministry of Urban Development, Nepal  
Hans Raj Gheyi, Universidade Federal de Campina Grande, PB  
Hermani Loebler Campos, Universidade Federal de Pernambuco, PE  
Hermes Alves de Almeida, Universidade Estadual da Paraíba, PB  
Jacqueline Evangelista Fonseca, Universidade Federal de Minas Gerais, MG  
Janaína Oliveira de Araújo, Embrapa Semiárido, PE  
João Luiz Pena, Universidade Federal de Minas Gerais, MG  
Johann Gnadlinger, Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada, Juazeiro, BA  
José Arturo Gleason Espíndola, Universidad de Guadalajara, México  
José Barbosa dos Anjos, Embrapa Semiárido, PE  
José Pinheiro Lopes Neto, Universidade Federal de Campina Grande, PB  
José Roberto Santo de Carvalho, Universidade Federal de Pernambuco, PE  
José Wallace Barbosa do Nascimento, Universidade Federal de Campina Grande, PB  
Júlio Cesar Azevedo Luz de Lima, Universidade Federal de Pernambuco, PE  
Leo Heller, Universidade Federal de Minas Gerais, MG

Luciano Zanella, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, SP  
Luís Lucena Medeiros, Universidade Federal de Pernambuco, PE  
Luzia Teixeira de Lima Brito, Embrapa Semiárido, PE  
Manoel Batista de Oliveira Neto, Embrapa Solos, PE  
Manuella Lopes Figueiras, Universidade Federal de Pernambuco, PE  
Maria José da Silva, Universidade Federal de Sergipe, SE  
Maria Sonia Lopes da Silva, Embrapa Solos, PE  
Marcio Pessoa Botto, Fundação Nacional de Saúde, CE  
Marilla Silva Dantas Rocha, Universidade Federal de Campina Grande, PB  
Maysa Porto Farias, Universidade Estadual da Paraíba, PB  
Nilton de Brito Cavalcanti, Embrapa Semiárido, PE  
Paulo Roberto Lopes Lima, Universidade Estadual de Feira de Santana, BA  
Renato de Oliveira Fernandes, Universidade Regional do Cariri, CE  
Ricardo da Cunha Correia Lima, Instituto Nacional do Semiárido, PB  
Rodolfo Luiz Bezerra Nóbrega, Universidade de Goettingen, Alemanha  
Rozeane Albuquerque Lima, Universidade Federal de Campina Grande, PB  
Salomão de Sousa Medeiros, Instituto Nacional do Semiárido, PB  
Samira Maria de Oliveira da Silva, Universidade Federal do Ceará, CE  
Sandra Helena Silva de Aquino, Universidade Federal do Ceará, CE  
Savia Gavazza, Universidade Federal de Pernambuco, PE  
Silvio Orrico, Universidade Estadual de Feira de Santana, BA  
Sylvana Melo dos Santos, Universidade Federal de Pernambuco, PE  
Tamires de Lima Luna, Universidade Estadual da Paraíba, PB  
Teógene Souza de Sá, Universidade Federal do Vale do São Francisco, PE  
Tibério Santos Martins Silva, Embrapa Mandioca e Fruticultura, BA  
Uende Aparecida Figueiredo Gomes, Universidade Federal de Itajúba, MG  
Vagner Pereira Silva, Universidade Federal do Vale do São Francisco, PE  
Vera Lucia Antunes de Lima, Universidade Federal de Campina Grande, PB  
Vital Pedro da Silva Paz, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, BA  
Wandenúzia de Oliveira Silva, Universidade Regional do Cariri, CE  
Zhu Qiang, Instituto de Pesquisa para Conservação de Água de Gansu, China

# SUMÁRIO

Prefácio  
Apresentação  
Agradecimento  
Autores e organizadores

## Seção I: Panorama Geral

- Capítulo 1. *Convivendo com o Semiárido: A visibilidade e dizibilidade de experiências bem sucedidas de captação, armazenamento e manejo de água de chuva*** 03  
Ana Paula Silva dos Santos, Rozeane Albuquerque Lima, Delfran Batista dos Santos, Salomão de Sousa Medeiros & Ricardo da Cunha Correia Lima
- Capítulo 2. *Desafio da gestão integrada dos recursos hídricos: Reforma dos recursos hídricos e aproveitamento da água de chuva*** 27  
Francisco de Assis de Souza Filho, Sandra Helena Silva de Aquino, Samiria Maria de Oliveira da Silva & Francisco Osny Enéas da Silva
- Capítulo 3. *Água de chuva no manejo integrado dos recursos hídricos em localidades semiáridas: Aspectos históricos, biofísicos, técnicos, econômicos e sociopolíticos*** 37  
Johann Gnadlinger
- Capítulo 4. *Captação de água da chuva: Aspectos de qualidade da água, saúde e higiene*** 75  
Han Heijnen - Capítulo traduzido do inglês
- Capítulo 5. *Aspectos sanitários e de saúde pública associados ao uso da água de chuva*** 93  
Uende Aparecida Figueiredo Gomes, Léo Heller, Jacqueline Evangelista Fonseca & João Luiz Pena
- Capítulo 6. *A captação de água da chuva: Um modo sustentável para o desenvolvimento rural integrado no Planalto Loess de Gansu China*** 121  
Zhu Qiang - Capítulo traduzido do inglês

## Seção II: Setor Urbano e Industrial

<b>Capítulo 7. Viabilidade técnica e econômica da captação de água de chuva no meio urbano</b> Luciano Zanella	<b>147</b>
<b>Capítulo 8. Experiência mexicana sobre captação, aproveitamento e manejo de água de chuva</b> José Arturo Gleason Espíndola - Capítulo traduzido do espanhol	<b>169</b>
<b>Capítulo 9. Manejo e qualidade da água de chuva no setor urbano</b> Eduardo Cohim, Silvio Orrico & Denia B. Kieronski	<b>189</b>
<b>Capítulo 10. Políticas e programas de incentivo para a utilização de águas de chuva no setor urbano</b> Grace Tjandraatmadja & Ashok K. Sharma - Capítulo traduzido do inglês	<b>211</b>

## Seção III: Setor Rural

<b>Capítulo 11. Tecnologias de captação, manejo e uso da água de chuva no setor rural</b> Luiza Teixeira de Lima Brito, Maria Sonia Lopes da Silva, José Barbosa dos Anjos, Manoel Batista de Oliveira Neto & Antônio Gomes Barbosa	<b>241</b>
<b>Capítulo 12. Aspectos sociais, tecnológicos e sanitários dos avanços e desafios do uso da água de chuva no setor rural</b> Cícero Onofre de Andrade Neto	<b>273</b>
<b>Capítulo 13. Tratamento alternativo de água para consumo humano no meio rural – SODIS</b> Márcio Pessoa Botto	<b>293</b>
<b>Capítulo 14. Configurações de telhados para captação de água de chuva em edificações rurais</b> Abdon da Silva Meira Filho, José Wallace Barbosa do Nascimento, Vera Lucia Antunes de Lima & José Pinheiro Lopes Neto	<b>321</b>
<b>Capítulo 15. Aspectos tecnológicos das cisternas de placas</b> Paulo Roberto Lopes Lima	<b>341</b>

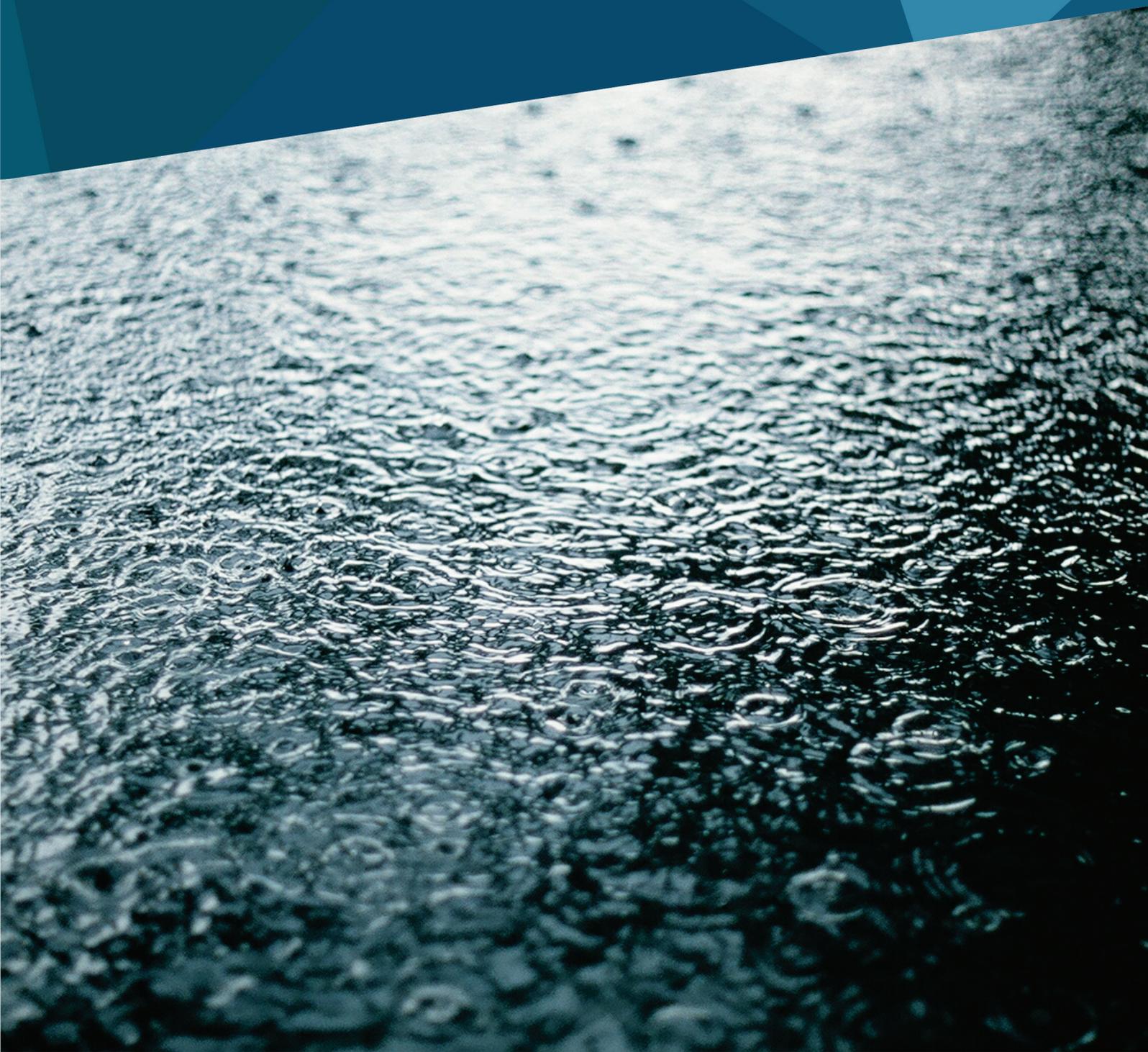
## Seção IV: Estudos e Aplicações

<b>Capítulo 16. Captação e manejo da água em regiões Semiáridas: Pesquisa comparativa entre o Sertão Pernambucano do Pajeú e São Miguel de Tucumán, Argentina</b> Emilio Tarlis Mendes Pontes & Hernani Loebler Campos	<b>355</b>
---	------------

<b>Capítulo 17. <i>Captação de água da chuva para produção de alface irrigada com sistemas de baixo custo</i></b>	<b>363</b>
Alisson Jadavi Pereira da Silva, Eugênio Ferreira Coelho, Teógene Souza de Sá, Vagner Pereira Silva, Aurélio José Antunes de Carvalho & Delfran Batista dos Santos	
<b>Capítulo 18. <i>Regime pluvial e potencial de captação de água para as microrregiões mais secas da Paraíba</i></b>	<b>373</b>
Hermes Alves de Almeida & Maysa Porto Farias	
<b>Capítulo 19. <i>Vulnerabilidade de cisternas rurais sob clima atual e futuro: Análise de três casos na Paraíba</i></b>	<b>387</b>
Marília Silva Dantas, Carlos de Oliveira Galvão & Rodolfo Luiz Bezerra Nóbrega	
<b>Capítulo 20. <i>Desafios do P1MC no Sertão Paraibano: Gestão e qualidade da água</i></b>	<b>395</b>
Tamires de Lima Luna, Albertina de Farias Silva, Cidoval Moraes de Sousa & Beatriz Susana O. de Ceballos	
<b>Capítulo 21. <i>Potencial de aproveitamento de água de chuva na região metropolitana do Cariri (RMC) Cearense</i></b>	<b>407</b>
Renato de Oliveira Fernandes, Wandenúzia de Oliveira Silva & Rodolfo Luiz Bezerra Nóbrega	
<b>Capítulo 22. <i>Influência do descarte das primeiras águas de chuva sobre a qualidade da água encaminhada às cisternas</i></b>	<b>415</b>
José Roberto Santo de Carvalho, Júlio Cesar Azevedo Luz de Lima, Manuella Lopes Figueiras, Luis Lucena Medeiros, Sylvana Melo dos Santos & Sávía Gavazza	
<b>Capítulo 23. <i>Água de chuva armazenada em cisterna produz frutas e hortaliças para o consumo pelas famílias rurais: Estudo de caso</i></b>	<b>424</b>
Luiza Teixeira de Lima Brito, Janaína Oliveira de Araújo, Nilton de Brito Cavalcanti & Maria José da Silva	
<b>Capítulo 24. <i>Produção de fruteiras irrigadas com água de chuva na região semiárida do Nordeste</i></b>	<b>431</b>
Nilton de Brito Cavalcanti, Luiza Teixeira de Lima Brito & Janaína Oliveira Araújo	
<b>Contato de autores</b>	<b>439</b>



# PANORAMA GERAL





# CAPÍTULO 1

## CONVIVENDO COM O SEMIÁRIDO: A VISIBILIDADE E DIZIBILIDADE DE EXPERIÊNCIAS BEM SUCEDIDAS DE CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

Ana Paula Silva dos Santos  
Rozeane Albuquerque Lima  
Delfran Batista dos Santos  
Salomão de Sousa Medeiros  
Ricardo da Cunha Correia Lima

# **CONVIVENDO COM O SEMIÁRIDO: A VISIBILIDADE E DIZIBILIDADE DE EXPERIÊNCIAS BEM SUCEDIDAS DE CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	05
<b>2 METODOLOGIA: A CONSTRUÇÃO DE UM CAMINHO</b>	08
<b>3 EXPERIÊNCIAS LOCAIS BEM SUCEDIDAS</b>	11
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	21
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	22

## 1 INTRODUÇÃO

*A cada dia homens e mulheres encontram novas alternativas de conviver de forma produtiva e sustentável com o Semiárido (O Candeeiro, n. 1406, 2013).*

O discurso de combate à seca sem a devida preocupação com a resiliência do bioma Caatinga, com destaque para a insegurança hídrica do espaço, alimentou com mais intensidade e de forma hegemônica práticas e diversas ações governamentais até a década de 1980. Estas ações resultaram em obras que afetaram a Caatinga em seu solo, regime pluviométrico, cobertura vegetal, e fluxos de água. Depois de 1980, no entanto, a perspectiva de convivência com o Semiárido muda não apenas os conceitos e o recorte geográfico em discussão, mas apresenta também outra alternativa para que o ser humano se relacione com o ambiente. Vejamos como ocorre a emergência desta alternativa no cenário brasileiro.

Em nível internacional a década de 1960 assiste o emergir de vários movimentos sociais, dentre eles, o movimento ambientalista. Some-se a este importante fator um repensar acadêmico a partir das mudanças no conceito de ecologia influenciadas por Eugene Odum. O autor atentou para o fato de que qualquer pequena ação em um ecossistema afeta o macro: em termos ecológicos, as ações e seus efeitos estariam conectados em uma grande trama. Neste mesmo período o movimento hippie nos Estados Unidos levanta a bandeira da não poluição. Foi neste cenário que a utilização dos recursos naturais, inicialmente vinculada à ideia de exploração da riqueza natural das nações, foi repensada. O Código Florestal de 1965 é um efeito disso: enquanto o Código Florestal de 1934 visualizava os recursos naturais brasileiros como algo infinito e se preocupava mais com a sua gestão, o de 1965 tinha ciência da finitude destes recursos e foco na preservação e proteção ambiental.

1970 e 1980 são décadas nas quais os ambientalistas, junto com os cientistas constroem a perspectiva da sustentabilidade. Como consequência emergem debates em torno da redução, reutilização e reciclagem de produtos atrelando-se à ideia de reduzir o consumo e preservar os recursos naturais. É aqui que o debate de convivência com o Semiárido se localiza: a preocupação global em gerir o crescimento econômico de forma que exista uma política de preservação dos biomas, garantindo a convivência das populações locais com o ambiente através de relações mais harmônicas.

A sustentabilidade é fabricada como oposição ao desenvolvimento proposto, medido pela renda per capita e pelo Produto Interno Bruto-PIB de cada nação, sem considerar outros fatores tais quais: a distribuição de renda e a qualidade de vida da população. A Organização das Nações Unidas-ONU estipula então o Índice de Desenvolvimento Humano-IDH, baseado em fatores quantitativos e qualitativos de uma determinada nação que auxilia a melhor definir o que seria um desenvolvimento sustentável (Veiga, 2008). O economista polonês Ignacy Sachs, referência para quem trabalha com sustentabilidade, opera o conceito através de três variáveis: a social, a ecológica e a econômica (Sachs, 2007).

Foi este desenvolvimento sustentável que serviu de base para a promulgação de uma ampla legislação em nível nacional e internacional: A Declaração de Estocolmo -1972, a Política Nacional do Meio Ambiente - Lei 6.938/81, a Agenda 21 - Rio-92, a Política Nacional dos Recursos Hídricos – Lei 9.433/97, o Protocolo de Kyoto-1997, as Resoluções CONAMA, a Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei 12.305/2010 e a Rio +20 -2012 estão entre os principais aparatos legais produzidos no país ou por ele recepcionados que exemplificam a preocupação brasileira com a gestão de seus recursos, a proteção de seu meio ambiente e o desenvolvimento de projetos com foco na sustentabilidade.

Alinhado a esse discurso da sustentabilidade em nível mundial, a EMBRAPA, influenciada pelo trabalho de várias Organizações Não Governamentais- ONGs, algumas que mais tarde comporiam a Articulação do

Semiárido-ASA, inicia no Brasil pesquisas com o intento de provar que é possível conviver com o Semiárido. Ao discurso que envolve o Nordeste brasileiro se agrega outra dimensão. Agora já não se fala mais em migração para o Sul como única possibilidade de redenção aos problemas que afetam a população nordestina. Criam-se condições para que a população conviva bem no espaço onde mora.

Opera-se um deslocamento na construção imagética do espaço conhecido como Nordeste: expressões como sertão, polígono das secas, Caatinga etc., são incorporadas e ressignificadas pelo debate do Semiárido brasileiro. Embora a estiagem seja um fenômeno natural, há muito de construído em torno de seu conceito, das variáveis que sustentam sua definição; não apenas da seca, mas dos outros termos acolhidos pelos recentes debates sobre o Semiárido.

O discurso científico, usado como ferramenta para legitimar as políticas públicas que liberariam verbas para mitigar os “efeitos” da escassez de recursos hídricos no Nordeste, aparece de forma mais incisiva. Estudos de Impacto Ambiental (EIA), pesquisas sobre índice de aridez do solo, delimitação de áreas passíveis de desertificação, acompanhamento de regime pluviométrico, pesquisas sobre as melhores lavouras a serem cultivadas considerando o cenário ambiental, melhoramento genético de espécies animais e vegetais, têm sido amplamente desenvolvidas pelas mais diversas instituições que têm por foco a melhoria na qualidade de vida da população do Semiárido. Este crescente banco de dados é manipulado de forma a alimentar e gerir as políticas públicas voltadas para o espaço em questão.

Foi neste cenário que foram criados a Articulação do Semiárido – ASA, e o Instituto Nacional do Semiárido – INSA, através da Lei 10.860/2004, reforçando a ideia de convivência e sustentabilidade neste espaço, buscando alternativas para resolver os problemas que afetam a população. Emerge então um novo discurso sobre o Nordeste brasileiro e se apresenta como uma alternativa ao discurso criado e institucionalizado anteriormente. Atente para que um discurso não é excludente do outro, são perspectivas e visões diferentes sobre o mesmo espaço que convivem mutuamente e transitam pelos mesmos territórios se aproximando ou se afastando conforme a conveniência do momento.

O desenvolvimento sustentável para a região Nordeste pode ser pensado a partir da perspectiva do ecorregional e hidrográfica (Little, 2002). É pensando a região do ponto de vista das grandes bacias hidrográficas que a transposição do rio São Francisco é apontada como a solução para um dos grandes problemas que afetam a população do Semiárido, que é a irregularidade do regime pluviométrico e a conseqüente escassez hídrica.

O foco de pesquisa e das políticas públicas é deslocado da perspectiva do bioma Caatinga, que é exclusivamente brasileiro devido ao seu patrimônio biológico singular, e toma uma perspectiva internacional, pois regiões semiáridas existem em vários países, em diferentes continentes. Há algo em comum, uma identidade entre o ambiente brasileiro e o de outros países. O debate toma feições internacionais. O que será pontuado é que o espaço do Semiárido brasileiro é o mais rico em diversidade do mundo, o mais habitado, e o mais chuvoso. Pesquisas paralelas dão conta dessa biodiversidade propondo o estudo do Semiárido não como um todo homogeneizado, mas a partir de suas microrregiões geográficas delimitadas por Vasconcelos Sobrinho desde a década de 1970, entre elas o Brejo, o Agreste, o Carrasco, o Cariri, o Seridó e o Curimataú (Vasconcelos Sobrinho, 1970, p.74), pensando em seus diferentes contextos e em alternativas de convivência diferentes considerando as condições naturais (variações climáticas e pluviométricas, vegetação, tipo de solo, entre outros) de cada microrregião.

O discurso que construiu o Nordeste brasileiro como uma região pobre, rural e atrasada na dicotomia Nordeste-Sul, muito forte e presente na sociedade atual (Albuquerque Junior, 2011), tem dividido espaço com o discurso de que é possível conviver com o Semiárido de forma sustentável.

Comparando as imagens do discurso produzido sobre o flagelo da seca e do discurso resultante da convivência com o Semiárido percebe-se o quanto a relação do ser humano com o seu meio é influenciada por uma série de aspectos culturais, econômicos, políticos e sociais que o cercam e que tem os mais variados níveis de intencionalidade.

Um aspecto que foi menosprezado em ambas as construções do espaço em questão é o fato de que este era habitado muito antes de emergirem os discursos sobre as adversidades supostamente provocadas pela estiagem. As práticas das comunidades tradicionais não foram e ainda não têm sido devidamente valorizadas pelos pesquisadores que tentam encontrar “receitas” para a convivência “harmônica e simbiótica” com a região semiárida e seus núcleos de desertificação. Experiências como a da maior parte dos grupos indígenas em Pernambuco, que habitam o Semiárido há um tempo considerável e aprenderam a lidar com as adversidades deste espaço, cultivando inclusive produtos com fundamentos na agroecologia, como é o caso dos Xukuru do Ororubá (Pesqueira e Poção), não são tão apreciadas quanto deveriam ser na formulação de políticas públicas (Silva, 2008).

Considerando o tamanho geográfico do Semiárido brasileiro (SAB) e as diferenças ambientais, culturais, econômicas, entre outras, é improvável que obras grandiosas atendam à população como um todo e mitiguem os impactos das adversidades climáticas. O Semiárido, ainda que pensado em um recorte mais hegemônico que o Nordeste, pelo menos em seu aspecto ambiental, tem que ser pensado de forma plural, tais quais as possibilidades de convivência com esse espaço. O que vem se modificando na verdade é a relação do ser humano para com o meio ambiente e para com a sociedade e a forma como se pensam e se geram estas relações.

Neste sentido, tendo por base toda a construção discursiva que apoiou e fundamentou as tradicionais políticas assistencialistas com foco na solução da insegurança hídrica do Nordeste, pautadas na construção de grandes açudes localizados principalmente no sertão, não mitigaram os problemas enfrentados pela população no período de escassez de água na região. O discurso de que a seca é um inimigo a ser combatido fundamentou e ainda fundamenta políticas públicas alimentando uma construção imagética de um Nordeste rural, atrasado, arcaico e incapaz, e de um nordestino produto deste meio: rude, analfabeto, rural, tradicionalista, patriarcal. Esta construção discursiva e imagética alimenta um cenário que favorece a elite local e nacional, composta de latifundiários que praticam a agricultura extensiva e a monocultura, estes mesmos latifundiários muitas vezes ocupam os cargos políticos que reivindicam e recebem as verbas para atenuar o sofrimento da população causado pela seca.

Uma das estratégias de convivência com o Semiárido defendida e valorizada por técnicos, pela sociedade civil e por estudiosos como uma alternativa que atende mais adequadamente às necessidades de uma população dispersa por um imenso espaço, são os sistemas de captação e armazenamento de água da chuva, criando reservas, usando tecnologias tais quais o barreiro trincheira, as cisternas calçadão, de pedra e de placa, entre outras.

Alguns questionamentos movem este artigo: o Semiárido brasileiro, se comparado às áreas semiáridas de outros países, é a região mais chuvosa. Entretanto, existe um déficit hídrico formado pela irregularidade das chuvas no tempo e no espaço, que alcança uma média pluviométrica entre 200 mm a 800 mm anuais. Considerando estes dados, como estes sistemas vêm contribuindo na produção da agricultura familiar? Que mudanças são capazes de provocar na vida das pessoas?

Segundo Cordeiro & Silveira (2010, p.14) “o acesso à água proporciona às famílias a experiência de pensar seus projetos de vida, visualizando as alternativas de viver bem na região e de ter novas perspectivas de trabalho e de organização comunitária”. Partindo desta afirmativa cabe indagar: o volume de água que se

consegue armazenar nas propriedades é suficiente para suprir dois anos de seca? O que se propõe a refletir não é apenas pensar o acesso às tecnologias, mas pensar a segurança hídrica e planejamento suficiente para segurar um tempo maior de seca.

A crise do paradigma de desenvolvimento adotado até então no SAB se instaurou pelo fato de que as políticas públicas privilegiaram a modernização da pecuária e a monocultura, com destaque às ações restritas aos programas assistencialistas e emergenciais e não provocaram impactos efetivos na mudança de vida da população.

Esse cenário evidencia a necessidade da população do Semiárido brasileiro de se preparar para os períodos chuvosos, adotando práticas de armazenamento de água. As tecnologias de captação e manejo de água de chuva são fundamentais nesse processo. Os métodos de construção, formas de uso e manutenção de cisternas calçadão, barragens subterrâneas, tanques de pedra, por exemplo, estão disponíveis, além de serem de baixo custo e fácil replicação. Isso implica na garantia de segurança hídrica em períodos de estiagem, porém os investimentos públicos ainda são insuficientes.

É nesse contexto que surge a proposta de apresentar experiências bem sucedidas de agricultores e agricultoras sobre captação, manejo e uso de água de chuva na região semiárida. Estudos como este são fundamentais para compreender, a partir da vivência e dos depoimentos da população, a importância de tecnologias sociais com esta finalidade, as mudanças provocadas na vida das famílias, bem como as estratégias de convivência com o Semiárido.

Mudando a forma de se relacionar com o meio, agricultores e agricultoras elevam a estima e mudam a forma como veem, dizem e sentem o espaço em sua volta. O olhar, o cheirar, o sentir o Semiárido são valores construídos a partir de suas experiências, de suas práticas, de suas vivências, das memórias que guardam deste lugar. É compreendendo que o bem estar e o respeito ao espaço são formados não apenas pelo bom aproveitamento dos recursos disponíveis, mas também pela sensibilidade que o ser humano desenvolve para com o local, pela construção de uma memória que lhe serve como um referencial positivo ou negativo, que analisaremos as experiências exitosas de convivência com o Semiárido e a superação de suas adversidades.

## 2 METODOLOGIA: A CONSTRUÇÃO DE UM CAMINHO

Escolheu-se como fonte de dados para análise, as experiências relatadas e publicadas (entenda-se publicação como textos de livre acesso) no portal da ASA - Articulação do Semiárido, uma rede constituída por “mil organizações da sociedade civil que atuam na gestão e no desenvolvimento de políticas de convivência com a região semiárida”<sup>1</sup>, já que o mesmo abrange uma coleção de boletins organizados por temáticas, disponíveis no “Banco de Experiências”, que permitem um retrato das vivências de agricultores e agricultoras, como parte de um processo importante de transformação, baseado em um novo modo de pensar e gerir ações de convivência com o Semiárido brasileiro.

A escolha do portal da ASA também ocorreu por ser uma base de dados legitimada por um conjunto de organizações sociais, as chamadas Unidades Gestoras Territoriais (UGTs) do Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2), responsáveis pelas sistematizações de experiências de famílias que estão em diferentes comunidades dos estados do Semiárido brasileiro (Alagoas, Bahia, Ceará, Pernambuco, Paraíba, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e no norte de Minas Gerais). No “Banco de Experiências” são compartilhadas “Histórias de vida de

<sup>1</sup><http://asabrasil.org.br> Acesso: 06/10/2013.

agricultores e agricultoras que convivem com o Semiárido”<sup>2</sup>, na forma de boletim de sistematização intitulado “O Candeeiro”.

O “Banco de Experiências” é uma ferramenta que tem sido adotada pela ASA por ser considerado um caminho para troca de conhecimento. Produzido pelo Programa P1+2<sup>3</sup> desde 2007, nos dias atuais alcança mais de 650 boletins de sistematizações. A ASA parte da concepção de que a sistematização “(...) cumpre importante papel na valorização e na reorganização do saber construído e acumulado localmente, além de promover a geração de novos conhecimentos”. Mais ainda “Constitui-se um processo coletivo de recuperação e registro de saberes e práticas locais de convivência com o Semiárido. E também um importante instrumento pedagógico de construção coletiva do conhecimento e divulgação de iniciativas bem-sucedidas no campo da agricultura familiar”<sup>4</sup>.

Considera-se ser um meio eficiente para conhecer e analisar experiências bem sucedidas no Semiárido brasileiro, em que agricultores e agricultoras contam suas próprias histórias através de relatos, imagens e depoimentos. Possui um grande poder de visibilidade e de fácil acesso à sociedade. No entanto, ressalva-se que o levantamento sobre o objeto de estudo em questão apresentado neste artigo deve ser considerado indicativo de tendência e como tal não pretende dar conta do todo. As experiências de captação, armazenamento e manejo da água de chuva no Semiárido brasileiro não se limitam à sua aparição no portal da ASA, ocorrem também em outros espaços sociais. Tomando por pressupostos esses limites impostos à abrangência desse estudo quanto às possibilidades de generalização dos seus resultados, vislumbra-se a possibilidade de extrair análises das publicações acerca de experiências bem sucedidas e, por conseguinte, contribuir para o debate sobre a temática do acesso à água na região, a partir do olhar dos próprios agricultores/as.

Neste sentido, é importante enfatizar que desde a sua constituição, em 1997, a ASA trata os seus/ suas agricultores/as com autonomia. Eles/as são os senhores/as da decisão, aos técnicos cabe o auxílio e a consultoria. Desta relação estabelecida entre a ASA, os agricultores/as e os técnicos, fabricou-se o conceito de agricultores/as-experimentadores/as. São eles/as quem constroem a convivência com o Semiárido, multiplicando as experiências bem sucedidas<sup>5</sup>.

Esse ambiente de divulgação de experiências abrange 14 temas: acesso à água, acesso à terra, agrobiodiversidade, agroflorestas, criação de animal, cultura, educação contextualizada, economia solidária, juventude, mulheres, organização comunitária, quintais produtivos, manejo da Caatinga e sementes. Para fins desse trabalho, focou-se apenas nos relatos experiências de “acesso à água” no setor rural, que apresentam diversidade de uso da água (beber, produzir, escola, animais...), e uso de tecnologias sociais diversas como cisterna calçadão, barreiros trincheira, cisterna de placas, entre outras.

A coleta de dados se deu no período entre agosto e setembro de 2013 e o instrumento de coleta foi o levantamento bibliográfico (por ser capaz de fornecer dados importantes e atuais relacionados ao tema investigado), tendo como fonte o acervo do portal da ASA Brasil. O levantamento foi realizado através da

<sup>2</sup><http://www.asabrasil.org.br> Acesso: 27/09/2013.

<sup>3</sup>O P1+2 - Programa uma Terra e duas Águas é um programa de formação e mobilização social para convivência com o Semi-Árido brasileiro, à semelhança do P1MC – Programa Um Milhão de Cisternas. Como objetivo estratégico, o P1+2 visa garantir acesso e manejo sustentável da terra e da água, promovendo a segurança alimentar (produção animal e vegetal) por meio da construção de processos participativos da população rural.” (Gnadlinger; Silva; Brito, 2005, p. 4) “O 1 significa terra para produção. O 2 corresponde a dois tipos de água – a potável, para consumo humano, e água para produção de alimentos. As famílias atendidas pelo P1+2 são selecionadas a partir dos seguintes critérios: • Famílias com acesso à água para consumo humano, a exemplo das cisternas do P1MC; • Mulheres chefes de família; • Famílias com crianças de 0 a 6 anos de idade; • Crianças e adolescentes frequentando a escola; • Adultos com idade igual ou superior a 65 anos; • Portadores de necessidades especiais”

Fonte: <http://www.asabrasil.org.br> Acesso: 10/10/13

<sup>4</sup><http://www.asabrasil.org.br> Acesso em 22/02/2014.

<sup>5</sup>Falcão, Fernanda C. de O.; Freire, Adriana G. Agricultoras e agricultores-experimentadores: protagonistas da convivência com o Semiárido. IN: Revista Agriculturas. v. 10. n.3 set 2013. p.35-42. Disponível em : <http://aspta.org.br/wp-content/uploads/2013/12/RevistaAgriculturasV10N3.pdf> . Acesso em 02/02/2012.

opção “Banco de Experiências/O Candeeiro”, selecionando-se “histórias de vida de agricultores e agricultoras que convivem com o Semiárido”, no qual se encontram os temas, os descritores (aquele que descreve, nesse caso as organizações sociais da ASA), e os estados, podendo classificar as informações. Neste sentido, através destas opções, pesquisou-se sobre o tema “acesso à água”, de todos os descritores e estados. Após essa consulta, foram apresentadas mais de 600 publicações e uma diversidade de experiências sistematizadas entre 2007 e 2013, por 76 organizações sociais dos 09 estados do Semiárido brasileiro.

Na impossibilidade de dar conta deste universo de experiências apresentadas, optou-se por selecionar apenas as publicações de 2012 e 2013, período apontado por especialistas como da última seca na região, tendo como referência as chuvas abaixo da média. Para obter representação regional, foi feita uma amostragem aleatória de boletins que tratam especificamente de captação, armazenamento e manejo de água da chuva vivenciados por famílias de diferentes estados.

Uma vez acessados os boletins de sistematização, as publicações foram organizadas por estado, em seguida impressas uma a uma, descartando-se apenas aquelas cujo arquivo estava inacessível. No segundo momento, selecionaram-se as produções que apresentaram no seu conteúdo uma relação com captação, armazenamento e manejo de água de chuva. Dessa forma, feito o mapeamento geral sobre a temática, os dados foram coletados para tratamento e análise.

O tratamento e análise dos dados foram realizados por meio da Análise de Conteúdo (Bardin, 1977), para adquirir conhecimentos quantitativos ou qualitativos, de forma sistemática e objetiva, a descrição do conteúdo das mensagens ou das comunicações. Sendo assim, constituído o corpus, formado pelas publicações identificadas, leram-se todos os boletins integralmente, privilegiando os trabalhos na sua totalidade. No primeiro momento, foi feita uma leitura individualmente, chamada “leitura flutuante”, conhecendo os textos, depois uma segunda leitura, mais precisa. Em alguns casos a primeira leitura foi suficiente para apreender os conteúdos e aspectos abordados sobre o tema. Em seguida delinearam-se análises mais detalhadas sobre os saberes e as vivências dos/as agricultores/as no Semiárido.

Em um momento posterior realizou-se a decomposição do corpus e codificação, transformando os dados brutos dos textos e agregando-os em unidades temáticas, iniciou-se a fase de agrupamento do conteúdo por recortes geográficos – os estados do Semiárido, para maior exploração do material e posterior interpretação dos resultados. Como resultado dessa análise buscamos identificar o perfil dos agricultores e agricultoras, as dificuldades enfrentadas (antes), as estratégias de enfrentamento (depois-mudanças), as tecnologias sociais (no contexto do Programa P1+2), a relevância destas tecnologias na visão dos beneficiários (no campo da segurança alimentar) e as organizações de apoio.

Os textos aqui analisados são interpretados como documentos-monumentos. Todo documento é fruto de escolhas e intenções de quem o elabora, e por isso mesmo é um monumento. Para Le Goff (1996, p.545) o “documento é um produto da sociedade que o fabricou segundo as relações de forças que aí detinham o poder”. Sendo assim, compreendemos ser estas fontes passíveis de cientificidade e de apreciação enquanto representação de experiências que podem se multiplicar e que reafirmam a possibilidade de convivência com o Semiárido como algo ao alcance de todos/as os que habitam este espaço e com ele se relacionam, considerando nesta relação não apenas aspectos econômicos, mas também políticos, culturais, sociais e emocionais.

### 3 EXPERIÊNCIAS LOCAIS BEM SUCEDIDAS

*Cada família que resolveu conviver com o Semiárido, que decidiu viver no sertão onde nasceu e cresceu, acha um jeito de construir uma vida boa por aqui (O Candeeiro, n.1058, 2013).*

*A seca ta braba, tem muita gente sofrendo, mas pode ter certeza que a gente que tem a cisterna sofre bem menos (O Candeeiro, n.942, 2012).*

A lógica da convivência com o Semiárido, a permanência das pessoas no campo, e o sonho de uma vida feliz. Estamos falando de uma nova época com mudanças relevantes. Do reencontro com a cultura, da possibilidade de viver no Semiárido com dignidade, pois no sertão tem de tudo e o que não tiver a gente inventa porque o lugar do agricultor e da agricultora experimentadora é no campo. Nós somos protagonistas da vida<sup>6</sup>.

Conhecemos e ouvimos várias histórias de pessoas que migraram para outros estados do Nordeste e do Sudeste nos períodos prolongados de seca, em busca de melhores condições de vida. Muitas dessas famílias fizeram o caminho de volta, uma parte delas não retornou por razões diversas, e outras ainda guardam o sonho da vida e do trabalho nas suas terras. Algumas dessas histórias são de renúncias e resistências diante das dificuldades, relatadas por diferentes protagonistas. São experiências de famílias agricultoras que moram em diferentes espaços, da Bahia ao Piauí, mas histórias que se encontram. Veremos como tecnologias sociais de captação, armazenamento e manejo de água de chuva têm contribuído para o fortalecimento da agricultura familiar e para reduzir a migração campo-cidade.

Casos como o da família de Valdiram Serafim da Silva e Maria Erivânia da Silva, moradores do Sítio Boa Vista, município de Belo Monte, Alagoas, que tentaram resistir à seca, mas as dificuldades os levaram a tentar a sorte em Santos/SP. Permaneceram por lá quatro anos e seis meses, desenvolvendo atividades num lava-jato e serviços domésticos, respectivamente. O agricultor revela: “o que a gente ganhava lá, mandava pra cá, para comprar a criação”, referindo-se as oito cabeças de gado que conseguiram comprar, o que seria a principal fonte de renda da família, afinal, a sua comunidade mantém a cultura leiteira da região.

Ao fazer o caminho de volta para o seu lar, terminaram a casa e conquistaram a cisterna de placa<sup>7</sup>. A família também cresceu com a chegada de um filho, José Tauan. A seca veio mais uma vez, não perderam o gado, mas tiveram que superar desafios. “Com o gado é muito difícil, diz ele, tem que investir muito e o retorno é pouco”.

Em seguida veio a conquista da cisterna-calçadão<sup>8</sup>, e o sonho de produzir verduras começa a se tornar realidade para a família. Valdiram colocou em prática o que aprendeu no curso de Irrigação Simplificada e Manejo de Água para Produção de Alimentos (SISMA), e não demorou muito para criar onze canteiros econômicos<sup>9</sup> com hortaliças e frutíferas. Por enquanto, vai buscar água na barragem de dois em dois dias, numa distância de 1 km. Nos dias atuais, a produção (verduras, frutas e o leite) gera renda para família, com a perspectiva de “com a cisterna [calçadão], (...) aumentar a produção” (O Candeeiro, n.1058, 2013).

Outro caso de convivência com o Semiárido é o de Jailson Francisco da Silva, alagoano de Jacaré dos Homens, que decidiu voltar para o Povoado Baixas, constituiu família e hoje não pensa em ir embora de novo, por isso “... faz de tudo, (...) planta, trabalha como pedreiro, pintor, eletricista”. Tudo para não ter que deixar o lugar que gosta tanto.” Mesmo assim, diante de mais de três anos de seca ele viu que teria que buscar outras alternativas fora dali, e sua esposa, Luzia, assume a atividade da agricultura, depois que conseguiram uma

<sup>6</sup> Baseado nas falas de agricultores e agricultoras participantes da mesa de abertura do 3º Encontro Nacional de Agricultoras e Agricultores Experimentadores. Campina Grande, 28 a 31 de outubro de 2013.

<sup>7</sup> A cisterna de placa é um reservatório de captação da água de chuva construído com placas de cimento pré-moldadas, no formato arredondado e coberta para garantir a qualidade da água armazenada, que é utilizada para consumo básico das famílias.

<sup>8</sup> A cisterna calçadão é uma técnica utilizada para captar água de chuva através da construção de um piso de cimento no solo. Normalmente está associada à cisterna de placa ou de pedra ou ainda a de enxurrada que recebe a água captada, armazenando-a para usos diversos.

<sup>9</sup> O canteiro econômico é uma técnica simples que permite famílias cultivar diversas hortaliças utilizando pequena quantidade de água.

cisterna-enxurrada<sup>10</sup>, garantindo o sustento da família, além de cuidar dos filhos e da casa. Passou a cuidar do arredor de casa, da sua terra, crescendo a produção e diversificando, dando até para vender. “Ainda é pouco, mas é um complemento que irá aumentar. A família se alimenta melhor. Tem coisas que já não precisa mais comprar...” (O Candeeiro, n.1055, 2013).

*É isso que Luzia espera com a volta de Jailson, que a família permaneça unida, produzindo. Que eles possam tirar da terra tudo que a família precisa. Trabalhando juntos, para que ele não mais precise viajar, não tenha mais que deixar sua produção e sua terra que tanto gosta. Para que a família continue se descobrindo e descobrindo no seu local cada dia mais riquezas e oportunidades (O Candeeiro, n.1055, 2013).*

Seu Eriberto Felix, do Povoado Paus Pretos, Monteirópolis/Alagoas, conheceu através de um programa na TV a barragem subterrânea e pensou como essa tecnologia poderia mudar sua vida. O agricultor diz: ‘Muita gente ria de mim, achava que eu era besta’, ao falar das pessoas e seus próprios familiares que não acreditavam que a barragem ia melhorar a vida da família. Diz ainda: ‘Meu sonho sempre foi provar pra toda essa gente que um pequeno pedaço de terra pode ser suficiente’. Hoje, a água já não é mais problema. “Ainda ajuda os vizinhos (...). A barragem represa a água na terra deles também. ‘Fica úmido por mais tempo’, Eriberto explica bem. Tem pro plantio e pra consumo, Eliene [esposa] também aproveita. Vem sempre lavar a roupa, mas sem prejudicar a colheita”. Além disso, com a barragem subterrânea<sup>11</sup>, a família diversificou a produção, aprendeu novas práticas, participou de cursos, visitas e reuniões, conheceu outras experiências, tirou lições, e recebe em sua propriedade visitas ensinando e aumentando o saber com a troca de conhecimentos (O Candeeiro, n. 1057, 2013).

Assim, ele avalia:

*... Tudo isso é possível porque essa família acredita. Sonha e constrói o sonho, não vive de esperar. A cada passo uma conquista, mais um sonho a semear. E o Semiárido vai se enchendo dessa gente que acredita. Vai mudando a paisagem, transformando tudo em vida (O Candeeiro, n. 1057, 2013).*

Com o título Cisterna-calçadão: fonte de alegria e alimentos saudáveis, o boletim n.1378 (2013), traz o relato da experiência do senhor João Miguel da Silva e sua esposa Irene Lisboa da Silva, que vivem no Sítio Alencar, em Piranhas, alto sertão alagoano, há 40 anos. O agricultor revela: “Sem a cisterna-calçadão era uma tristeza, eu não plantava nada. Mas depois que ela chegou aqui na minha propriedade trouxe mais alegria a todos nós. (...) Há seis anos eu tenho essa cisterna, com ela a nossa vida melhorou muito, eu planto quase todo tipo de verduras aqui. Essa cisterna é uma benção de Deus.”. Agora, a horta e as árvores frutíferas são abastecidas.

<sup>10</sup> A cisterna enxurrada é uma técnica de armazenamento de água da chuva. Ela é construída dentro da terra, ficando na superfície apenas a cobertura de forma cônica, e ligada a ela é construído um decantador que tem a função de filtrar a areia ou detritos que podem vir junto da água, sendo assim ele impede o acúmulo de resíduo no fundo da cisterna. O terreno é utilizado como área de captação.

<sup>11</sup> “A barragem subterrânea é uma tecnologia alternativa de captação e armazenamento da água de chuva no interior do solo. Ela é instalada em locais situados em ponto estratégico do terreno, onde escorre o maior volume de água no momento da chuva. Sua construção é feita escavando-se uma vala perpendicular ao sentido da descida das águas até a profundidade onde se encontra a camada mais endurecida do solo. Dentro da vala, estende-se um plástico com espessura de 200 micra por toda a extensão da parede, que, em geral, varia de 80 a 100 metros de comprimento. Após o plástico estendido, a vala volta a ser fechada com a terra. Nesta “parede, deve ser feito um sangradouro com 50-70 centímetros de altura. O plástico impermeável barra o escoamento da água da chuva, provoca a sua infiltração nos solo, o que reduz a evaporação. Desta forma, cria-se uma vazante artificial onde a umidade do solo se prolonga por longo tempo, chegando até quase o final do período seco no semi-árido.” Disponível em : [http://www.catalogosnt.cnptia.embrapa.br/catalogo20/catalogo\\_de\\_produtos\\_e\\_servicos/arvore/CONTAG01\\_490\\_22112006152516.html](http://www.catalogosnt.cnptia.embrapa.br/catalogo20/catalogo_de_produtos_e_servicos/arvore/CONTAG01_490_22112006152516.html) acesso em 10/03/2014

No estado de Sergipe, destaca-se a história de Seu Zacarias, D. Maria Reis, e seus filhos Fábio e Celso, que vivem em Tobias Barreto, povoado de Salobra, região do Jabeberi, sertão ocidental. Antes era necessário carregar água (cabeça, carro-de-mão ou carroça) dos barreiros – “um sistema de irrigação por gravidade”, que ficavam distantes do local de moradia. Para enfrentar a falta de água para cultivo, consumo e criação, a família construiu barreiro. Um dos filhos, Fábio, diz: “Os colegas do povoado mangavam de mim dizendo: trabalhar com água, trabalho mais besta, não dá dinheiro mexer com água. Enquanto eles vão falando, eu vou fazendo...”. A família foi ampliando e diversificando a produção, a criação de animais, e o próprio barreiro, utilizando-se de tecnologias populares. E nos dias atuais tiram toda sua alimentação da propriedade (O Candeeiro, n. 1023, 2013).

Na comunidade Maranduba, em Poço Redondo, alto sertão sergipano, reside a família de Seu Cícero Borges e Dona Dacilene. Ambos falam da relevância da tecnologia de captação de água de chuva para beber e produzir. Especialmente para a Dacilene, a conquista das cisternas (placa e calçadão) representou mudança significativa pois, assim como milhares de mulheres da região semiárida, cabia à ela carregar água. Com um sorriso no rosto diz: “Era um sofrimento pegar água, caminhava mais de uma légua, foi então que chegou essa primeira cisterna e eu não sei o que é mais carregar água (...). Para o agricultor, a cisterna calçadão ‘Foi a multiplicação das coisas, agora tenho horta com pimentão, tomate, couve, milho, sorgo, hortelã, pimenta ...’” (O Candeeiro, n. 1095, 2013).

Na Paraíba, o valor que a água tem, dona Marli e seu Anchieta conhecem bem. Casados há 35 anos, formam a família com mais duas filhas, e juntos vivem na comunidade Cachoeirinha dos Torres, município de Soledade. A família possui uma propriedade de cinco hectares e nela cultiva e colhe alimentos saudáveis, sem agrotóxicos, além de criar animais. Mas nem sempre foi assim. A falta de água foi um problema contínuo e em anos de seca chegava a caminhar 2 km para ter acesso a este recurso. A participação efetiva da família na associação comunitária de Cachoeirinha dos Torres e Santa Luzia, em reuniões, em Conselhos e, posteriormente, em Fundos Rotativos Solidários<sup>12</sup>, foi a forma de enfrentamento das dificuldades.

A aquisição da cisterna de 16 mil litros e de um barreiro trincheira de 500 mil litros, além de uma bomba popular para elevar água de um poço antes desativado, que hoje serve para produzir e dar aos animais, também foram fundamentais para melhoria a vida da família. Isso significou aumento da capacidade de estocagem: “A gente tem a preocupação de não desperdiçar água” diz Seu Anchieta.

Nos dias atuais, com a produção da horta, a família tira boa parte para o consumo e o excedente vende na feira local e na Bodega Agroecológica. Com a venda de ovos, por exemplo, a família lucra “cerca de 100 reais por semana”. Dona Marli diz: “Aí com o dinheiro a gente compra outros alimentos que a gente não produz (...) Aqui em casa não tem isso dele ou eu trabalhar mais num canto que outro, não. A gente se ajuda. Quando um não pode o outro faz”, destacando também a importância da divisão do trabalho.

Na avaliação da organização acompanhante (descritores) “A união e a perseverança da família de dona Marli e seu Anchieta são exemplos para a agricultura familiar camponesa de que a convivência com o Semiárido é fonte inesgotável de sabedoria e amor pelo trabalho. Prova de que a riqueza natural encontra-se onde o seu povo luta e resiste” (O Candeeiro, n. 1187, 2013).

No alto sertão paraibano, comunidade Cascão, que fica a 12 km do município de Cajazeirinha, mora seu Edival Ferreira de Lima, 66 anos, e dona Maria Mendes de Lima, 63 anos, casados há 43 anos, e tiveram 9

<sup>12</sup>“O fundo rotativo solidário é como uma poupança comunitária gerida coletivamente para fortalecer a agricultura familiar. Essa poupança é formada por meio da doação voluntária de recursos por cada membro participante do fundo ou ainda pode ser constituída a partir de ações e recursos externos destinados à comunidade”. Disponível em : <https://fundossolidarios.wordpress.com/o-que-sao-dos-fundos-solidarios/> acesso em 03/03/2014.

filhos. Seu Edival diz que no passado, em período de seca, enfrentou dificuldades na criação dos filhos tendo que trabalhar “nas frentes de emergência, e construir açudes nas terras de grandes proprietários sem ter direito sequer de pegar água”. Só quando chovia é que lucrava com o roçado de milho, arroz, batata e feijão, mas como morador tinha que dividir a produção. “Abandonou a terra do patrão depois de 20 anos de mão de obra escrava” (O Candeeiro, n. 1031, 2013).

Agora as coisas começam a melhorar com a aquisição da cisterna que armazena água para beber e da segunda cisterna-calçadão, para produzir. Ao redor desta cisterna, o agricultor planta verdura e legumes (coentro, melancia, alface, tomate, pimentão, além de frutíferas como laranja, acerola e limão). Busca produzir sem uso de agrotóxicos, consome e vende o que produz na vizinhança, tem planos de vender nas feiras de municípios vizinhos e de participar do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) do governo federal. Ele utiliza várias técnicas de manejo do solo e está sempre experimentando novas práticas.

A organização acompanhante avalia este caso:

*Há uma particularidade na experiência de seu Edival que provavelmente se torne incomum pra muitos, sua forma de agir com a terra e, com a natureza é de pura observação. O agricultor tira alguns momentos de seu tempo para pensar sobre as coisas que acontecem em sua volta, decifrando fenômenos que ocorrem através do vento, das matas, dos animais (O Candeeiro, n. 1031, 2013).*

Ainda no Alto Sertão paraibano, no município de São Francisco, comunidade Vitorino, encontramos dona Maria dos Remédios, 52 anos, e seu Zé Carneiro, 56 anos. Casados há 32 anos, passaram boa parte desses anos na cidade de São Paulo. Em 2011 decidiram regressar e logo foram contemplados com a cisterna-calçadão. A agricultora diz que

*...se não fosse a cisterna não tinha a menor condição de viver na propriedade (...). Antes da cisterna-calçadão, tinham a metade do que tem hoje. Depois dela a forma de se planejar e produzir ganhou outra dimensão. O cuidado extremo em economizar água é indispensável, tudo é pensado para poupar e manter maior produtividade com segurança (O Candeeiro n. 1253, 2013).*

Como agricultora experimentadora, ela está sempre atenta às novidades. Com criatividade, reaproveita a água, cultiva plantas medicinais, utiliza práticas de manejo (...) Ao conhecer formas de convivência com o Semiárido, seu desejo é de permanecer no campo.

Armazenar água é mais que construir reservatórios. A história de dona Eliete e de seu Luiz Souza traz este ensinamento. Moradores do Sítio Salgado dos Souza, em Solânea, Paraíba, possuem uma propriedade de 35 hectares. O agricultor lembra que a terra herdada dos pais era seca por falta de cuidado. No período de estiagem a dificuldade aumentava e havia um problema sério de abastecimento de água. “Na comunidade do Salgado só existia um tanque de pedra para mais de 50 famílias”. Com as frentes de emergência e os mutirões comunitários o tanque foi aumentando, porém a água acabava rápido e sua família e os vizinhos precisavam se deslocar 8 km de distância até o Sítio do Saco dos Campos. Conta dona Eliete:

*Era uma aflição. Cada família só podia pegar uma carga d'água (80 litros) para tudo. Tinha famílias que tinham até 15 pessoas. A gente tinha que lavar roupa no brejo. A gente ia de manhã e só voltava à noite. A água que sobrava do banho dos meninos tinha que aproveitar para ensaboar as roupas (...). (O Candeeiro, n.903, 2012).*

Ao longo dos anos, a família foi melhorando suas experiências e investindo na propriedade. Construíram várias tecnologias como “cisternas, tanques de pedras, barreiro trincheira, mandala e poços amazonas

no leito das barragens subterrâneas”. Foi através das visitas de intercâmbio que aprenderam a construir barragens subterrâneas, chegando a ter quatro delas em sua propriedade. Hoje, mais prevenidos, a realidade não é aquela dos anos 1970 e já não sentiram tanto as secas de 1999, 2003 e 2012. Nesta última seca que se estende até os dias atuais, o agricultor diz que a vida das famílias melhorou porque quase todas elas possuem cisternas.

Água, um direito essencial à vida é o título do relato da experiência da família de Sivaldo Ribeiro (bolinha) e de dona Joaquina Maria dos Santos, moradores da comunidade de Umbigudos, localizada a 6 km da sede do município de Pindaí, na Serra Geral, sudoeste da Bahia. O acesso à água também era uma dificuldade para a família que precisava se deslocar até a serra transportando a água para beber em carro de boi ou em latas. “Era preciso em regime de mutirão, fazer a limpeza do tanque, exposto a qualquer tipo de sujeira. Era um espaço comum tanto para as pessoas quanto para os animais” (O Candeeiro, n. 928, 2012).

Em 2010 a família conquistou a cisterna de placa para consumo humano. No ano seguinte obtiveram a cisterna-calçadão para produção de alimentos, possibilitando a diversificação de culturas (verduras, plantas medicinais, feijão, milho, abóboras), utilizando os canteiros econômicos e buscando garantir segurança alimentar. O manejo da água é feito através de um sistema de irrigação desenvolvido por seu Sivaldo, que melhorou o tempo de colheita das hortaliças (menos de 60 dias). O excedente da produção é comercializado ou partilhado. Isso favorece a melhoria do orçamento doméstico e das relações comunitárias. Através dos intercâmbios, especialmente praticado por dona Joaquina, a família aprende novas técnicas, a exemplo do uso de defensivos naturais para o controle das pragas. Afirma Sivaldo: “Agora, a gente vive sossegado com as caixas [cisternas] cheias de águas, antes o sofrimento era demais”. A família pensa que “... a implantação de mais tecnologias de captação e armazenamento de água na comunidade, (...) possa minimizar o sofrimento dos moradores que ainda vivem sem água de qualidade” (O Candeeiro, n. 928, 2012).

No oeste baiano, comunidade de barreiro, no município de São Félix do Coribe, dona Durvalina Souza Lima e seu Nilson Souza Lima, pais de 3 filhos, vivem há mais de 40 anos. A história da família é marcada por lutas para manter uma vida digna, pela criatividade, por aprendizados, esperanças e conquistas. “Em seus depoimentos, contam que, com a chegada das cisternas de placas da ASA na região, a qualidade de vida das famílias mudou de forma significativa. ... as cisternas de produção em processo de construção (...) garantirá ainda mais a sobrevivência ...” (O Candeeiro, n. 1019, 2013). Dentre as dificuldades encontradas, dona Durvalina destaca os estudos. Alfabetizada junto com os filhos numa escola pública, concluiu o ensino médio e participa de cursos. Foi assim que ela aprendeu a trabalhar com medicina alternativa (curso de Bioenergética), uma oportunidade que hoje traz frutos e reconhecimento, e contribui para saúde da população daquela região há mais de 6 anos. “Por semana são atendidas uma média de 10 pessoas que buscam através da medicina alternativa uma opção de viver melhor através dos tratamentos naturais” (O Candeeiro, n. 1019, 2013).

Na propriedade, o casal diversifica a produção (horta, plantas medicinais e ornamentais), cria pequenos animais, prepara requeijão e um dos filhos faz queijos e doces, garantindo alimento para família e renda através da comercialização dos produtos na feira e já distribui em municípios vizinhos. Para a organização acompanhante “o casal é um exemplo de quem realmente sabe viver e conviver com o semiárido” (O Candeeiro, n. 1019, 2013).

Histórias de convivência com o Semiárido como as descritas até o momento, bem como outras que existem, merecem uma reflexão: a quem interessou ou ainda interessa manter uma imagem de região pobre, atrasada, seca, de chão rachado, animais mortos e pessoas sem instrução? A quem favoreceu as grandes obras hidráulicas, os carros pipa, as frentes de emergência?

As alternativas de combate ou enfrentamento da seca, baseadas apenas no fator climático, não foram capazes de criar políticas adequadas para uma vida digna e produtiva na região semiárida. Conviver com o Semiárido implica também no combate a dependência política das famílias, a postura de gratidão pelas “doações” dos benfeitores, as práticas emergenciais e assistencialistas, além de compreender que a seca é um problema estrutural com fortes condicionantes sociais e políticos.

O agricultor José Carlos Alves Barreto, de 56 anos, mais conhecido como “Lili” na comunidade de Petim, município de Castro Alves, Bahia, diz: ‘Mesmo convivendo com essa falta de chuva, sempre busquei alternativas pra não sair do lugar onde nasci’. Por não confiar na origem da água do carro pipa, e para não dever favores a políticos e fazendeiros, seu Lili nunca acessou água de carro pipa (O Candeeiro, n.1477, 2013).

Trabalhar com a terra é o desejo de todo agricultor e toda agricultora. No cenário seco do Araripe pernambucano, sítio Gravatá, a 20 km de Ouricuri, “brota riqueza e vida (...), [e] o agricultor Francisco de Assis é mais um exemplo de que nessa terra se plantando tudo dá, e para tanto, só é preciso dar condições de estocar o que a natureza oferece: a água” (O Candeeiro, n. 1051, 2013). A experiência deste agricultor, também conhecido como “Pipiu”, e de dona Luzinete Cassiano da Silva, sua esposa, com os 5 filhos, demonstra que é possível permanecer no campo e conviver com a estiagem. Na propriedade, a família consegue produzir hortaliças, legumes e algumas fruteiras para o consumo e a venda, a partir da diversificação. Com a água de beber garantida, a produção de hortaliça, com base nos princípios da agroecologia, foi iniciada em 2012, em pleno período de seca, e deu certo com a boa gestão da água de um poço e da cisterna calçadão, utilizando sistemas que economizam água e evitam o desperdício como microaspersores (distribui a água diretamente na planta, parcela as dosagens) e o gotejamento (aplica a água de forma pontual, na superfície onde está localizada a planta).

Nos dias atuais, a família

*fornece alimentos para o Centro dos Produtores Agroecológicos do Araripe (Copagro), para três verdurões da cidade, e vai começar a vender também para a merenda escolar através do Programa Nacional de Alimentação Escola (PNAE). A renda proveniente da venda das hortaliças está em torno de R\$ 900,00 por mês e com previsão de aumento (O Candeeiro, n. 1051, 2013).*

O “planejamento é a base de todo trabalho” diz seu Eronildo de Souza Lopes, agricultor de 38 anos. Casado com dona Marileide Ferreira dos Santos e pai de 3 filhos, residem do sítio Caldeirão, em Araripina, Pernambuco. A história da família também foi de dificuldade de acesso à água para beber e uso doméstico, quando tinham que se deslocar até uma cacimba próxima. A família conseguiu ampliar a propriedade, estocar alimentos suficientes para o período de estiagem, por esta razão não precisavam vender os animais. Com a cisterna de placa (16 mil litros de água) para consumo humano, em 2012 adquiriram a cisterna calçadão (52 mil litros de água), que mesmo nesse período de seca, foi utilizada para armazenar água para os animais.

O agricultor afirma:

*Quando tive certeza que não ia chover esse ano [2012] fiquei preocupado, mas o planejamento, a estocagem e a mistura dos alimentos me fez acreditar que seria possível sobreviver às dificuldades. Vendi cinco gados e com o dinheiro comprei mais alimentos para manter os outros que ficaram, e não me arrependi dessa decisão (O Candeeiro, n. 962, 2012).*

A história desta família nos faz refletir sobre a importância de pensar a política pública considerando os diferentes semiáridos, com suas particularidades e necessidades. Os relatos das experiências dos agricultores e agricultoras contribuem para repensar modelos tradicionais distantes das realidades e que não contribuem

para práticas sustentáveis na região. Um exemplo positivo é a substituição do modelo agropecuário extensivo, pelas raças adaptadas e mais resistentes (Gado Pé-Duro, caprinos e ovinos, aves etc).

Apesar dos avanços, as políticas públicas ainda são insuficientes, por isso a necessidade de priorizar as ações considerando aspectos como a dispersão da população rural, as necessidades apontadas pelos/as próprios agricultores/as, entre outros. Existem comunidades isoladas que enfrentam muitas dificuldades, sem acesso a direitos básicos como água, educação, alimentação, a exemplo das comunidades Jundiá de Cima e Olho D'água de Dentro, situadas no município de Jataúba, Agreste Central de Pernambuco. O acesso à água de qualidade ainda é um problema para as famílias destas localidades, que dependem de uma mina (água de nascente). O agricultor Francinaldo Julião revela: 'A gente esperava várias horas para conseguir uma lata d'água. Isso porque a quantidade de água que sai por dia da mina não dá para todo mundo' (O Candeeiro, n.145, 2012).

Em 2002, o governo de Pernambuco construiu algumas cisternas, mas a água armazenada era utilizada pelas famílias para vários fins. O resultado disso é pouca água e baixa qualidade desse recurso para beber durante a maior parte do ano. Sendo assim, a alternativa foi acessar a água das cisternas das escolas, abastecidas pelo Exército duas vezes por semana. "Uma pessoa da comunidade fica responsável por controlar a distribuição da água. Cada família tem direito a uma quantidade máxima (...) de quatro latas (...)" (O Candeeiro, n.145, 2012). Só 10 anos depois, em 2012, as duas comunidades receberam 9 cisternas calçadão, possibilitando a produção de alimentos.

Mesmo diante desses desafios, são notórias as mudanças na vida das pessoas após a conquista das tecnologias de captação e armazenamento de água de chuva, especialmente para as mulheres que andavam quilômetros em busca de água para a família, além de gerenciar este recurso. Ainda no Semiárido pernambucano, são comuns histórias como a da dona Lidaci Macena de Moura, 49 anos, que nasceu e se criou na comunidade sítio Barra Nova, em São José do Egito, Sertão do Pajeú, das agricultoras Ana Paula Ferreira, moradora do sítio Cabugi e de Josefa Gonçalves, "Zezilda", da comunidade de Queimadas, ambas do município de Cumaru, bem como de dona Eliete de Macedo Oliveira, 44 anos, que mora na Serra da Rancharia, município de Araripina, que relatam o sofrimento de ter que carregar água com lata na cabeça ou ter que colocar as ancas cangaia no jumento para transportar, e a alegria de ter em suas propriedades diferentes tipos de tecnologias (cisterna de placa, calçadão, cisterna telhadão).

Com a possibilidade de ter água para beber, produzir e criar animais, elas fazem planos e ressaltam a relevância da organização dos agricultores e agricultoras, da participação ativa nas reuniões, das capacitações, dos saberes populares. Suas produções são enriquecidas com cuidados especiais. Dona Eliete diz: 'Sinto ciúmes das minhas plantas, então tudo que vier pra cá no sentido de melhorar a minha horta, estarei pronta para trabalhar e receber' (O Candeeiro, n. 1135, 2013; O Candeeiro, n. 963, 2012; O Candeeiro, n.1002, 2012).

Seguindo para Minas Gerais, município Chapada do Norte, lá na comunidade Morro Branco, encontramos a família de seu Valter Lemos de Matos e Andreлина de Matos Souza, sua esposa, e seus filhos Patrícia e Wagner. Eles já andaram longas distâncias para buscar água para o consumo da casa, como consequência, havia dificuldade para produzir. Fatos que levaram seu Valter a migrar durante 25 anos em busca do sustento da família, por meio do trabalho com colheita do café, corte da cana de açúcar e construção civil. Foi a partir de 2003 que houve uma grande transformação com a aquisição da cisterna de placa, seguida da conquista da cisterna-calçadão, em 2009. Somou-se a isso a construção de uma barraginha (sistema de contenção de erosão), ampliando a produção, além de melhorar a alimentação da família e a renda com a venda do excedente na feira livre do município. "Por serem feirantes também conseguiram outros benefícios (...), como a compra conjunta de esterco e assistência técnica ..." (O Candeeiro, n. 1321, 2013).

Em 2013, a família contou com água pra produzir e seu Valter agora trabalha como pedreiro na construção de cisternas pela ASA. “A família acredita que com a cisterna de placa, a cisterna-calçadão e a barraginha, eles terão água para produzir alimentos durante todo o período da seca” (O Candeeiro, n. 1321, 2013).

O acesso à água deve vir junto com a qualidade desse recurso, garantindo a saúde das pessoas. Não é suficiente preocupar-se apenas com a aquisição das tecnologias de captação e armazenamento de água. A experiência da Escola Municipal Palmeiras IV, localizada na comunidade de Várzea da Manga, em Bonito de Minas, que envolve professores, pais mães, estudantes e gestores da educação, nos mostra aprendizados neste sentido. Dona Edilaine, mãe de um estudante, revela que seu filho foi diagnosticado com hepatite por consumir a água do poço artesiano, e revela: “eu tinha de ferver água para casa e para ele levar em garrafinhas para a escola” (O Candeeiro, n. 104, 2012). Hoje, com o filho recuperado, a água que consomem é de qualidade. Ela adquiriu uma cisterna de placa, e a escola uma cisterna de 52 mil litros (através do Programa Cisternas nas Escolas, desenvolvido numa parceria entre a ASA e o governo do estado de Minas Gerais).

O esforço da comunidade para construir a cisterna da escola (também chamada de caixas d’água em Minas Gerais), no oferecimento do lanche e da mistura para o almoço dos pedreiros e serventes, foi fundamental. Verificou-se nesse processo que o problema da qualidade da água não era só da escola. Agora, “graças à abundância de água da cisterna na escola” a horta é mantida por apenas duas pessoas, enriquecendo a merenda. “A secretária de educação Elaine e a professora Edileisa, contam que o tema da água é de suma importância e muito rico e perceberam isso a partir da elaboração de um seminário junto aos alunos sobre o semiárido (...), subsidiado pelas cartilhas e DVD ‘Cisterna nas Escolas’, produzidas pela Articulação do Semiárido (ASA)” (O Candeeiro, n. 104, 2012).

Na região semiárida também existe a luta de comunidades que tem sua vida em torno do rio São Francisco. O rio dos Cochós, no Norte de Minas Gerais, “percorre 8 comunidades rurais até chegar no Ipuera e finalmente no rio São Francisco, passando pela vida de cerca de 300 famílias, em sua maioria agricultores e agricultoras familiares” (O Candeeiro, n. 1009, 2012). Sete destas comunidades estão situadas no município de Januária. O incentivo do governo federal nos anos 1980 para monocultura do eucalipto gerou desmatamentos e houve assoreamento do rio dos Cochós, causando impactos na vida da comunidade. Entre os anos 1995 e 1998 iniciou-se um processo de mobilização de alguns moradores da comunidade, que escreveram um projeto para recuperação do rio e revitalização da bacia e tiveram o apoio de organizações nacional e internacional.

Em 2003 houve a criação da Associação dos Usuários da Sub-Bacia do Rio dos Cochós, objetivando “ter mais independência para tocar o projeto e melhorar o diálogo e as parcerias inclusive com as associações comunitárias da sub-bacia dos cochós”. O movimento foi ganhando forças e continuou com manifestações, desenvolvendo estratégias a exemplo da contenção de enxurrada, reivindicações junto ao poder público, além de estabelecer parcerias com universidades para acompanhar os projetos de pesquisa na região.

*Hoje, Jacy [um dos componentes do grupo de articuladores] percebe que o rio demora mais a secar no período de estiagem ... Um dos maiores desafios para a preservação do rio dos Cochós foi o incentivo à geração de renda com outras atividades que não degradam o meio ambiente ... Foi incentivado também que as pessoas aproveitassem água da chuva ao invés de continuar sugando do rio. Adailton [outro componente do grupo de articuladores] lembra como foi difícil. As famílias não tinham costume. Sempre no primeiro momento estranhavam a novidade, mas depois quando viam que dava certo elas acreditaram (O Candeeiro, n. 1009, 2012).*

Geraldinho, outro articulador, ressalta que o sucesso do projeto é resultado de uma iniciativa do povo, “não veio de cima para baixo como normalmente as ações chegam nas comunidades rurais” (O Candeeiro, n. 1009, 2012).

Dentre as regiões naturais do Semiárido encontram-se as serras, uma delas, serra de João do Vale, está situada entre os municípios de Jucurutú, Augusto Severo e Triunfo Potiguar, no estado do Rio Grande do Norte.

*A resistência do povo da Serra é conhecida na região, sobretudo, pelas lembranças das décadas de 1970 e 1980, nos anos de seca, quando as pessoas desciam e saqueavam comércio e a unidade local de extensão rural exigindo soluções dos governos para os efeitos devastadores das irregularidades de chuvas sobre as reservas alimentares (O Candeeiro, n. 1425, 2013).*

Famílias como a de George e Mariquinha, a de dona Zeni e Leomar, e a de seu Damião e dona Maria Laura, destacam a melhoria da produção agroecológica e da qualidade dos alimentos para consumo familiar e comercialização do excedente, com a implantação da tecnologia social da cisterna-calçadão (52 mil litros). Conforme seu Zeni, quando há risco de faltar água ‘a gente completa com a água da adutora que vem de mês em mês. Nunca mais faltou água, produção e renda’ (O Candeeiro, n. 1425, 2013).

No município potiguar de Augusto Severo, comunidade Caiana, mora dona Luiza Zulmira, 55 anos, e seu Severino Fernandes, 68 anos, e 7 filhos. A organização é uma marca da comunidade. A associação local hoje possui 55 membros, tendo a representação de quase todas as famílias. Um dos filhos, Benedito ‘o social’, é presidente desta organização, e conhecido pela sua atuação nos movimentos sociais. A família sobrevive da produção e comercialização na feira de quitutes, de hortaliças, e da galinha caipira. A comunidade foi uma “das primeiras a universalizar a construção de cisternas de 16 mil litros” (O Candeeiro, n. 1175, 2013). Após garantir água para beber, a luta é para garantir a segunda água para todas as famílias da comunidade, fortalecendo ainda mais a produção, como aconteceu com o agricultor Raniel ao conquistar o barreiro trincheira em 2012, reduzindo também o trajeto de 6 km para buscar água. Entretanto, diz Benedito, o sonho da comunidade é conseguir que a adutora do sertão traga água da barragem de Umari, distante de lá 20 km.

Intitulado Cisternas que transformam a realidade no Sertão do Piauí, o boletim O Candeeiro, n. 1353 (2013), traz a experiência da família do seu Eliseu Dias da Silva, de 57 anos, e de dona Luiza Brito Nascimento, 60 anos. Desde 1982 residem na comunidade Pé da Serra, município de Assunção do Piauí. Ali nasceram e criaram seus filhos. Devido às dificuldades com a falta de água, em períodos críticos, abandonavam o local. A agricultora relata:

*Até mais ou menos os meses de junho e julho tinha água, mas em tudo que o inverno acabava, também acabava a água, aí a gente ia carregar de Assunção na jumenta, naquele tempo era lata d’água, cabaça, colocava no jacá e trazia, era tempo difícil, porque aí tinha que ficar uns trabalhando e outros carregando água ... Não tinha água nem pra beber, ... às vezes não tinha nem pra tomar banho, porque eu não vou mentir, a água era só pra beber mesmo (O Candeeiro, n. 1353, 2013).*

A realidade da família mudou com a conquista das cisternas de captação e armazenamento de água para beber (16 mil litros) e para produzir (52 mil litros). Nos dias atuais o casal possui horta, árvores frutíferas e cria aves e porcos, servindo para consumo e para comercialização. Além disso, não tem mais necessidade de migrar em busca de alternativas. Se há pouca chuva, recorre à defesa civil, que abastece o reservatório, dando pra atender as necessidades. Esta experiência nos faz refletir sobre a necessidade de gerar pesquisas e levantar dados que fomentem políticas públicas capazes de aumentar e potencializar a capacidade de armazenamento de água, de acordo com as várias necessidades e realidades existentes no Semiárido.

No Semiárido, as migrações das famílias ou de alguns de seus membros, são claramente associadas aos períodos de estiagem, que obrigam os/as agricultores/as a sair de suas terras. “Zé Filho” ou José Bernardino da Silva Neto, da comunidade de Baixio do Deca, em Massapê, Piauí, diz que durante os anos 1988, 1990, 1997 e 2000, migrou para São Paulo, trabalhando no corte da cana, fábricas e indústrias e postos de gasolina. A família, formada por Antonieta e mais 3 filhos, percebe a mudança na vida ao conquistar as cisternas para beber (2004) e para produzir (2011). As tecnologias colaboraram para aumento da renda e o consumo de alimentos de qualidade. No processo de gerenciamento da água, o agricultor adotou um sistema de distribuição por gravidade, utilizando tubos de PVC que levam a água diretamente para os canteiros econômicos (O Candeeiro, n.108, 2012).

Mais um desses casos de migração e de convivência com o Semiárido foi registrado no município Curral Novo, comunidade Exu, sudeste do Piauí. Seu Chico do Exu, como é conhecido Francisco José de Moraes, foi para São Paulo e depois de 9 anos decidiu voltar, quando teve conhecimento sobre os programas P1+2 e o P1MC. Dona Juvandete lembra que antes a ‘...água era escassa e a gente tinha que buscar na comunidade vizinha, que fica a 4 km daqui. Era um sofrimento. E para plantar, só dava no inverno’ (O Candeeiro, n.1083, 2013).

Outra experiência, com destaque para o reuso e a guarda de sementes é a de dona Maria de Melo Silva, 65 anos, da comunidade Saco Novo, município de Pimenteiras, no Semiárido piauiense. Assim, ela diz: ‘Eu guardo todas as sementes que eu planto, as que recebo também faço questão de plantar no meu quintal’ (O Candeeiro, n. 1144, 2013). A agricultora faz processos de colheita, seleção, secagem e armazenamento de sementes crioulas, buscando diversificar a produção. Reserva a água da cisterna de 16 mil litros apenas para beber e cozinhar, e com uma área de cultivo de meia tarefa, a família trabalha com apicultura, criação de animais - galinhas e gado. Quanto às águas da lavagem de roupas e louças, direciona para plantas.

Essa riqueza de práticas e saberes disseminada no Semiárido tem transformado e criado novas histórias, possibilitando outro olhar sobre a região “...lembrada lá fora como lugar de miséria, sofrimento e pobreza” (O Candeeiro, n. 890, 2012). Enfrentar o problema da escassez hídrica ainda é desafio, mas as experiências demonstram possibilidades diversas alinhadas às necessidades das famílias e apropriadas aos semiáridos brasileiros. Conhecer as histórias de superação das pessoas é um passo importante para construir novos caminhos e fortalecer o que vem dando certo.

Essa reflexão é motivada pela história de dona Nilda, uma viúva de 47 anos, mãe de 2 filhos, que tem uma interação com o local onde vive – sítio Baixa do Maracujá, no Crato, Ceará, e que conviveu com o dilema da escassez hídrica durante um longo período. A agricultora relata:

*Eu saía às quatro horas da manhã, com meus filhos, lá pra o Santo Antônio, pra buscar água. Era muito penoso, porque andávamos pra longe de casa. Tínhamos um burro que trazia a carga e às vezes ele não agüentava, porque ela vinha muito pesada, noutras trazíamos os baldes na cabeça. Não sobrava água pra dar aos bichos, tomávamos banho uma vez por semana. Eu não tinha como lavar a roupa de minhas crianças quando elas saiam pra escola. Aquilo era triste demais pra mim (O Candeeiro, n. 890, 2012).*

A vida da agricultora mudou com a conquista da cisterna de placa e em 2009 da cisterna-calçadão. Ela diz que colheu 60 quilos de feijão da roça da família. O que produz tem destino certo para alimentação e a venda na feira agroecológica, realizada no centro do município. “Mesmo atravessando uma das piores secas que o semiárido enfrentou durante as três últimas décadas, famílias como a de Nilda vem conseguindo assim resistir à estiagem, sem deixar de alimentar os filhos e os sonhos...” (O Candeeiro, n. 890, 2012).

Cisternas garantem qualidade de vida. É assim que se inicia o relato da experiência de Francisco Gomes Ferreira, de 87 anos, e de dona Maria Francisca de Nazaré, 93 anos, casados há 59 anos. A família vive na comunidade Açude dos Barrosos, distante 33 quilômetros da cidade de Crateús, região do Inhamuns, no Ceará. Através de um programa de rádio eles iniciaram práticas de convivência com o Semiárido e melhoraram a qualidade de vida e a renda com a aquisição da cisterna de água para beber e a cisterna calçadão que armazena água para produzir, possibilitando assim autonomia para a família.

Tomando por base estes relatos, percebemos que, apesar dos vários semiáridos existentes no Semiárido brasileiro, algumas das adversidades enfrentadas são semelhantes, e a solução não perpassa obras faraônicas ou destinação de uma abundante quantidade de recursos. Urge que sejam fomentadas pesquisas e ações que deem visibilidade à região com toda a sua diversidade, riqueza e com a dizibilidade que seus habitantes afirmam através destes relatos. Ouvir os(as) agricultores(as) experimentadores(as) é um início, sistematizar suas falas para que elas fundamentem políticas públicas seria um segundo passo. Mas atente para o fato de que ouvir não é apenas decodificar as palavras. Neste caso, ouvir transpassa o conceito de alteridade. Colocar-se no lugar de cada um(a), permite não apenas pensar, refletir e analisar os problemas enfrentados, mas também senti-los, e, assim, visualizar, junto com as comunidades, alternativas que mitiguem o sofrimento e as dificuldades e que possibilitem a concretização de sonhos, de uma vida mais digna e mais feliz para a população do Semiárido.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pensar em alternativas para a convivência do ser humano com o Semiárido brasileiro atualmente implica em, necessariamente, deslocar o olhar das grandes obras para a realidade dos diversos semiáridos existentes e em refletir sobre a perspectiva de atender aos problemas de uma população que se espalha ao longo deste imenso espaço e cujas necessidades têm que ser ouvidas, compreendidas e atendidas em um nível mais local do que geral.

No modelo ora proposto, diga-se, de convivência com o Semiárido, a valorização dos saberes e da experimentação dos agricultores e agricultoras e a possibilidade de replicar suas experiências abre um caminho para sistematização destes saberes e transformação em conhecimento, que pode subsidiar políticas públicas fundamentadas no protagonismo e no emponderamento das famílias, e melhorar o bem-estar da população do Semiárido. Os boletins utilizados como fontes para este trabalho valorizam estes saberes e os individualizam através da não existência de regras rígidas para a sua produção, facilitando e estimulando a dizibilidade das experiências pelos próprios agricultores(as). Nesta singularidade residiu a originalidade das experiências relatadas e ao mesmo tempo o desafio enfrentado para a produção deste artigo.

Cabe ainda refletir sobre as desigualdades existentes que aproximam ou distanciam os atores sociais deste espaço tão diverso: desigualdades na distribuição de renda, no acesso a programas e benefícios do governo. Muitas vezes a aposentadoria e o Programa Bolsa Família são fontes de renda imprescindíveis para movimentar a receita dos pequenos municípios e, nos períodos de estiagem, particularmente o que se iniciou em 2012, observa-se o aumento da importância destas fontes para garantir a sobrevivência das famílias.

No Semiárido existem diversas iniciativas e estratégias de garantia do acesso à água, desenvolvidas por e para agricultores e agricultoras. São famílias, homens, mulheres e jovens, que lutam pela sobrevivência, detém um saber acumulado importante adquirido na relação com a natureza. Saberes capazes de transformar desafios em oportunidades, que geram aprendizagens e ensinamentos de convivência com o espaço, onde se

insere a construção de tecnologias sociais de captação, armazenamento e manejo de água de chuva. Com o apoio indispensável de organizações sociais, e de uma assistência técnica qualificada, essas experiências são valorizadas, difundidas, compartilhadas e multiplicadas na perspectiva de intensificar a relação harmônica do ser humano com o espaço.

Nesse processo destaca-se a formulação de políticas públicas, especialmente no que tange ao acesso a água, seja para beber, seja para consumir, seja para produzir. O Programa Uma Terra Duas Águas, P1+2, tem contribuído para melhorar as condições de vida das famílias. Várias tecnologias sociais e inovações desenvolvidas, aprimoradas e replicadas nas diferentes comunidades da região, sejam elas construídas ou não pelos agricultores(as), beneficiam milhares de famílias. Cisterna calçadão, Barragem subterrânea, cisterna de enxurrada, são algumas dessas tecnologias encontradas em diferentes experiências no Semiárido.

Ao longo deste texto acompanhamos experiências bem sucedidas vivenciadas em um período de seca no qual os(as) agricultores(as) de um modo geral tiveram acesso à água em quantidade e com qualidade suficiente para sobreviver dignamente. Soma-se a isso a assistência e o estímulo à agricultura familiar, à agroecologia, à cooperação, a defesa de relações de gênero mais igualitárias, entre outras práticas que evitam a migração forçada e tornam a vida do ser humano mais rica e mais significativa. Temos então argumentos suficientes para acreditar e apoiar projetos e programas com estes focos que tenham caráter permanente, além de reivindicar mais atenção e mais recursos para os mesmos. Cabe destacar que muitas famílias conquistaram tecnologias de captação e armazenamento da água de chuva durante o período da estiagem, entretanto, evidenciam a satisfação de pelo menos ter do lado de casa água para o consumo.

Faz parte do nosso lugar de desejo que programas como o P1+2, relatos como os que apresentamos, reforcem cada vez mais os discursos e práticas efetivas de convivência com o Semiárido. Que experiências e políticas bem sucedidas sejam cada vez mais hegemônicas, aponte cada vez mais soluções, abra cada vez mais possibilidades para fixar o ser humano na sua terra natal, evitando as migrações forçadas e combata o discurso do flagelo e das obras contra a seca com todas as suas intencionalidades ocultas e os malefícios que causam à maior parte dos atores sociais envolvidos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque Junior, D. M. A invenção do Nordeste e outras artes. 5.ed. São Paulo: Cortez, 2011. 340p.
- Cordeiro, R. de I. M.; Silveira, S. M. B. A cidadania que chega com a cisterna: a Articulação do Semiárido e a conquista da água pelas famílias rurais. *Revista Agriculturas*, v.7, p.12-15, 2010.
- Duque, G. Conviver com a seca”: contribuição da Articulação do Semiárido/ASA para o desenvolvimento sustentável. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n.17, p.133-140, 2008.
- Falcão, F. C. de O.; Freire, A. G. Agricultoras e agricultores-experimentadores: protagonistas da convivência com o Semiárido. In: *Revista Agriculturas*, v.10, p.35-42, 2013.
- Gnadlinger, J.; Silva, A. de S.; Brito, L. T. de L. P1+2: Programa uma terra e duas águas para um Semi-Árido sustentável. Potencialidades da água de chuva no Semi-árido brasileiro. In: *Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva*, 5, 2005, Teresina. Anais.... Teresina: ABCMAC, 2005. CD Rom.
- Le Goff, J. História e memória. 4.ed. Campinas: UNICAMP, 1996. 476p.
- Little, P. E. Etnodesenvolvimento local: Autonomia cultural na era do neoliberalismo global. In: *Tellus. Revista de Antropologia do NEPPI/UCDB*, Ano 2, n.3 p.33-52., 2002.
- Odum, E. P. Fundamentos de ecologia. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. 39p.
- Sachs, I. Caminhos para o desenvolvimento sustentável. 3ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2008. 95p.

- Sachs, I. Rumo à ecossocioeconomia: Teoria e prática do desenvolvimento. São Paulo: Cortez, 2007. 472p.
- Silva, E. H. Xukuru: Memória e história dos índios da Serra do Ororubá (Pesqueira/PE), 1950-1988. Campinas: UNICAMP. 2008. Tese Doutorado
- Vasconcelos Sobrinho, J. . As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização. Recife: 1956. 441p.
- Veiga, J. E. da. Desenvolvimento sustentável: O desafio do século XXI. 3.ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2008. 220p.

### Sites consultados

- <http://www.asabrasil.org.br/portal/Default.asp> . 2 Fev. 2014.
- <https://fundossolidarios.wordpress.com/o-que-sao-dos-fundos-solidarios/>. 3 Mar. 2014.
- [http://www.catalogosnt.cnptia.embrapa.br/catalogo20/catalogo\\_de\\_produtos\\_e\\_servicos/arvore/CONTAG01\\_490\\_22112006152516.html](http://www.catalogosnt.cnptia.embrapa.br/catalogo20/catalogo_de_produtos_e_servicos/arvore/CONTAG01_490_22112006152516.html). 10 Mar. 2014.

### Fontes analisadas

- O Candeeiro. Boletim Informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Cisterna nas escolas promove a formação de cidadãos de direito a água, saúde e educação de qualidade. Ano 6, n. 104. Bonito de Minas-Minas Gerais: P1+2/ASA/ Cáritas Brasileira Regional Minas Gerais, março de 2012.
- O Candeeiro. Boletim Informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Canteiros econômicos: família agricultora inova com economia de água. Ano 6, n. 108. Massapê-Piauí: P1+2/ASA/Caritás Brasileira Regional do Piauí, março de 2012.
- O Candeeiro. Boletim Informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Água de qualidade com a chegada das cisternas. Ano 6, n. 145. Jataúba-Pernambuco: P1+2/ASA/SABIÁ, março de 2012.
- O Candeeiro. Boletim Informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Tecnologias Sociais ajudam a reinventar o Semiárido. Ano 6, n. 890. Crato-Ceará: P1+2/ASA/ACB, outubro de 2012.
- O Candeeiro. Boletim informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Armazenar água é mais que construir reservatórios. Ano 6, n. 903. Solânea-Paraíba: P1+2/ASA/ AS-PTA, novembro de 2012.
- O Candeeiro. Boletim Informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Água, um direito essencial à vida. Ano 6, n. 928. Pindaí-Bahia: P1+2/ASA/Cáritas Brasileira Regional Nordeste 3, outubro de 2012.
- O Candeeiro. Boletim informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. É com água que se planta a vida no Semiárido. Ano 6, n. 942. Porto da Folha-Sergipe, P1+2/ASA/ CDJBC, dezembro de 2012.
- O Candeeiro. Boletim Informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Trajetória de resistência: família sertaneja aposta na estocagem de alimentos como estratégia de convivência com a região. Ano 6, n. 962. Araripina-Pernambuco: P1+2/ASA/CHAPADA, novembro de 2012.
- O Candeeiro. Boletim Informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Fonte de beleza e sabedoria popular. Ano 6, n. 963. Araripina-Pernambuco: P1+2/ASA/CHAPADA, novembro de 2012/.
- O Candeeiro. Boletim Informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Cisternas garantem qualidade de vida. Ano 6, n. 976. Crateús-Ceará: P1+2/ASA/FETRAECE, novembro de 2012.
- O Candeeiro. Boletim Informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Inovação na captação de água. Ano 6, n. 1002. Cumarú-Pernambuco: P1+2/ASA/SABIÁ, novembro de 2012.
- O Candeeiro. Boletim Informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. A recuperação do Rio dos Cochos e a preservação de vidas. Ano 6, n. 1009. Januária-Minas Gerais: P1+2/ASA/Sindicato dos Trabalhadores Rurais Porteirinha MG, outubro de 2012.

- O Candeeiro. Boletim Informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Durvalina e Nilson: experiência e exemplo de quem convive com o semiárido. Ano 7, n. 1019. São Felix do Coribe-Bahia: ACEFARCA/P1+2/ASA, junho de 2013.
- O Candeeiro. Boletim informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Sem água não se vive, com água tudo dá. Ano 7, n. 1023. Tobias Barreto-Sergipe: CACTUS/P1+2/ASA, junho de 2013.
- O Candeeiro. Boletim informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Renda, produção e ensinamentos ao redor da cisterna-calçadão. Ano 7, n. 1031. Cajazeirinhas-Paraíba: AASP/P1+2/ASA, julho de 2013.
- O Candeeiro. Boletim Informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Dedicção que gera renda e contágia: a experiência da horta da família de Francisco de Assis. Ano 7, n. 1051. Ouricuri-Pernambuco: CAATINGA/P1+2/ASA, julho de 2013.
- O Candeeiro. Boletim informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Experiência de Luzia e Jailson: uma enxurrada de descobertas. Ano 7, n. 1055. Jacaré dos Homens- Alagoas: CACTUS/P1+2/ASA, julho de 2013.
- O Candeeiro. Boletim informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Conquistas e aprendizados da família de Eriberto e Eliene. Ano 7, n. 1057. Monteirópolis- Alagoas: CACTUS/P1+2/ASA, julho de 2013.
- O Candeeiro. Boletim informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Quem trabalha constrói sua história. Ano 7, n. 1058. Belo Monte- Alagoas: CACTUS/P1+2/ASA, agosto de 2013.
- O Candeeiro. Boletim Informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Vida melhor com água e plantação. Ano 7, n. 1083. Curral Novo-Piauí: Cáritas Brasileira Regional do Piauí/P1+2/ASA, junho de 2013.
- O Candeeiro. Boletim informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. As idas e vindas de Seu Cícero Borges. Ano 6, n. 1095. Poço Redondo-Sergipe, CDJBC/P1+2/ASA, julho de 2013.
- O Candeeiro. Boletim Informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Cisterna-Calçadão: produção de alimentos garantida no Semiárido pernambucano. Ano 7, n. 1135. São José do Egito-Pernambuco: CIACONIA/P1+2/ASA, julho de 2013.
- O Candeeiro. Boletim Informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Guardar as sementes e reutilizar águas de enxágue é missão de quem convive com o Semiárido. Ano 7, n. 1144. Pimenteiras-Piauí: EFPT/P1+2/ASA/Programa Água para Todos, agosto de 2013.
- O Candeeiro. Boletim Informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Benedito Social e sua família especial. Ano 7, n. 1175. Augusto Severo-Rio Grande do Norte: Sertão Verde/P1+2/ASA/ Programa Água para Todos, julho de 2013.
- O Candeeiro. Boletim informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. O valor que a água tem, Dona Marli e Seu Anchieta conhecem bem. Ano 7, n. 1187. Soledade-Paraíba: PATAC/P1+2/ASA, agosto de 2013.
- O Candeeiro. Boletim informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Cisterna: economia de água para maior produtividade. Ano 7, n. 1253. São Francisco-Paraíba: AASP/P1+2/ASA/Programa Água para todos, julho de 2013.
- O Candeeiro. Boletim Informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Água para produção de alimentos: esperança para as famílias agricultoras. Ano 7, n. 1321. Chapada do Norte-Minas Gerais: CAV/P1+2/ASA/ Programa Água para Todos, julho de 2013.
- O Candeeiro. Boletim Informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Cisternas que transformam a realidade no sertão do Piauí. Ano 7, n. 1353. Assunção do Piauí-Piauí: CERAC/P1+2/ASA/Programa Água para Todos, julho de 2013.
- O Candeeiro. Boletim informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Cisterna-calçadão: fonte de alegria e alimentos saudáveis. Ano 7, n. 1378. Piranhas- Alagoas: COOPABCS/P1+2/ASA/Programa Água para todos, agosto de 2013.

- O Candeeiro. Boletim informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Terra, água, conhecimento e união melhoram a qualidade de vida de família sertaneja. Ano 7, n. 1406. Juazeiro-Bahia: IRPAA/P1+2/ASA/ Programa Água para todos, agosto de 2013.
- O Candeeiro. Boletim Informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Resultados do P1+2: Cisternas-Calçadão reforçam produção agroecológica. Ano 7, n. 1425. Augusto Severo-Rio Grande do Norte: Sertão Verde/P1+2/ASA/ Programa Água para Todos, julho de 2013.
- O Candeeiro. Boletim Informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. Na comunidade de Petim, José Carlos e família conquista Cisterna-Calçadão e afirmam que vão melhorar a produção agrícola. Ano 7, n. 1477. Castro Alves-Bahia: Cáritas Diocesana de Amargosa/P1+2/ASA, julho de 2013.



# CAPÍTULO 2

## DESAFIOS DA GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS: REFORMA DOS RECURSOS HÍDRICOS E APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

Francisco de Assis de Souza Filho  
Sandra Helena Silva de Aquino  
Samiria Maria de Oliveira da Silva  
Francisco Osny Enéas da Silva

# **DESAFIOS DA GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS: REFORMA DOS RECURSOS HÍDRICOS E APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	29
<b>2 GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS: A REFORMA DA ÁGUA NO BRASIL E OS DESAFIOS DA GESTÃO</b>	29
<b>3 GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS E APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA</b>	30
<b>3.1 Em meio urbano</b>	31
<b>3.2 Em meio rural</b>	31
<b>4 GESTÃO ADAPTATIVA EM AMBIENTE DE INCERTEZA E COMPLEXIDADE</b>	33
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	34

## 1 INTRODUÇÃO

O mundo atual é marcado por um intenso fluxo de mudanças, cujos principais vetores são a economia e o clima; sua rapidez é intensificada pelos processos de industrialização, urbanização e globalização que a sociedade vem experimentando ao longo do tempo. Essas mudanças se expressam de diversas formas porém existe uma convergência global quanto aos problemas relativos aos recursos hídricos que falam da necessidade de construir, coletivamente, instrumentos de gestão para minimizar os impactos e elaborar estratégias de adaptação proativa frente às incertezas climáticas que caracterizam este mundo em mudança. Há que se reconhecer, entretanto, que a história da humanidade é de adaptação às transformações sociais e às mudanças climáticas. Além disto, sociedade e clima se autocondicionam num processo dinâmico que muda no/e através do tempo em que o clima nunca foi estacionário na história da humanidade, conforme Salgado-Labouriau (1994).

As mudanças climáticas interferem diretamente na oferta e na demanda hídrica provocando redução ou aumento das afluições e dos estoques de água dos reservatórios, em função da elevação da temperatura e da modificação do regime de precipitações. Assim, “as mudanças climáticas também exercem impacto potencial sobre a depleção do suprimento de água” (Giddens, 2012) aumentando, então, a vulnerabilidade das populações, a qual impõe diversos desafios para a gestão de um recurso de uso comum, vital e escasso, tanto quanto múltiplas possibilidades de lidar com esta realidade.

O capítulo está estruturado em quatro seções, além da introdução, em que a primeira seção apresenta um breve histórico e os desafios da gestão dos recursos hídricos no Brasil; em seguida, é discutida a relação entre o gerenciamento dos recursos hídricos e o aproveitamento de águas da chuva enquanto na seção se aborda aborda elementos para a gestão adaptativa frente às incertezas do clima.

## 2 GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS: A REFORMA DA ÁGUA NO BRASIL E OS DESAFIOS DA GESTÃO

O Código de Águas, de 1934, se configura como primeiro marco regulatório da política brasileira de recursos hídricos apresentando um conjunto de regras para o uso e conservação das águas com foco na indústria hidroelétrica. Com o processo de estatização das empresas de geração de energia elétrica a operação dos reservatórios passou a atender não mais aos interesses específicos do setor elétrico e a seguir ao interesse público na medida em que o Código de Águas definia a reserva de parte das descargas d'água para o atendimento aos serviços públicos não podendo ultrapassar de 30% das perdas energéticas (Freitas & Lopes, 2007).

Neste contexto, a ação do Estado foi pautada em atos centralizadores e fragmentados ao definir os rumos do uso das águas, caracterizando-se como um Estado centralizador, planejador-investidor, que definia o desenvolvimento como mero crescimento econômico.

O gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil passa, entretanto, a ter novos contornos políticos, sociais e econômicos, modificando-se quando o Estado passa a assumir novo perfil: regulador-mediador de conflitos. Esta mudança no perfil do Estado implicará diretamente em modificações no arcabouço jurídico-institucional acerca da política de recursos hídricos, que passa a incorporar a participação social nos processos de tomada de decisão (Souza Filho, 2007).

Neste contexto, a Constituição Federal de 1988 introduziu alterações relevantes no Código de Águas

definindo novos parâmetros institucionais e jurídicos à gestão dos recursos hídricos; uma das alterações mais relevantes foi o estabelecimento de apenas dois domínios: o da União e o do Estado. No primeiro momento o novo estabelecimento de domínios contribui para a desarticulação dos processos de alocação de água no âmbito de uma bacia hidrográfica e posteriormente favorece a descentralização do processo de alocação de água a partir da implementação da Política Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em 1997, a qual preconiza descentralização, participação e a integração.

Na integração preconizada para a gestão dos recursos hídricos deve-se considerar, de modo inter-relacionados, os aspectos ambientais, físicos, sociais e políticos, a saber: (i) os componentes do ciclo hidrológico, (ii) os aspectos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos, (iii) as três esferas de poder, (iv) as políticas públicas e (v) os setores econômicos e privados. Aliado a todos esses elementos há de haver a integração dos aspectos social, econômico e de proteção do meio ambiente no âmbito de visão de desenvolvimento.

Em síntese, a reforma da água no Brasil foi impulsionada por três fatores: i) o movimento interno do setor (custo marginal de produção crescente e aprofundamento da escassez relativa); ii) a nova visão de desenvolvimento e iii) a reforma do Estado. Essas fontes agem no sistema de forma complementar enquanto o desenvolvimento sustentável conforma os objetivos e metas do sistema, a reforma do Estado estabelece o arcabouço e a mecânica de funcionamento e o movimento interno do setor definem as restrições e o modo de ocorrência desses dois fatos gerais no específico concreto dos recursos hídricos (Souza Filho, 2007).

O gerenciamento de recursos hídricos é fruto da reforma da água. A partir dos anos 1990, ele passa por uma mudança conceitual significativa que diz respeito à mudança na função política deste gerenciamento que, por sua vez, condiciona os mecanismos de tomada de decisão e de financiamento do sistema.

No bojo deste processo a gestão de recursos hídricos deixa de ser uma política de infraestrutura para se transformar em “uma instância de arbitragem administrativa dos conflitos relacionados com os recursos hídricos com vistas à promoção do desenvolvimento sustentável, ficando a política de infraestrutura submetida a este fim” (Souza Filho, 2007). O processo de tomada de decisão passa a apoiar-se nas definições de instância de participação pública que abriga o governo, a sociedade civil e os usuários.

Em relação ao sistema financeiro, o estado deixa de ser o único financiador do sistema de gerenciamento dos recursos hídrico na medida em que entra em cena o pagamento efetuado pelos usuários por meio da cobrança pelo uso da água bruta, bem como pelo pagamento oriundo dos poluidores.

Apesar dos avanços ocorridos no processo de gerenciamento de recursos hídricos no País, o mesmo ainda enfrenta desafios que devem ser considerados no âmbito da gestão, dentre os quais a necessidade de se reconhecer a importância do gerenciamento do risco climático em relação a eventos extremos e na alocação de água, gestão atinente às águas subterrâneas e a qualidade da água, o abastecimento das populações rurais difusas e, finalmente, a gestão de águas e rios urbanos.

### **3 GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA**

Desde tempos mais remotos a busca de água doce para atender às demandas e suas necessidades hídricas, obrigou o homem a elaborar tecnologias para armazenar e captar água nas regiões áridas e semiáridas; no entanto, o modelo atual da gestão dos recursos hídricos insere o aproveitamento desta água não apenas como estratégia de abastecimento das populações dessas regiões, mas, também, como medida de mitigação de risco e estratégia de sua conservação.

### 3.1 Em meio urbano

O crescimento desordenado da maioria das cidades brasileiras vem ocasionando ocupações irregulares de terrenos urbanos que contribuem para o aumento do risco de enchente devido à impermeabilização do solo, haja vista que reduz a infiltração, como aumenta e acelera o escoamento superficial.

Tradicionalmente, a solução para este risco foi a ampliação da capacidade de acumulação de água dos rios e canais e a canalização dos córregos; contudo, o entupimento de esgotos e galerias com o lançamento de lixo colocou essas medidas em “xeque” e estabeleceu a necessidade de desenvolver a gestão da água em meio urbano como resultado de planejamento integrado e de longo prazo.

De acordo com Tucci (2007) o desenvolvimento urbano tem-se caracterizado, no Brasil, pela expansão irregular da periferia com pouca obediência da regulamentação urbana relacionada com o Plano Diretor e normas específicas de loteamentos além da ocupação irregular de áreas públicas, por população de baixa renda.

Além disto, as grandes concentrações urbanas têm provocado contaminação de mananciais por resíduos orgânicos que levam a fatores de risco para a saúde, sobretudo em regiões com condições inadequadas de saneamento básico e abastecimento de água e ainda aceleram o processo de eutrofização dos corpos hídricos em virtude do aumento nas concentrações de nutrientes, tais como fósforo e nitrogênio, resultando em florações de algas em rios, lagos e reservatórios.

Conforme Oliveira et al. (2012) a presença de esgotos sanitários lançados nos rios pode ocasionar sua contaminação e a instalação de endemias de veiculação hídrica, que inviabilizam os mananciais para abastecimento e atividades de contato primário ou encarecem do tratamento da água para fins de abastecimento público.

Com isto, a gestão integrada das águas urbanas deve englobar o controle de cheias e drenagem urbana, a gestão dos resíduos sólidos, a ampliação das redes de saneamento básico e esgoto, tal como medidas complementares de abastecimento com vistas à conservação da água.

As tecnologias de armazenamento e captação de águas da chuva podem ser utilizadas como estratégia de controle de cheias, através da diminuição da quantidade de água escoada para o sistema de drenagem. Por sua vez, a água da chuva se vem consolidando como fonte alternativa para suprimento em edificações residenciais (Peters, 2006; Ghisi & Ferreira, 2007; Malqui, 2008), comerciais (Silva, 2007) e industriais (Valle et al., 2007).

De acordo com Cervi (2010) a quantificação dos resíduos sólidos na drenagem é fundamental para uma gestão apropriada das águas urbanas e sustentabilidade ambiental, pois através desta é que se pode desenvolver métodos e medidas estruturais para o seu controle criando alternativas em prol do gerenciamento dos recursos hídricos; deste modo, a gestão integrada das águas urbanas é essencial para a sustentabilidade do desenvolvimento urbano ao longo do tempo e para a melhoria da qualidade de vida da população e conservação ambiental.

### 3.2 Em meio rural

A gestão de água em meio rural tem duas questões principais, são elas: o abastecimento das populações rurais aglomeradas em pequenas comunidades e/ou difusamente distribuídas pelo território e do setor agrícola.

- Abastecimento de populações difusas

As políticas de combate à seca no século XX tiveram, como objetivo, a construção de reservatórios a fim de transportar a água no tempo e minimizar o risco ocasionado pela variabilidade climática decadal e interanual; apesar disso, as populações difusas estão, em geral, localizadas distantes dos grandes e médios reservatórios e são abastecidas por pequenos açudes que cumprem uma função social importante mas secam poucos meses após o final da estação chuvosa, dada à alta taxa de evaporação da região.

A solução de abastecimento dessas comunidades tem sido o emprego do carro-pipa durante os períodos de estiagem; no entanto, em razão desta medida ser bastante onerosa tem-se buscado, nos últimos anos, o desenvolvimento de estratégias que possam ajudar as populações difusas a conviver com a seca, ressaltando-se que uma dessas estratégias é a captação e armazenamento de águas da chuva.

Para isto, é imprescindível desenvolver pesquisas objetivando-se gerar e/ou adaptar infraestruturas hídricas que possibilitem alterar o perfil da convivência do homem com condições climáticas adversas, além de proporcionar estímulos ao desenvolvimento do setor rural, o que implica na execução de obras e ações que permitam, de um lado, reduzir, até onde possível, os efeitos dos períodos de estiagem e, por outro lado, contribuir para viabilizar, social e economicamente, a região.

Na última década, entretanto, surgiu uma proposta de solução individual de abastecimento unifamiliar com o emprego de cisternas de placas de cimento para armazenamento da água de chuva captada nos telhados durante a estação chuvosa.

A cisterna de placas é um tipo de reservatório d'água cilíndrico, coberto e semienterrado, que permite a captação e o armazenamento de águas das chuvas aproveitadas a partir do seu escoamento nos telhados das casas através de calhas de zinco ou PVC.

Ela tem algumas vantagens: do ponto de vista técnico, é uma estrutura fácil de construir; basta que a pessoa tenha algum conhecimento sobre construção; trata-se de uma tecnologia cuja utilização carece de menos material que os demais modelos existentes podendo-se, então utilizar de mão-de-obra familiar; além do mais, seu custo é bem inferior ao dos outros modelos. Quanto à questão social, tal tecnologia permite que as famílias tenham vida mais saudável, além de consumir água de melhor qualidade; mesmo assim, ela não elimina a necessidade de emprego de carro-pipa para abastecimento das populações rurais de pequenas comunidades e população difusa.

A garantia do suprimento hídrico unifamiliar para o período de estiagem a partir da captação e do armazenamento da água de chuva durante a estação úmida em cisternas de placas, é uma questão ainda não inteiramente dirimida pela comunidade acadêmica e tem sido objeto de polêmica pública entre defensores do Programa Um Milhão de Cisternas, e seus críticos.

O abastecimento de comunidades rurais difusas não se constitui apenas de uma ação isolada mas deve conter inúmeras estratégias e está pautada na universalização e sustentabilidade do abastecimento em longo prazo. Segundo o Grupo de Gerenciamento de Risco Climático e Sustentabilidade Hídrica (2010) a "universalização" constitui o fornecimento domiciliar de água potável para satisfazer as carências básicas do consumo humano enquanto a sustentabilidade está relacionada com a capacidade hídrica do manancial selecionado para prover a água necessária durante os eventos das secas periódicas, inerentes ao clima regional. Vale ressaltar que nesses dois pilares se deve considerar a qualidade de água fornecida.

Desta forma, a resolução do abastecimento de populações rurais deve ser um processo de planejamento integrado comunidade-técnico-Estado e ter, como base, estudos de avaliação dos mananciais, do capital social das comunidades e dos custos de operação; assim, ela deve ser proativa e se manter apoiada no planejamento

e na disponibilidade de recursos financeiros visando ao financiamento de pesquisas e à implementação de novas tecnologias.

- Abastecimento do setor agrícola

A percepção do clima está relacionada com características socioculturais e pela forma na qual as sociedades são dependentes da condição climática na qual estão inseridas. Especialmente a agricultura, é bastante vulnerável à variabilidade climática, haja vista uma indissociabilidade intrínseca entre as vidas que atuam nesta atividade e o impacto do clima sobre a oferta hídrica.

A redução da garantia hídrica no setor de irrigação pode ocasionar, sem dúvida, desestruturação do processo produtivo e do modo de vida das famílias dependentes da existência e do seu uso para alcançar o desenvolvimento social e econômico.

Assim, o aproveitamento das águas da chuva pode ser utilizado por este setor como forma de incrementar seu abastecimento, o que pode ser realizado por meio das barragens subterrâneas ou de barreiro e cisternas de placa, por exemplo. As cisternas de placas para a agricultura têm a mesma tecnologia da cisterna para consumo básico mas elas são enterradas no solo ficando apenas a cobertura acima do terreno e possuem uma capacidade de armazenamento maior, podendo acumular 52 mil litros de água, dependendo do modelo.

A função da barragem subterrânea é interceptar o fluxo de água superficial e subterrâneo através de uma parede (septo impermeável) construída transversalmente à direção das águas. A água proveniente da chuva se infiltra lentamente criando e/ou elevando o lençol freático que será utilizado posteriormente pelas plantas. Este barramento faz armazenar água dentro do solo com perdas mínimas de umidade mantendo a terra úmida por um período maior de tempo, até quase o fim do período seco no semiárido (setembro-dezembro).

Salientam-se, porém, os riscos associados a tais dispositivos, particularmente o de provocar a salinização do solo em áreas com águas subterrâneas com média a alta salinidade. Com efeito, os septos tendem a elevar os lençóis freáticos aumentando o fluxo por ascensão capilar, para a superfície. Desta forma, torna-se oportuno conduzir bombeamentos em taxas elevadas de modo a promover a drenagem vertical do aquífero associado. Além disto, deve-se controlar as lâminas de irrigação dos cultivos à montante das barragens para não promover elevadas lavagens do perfil, que tenderiam a atingir a zona saturada e, então, salinizar as águas armazenadas (Gheyi et al., 2012).

## 4 GESTÃO ADAPTATIVA EM AMBIENTE DE INCERTEZA E COMPLEXIDADE

A variabilidade e as mudanças do clima impõem desafios à gestão dos recursos hídricos a qual busca minimizar os riscos de desabastecimento da sociedade, fato que revela a necessidade de se analisar os sistemas hídricos de forma integrada uma vez que sociedade e natureza se vinculam de maneira indissociável em que uma condiciona a outra fazendo com que surjam os sistemas siconaturais que, por sua vez, não possuem relação estática, isto é, ela muda no tempo e através dele. Neste sentido, a análise fornece um conhecimento da lógica cultural de adaptação e identifica os pontos de inflexão.

Risco é uma construção que surge no campo da probabilidade apresentando certo nível de invisibilidade, de vez que se trata de uma antecipação de impacto negativo passível de ocorrer, ou seja, não possui concretude espaço-temporal mas ganha corpo a partir da cenarização por meio da adoção de modelos climáticos; esta cenarização fornece subsídios para adoção de ações capazes de reduzir os impactos, principalmente por parte do Estado.

Para tanto, faz-se relevante a adoção de um processo de gestão de risco o qual deve envolver algumas etapas: (a) realização de estudos climáticos, (b) conhecimento e quantificação dos riscos, (c) avaliação do grau de sensibilidade do sistema socionatural em estudo, (d) identificação do grau de exposição desses sistemas; (e) definição dos riscos prioritários, uma vez que as comunidades que compõem esses sistemas podem estar expostas a vários riscos apresentando, para cada um desses riscos, um grau de sensibilidade distinto.

É importante destacar que a gestão de risco que fornece elementos para a tomada de decisão não os elimina; na verdade, ela impõe a necessidade de uma “gestão adaptativa” que se deve dar no âmbito de uma abordagem integrada e multidisciplinar dos recursos naturais reconhecendo que sempre ocorrerão mudanças e incertezas, conforme Gunderson (1999).

Segundo Lebel et al. (2006), na gestão adaptativa é preciso identificar limites e detectar qualquer crise irreversível, combinar fontes de informação e conhecimento, desenvolver a capacidade de lidar com a incerteza e preservar a diversidade da riqueza ecológica e social, como fontes de renovação.

Somadas à gestão de risco, as estratégias de adaptação são fundamentais para a análise e compreensão de sistemas complexos; de modo geral, elas devem estar relacionadas com o fornecimento de informações sobre a oferta e o risco climático, com arranjos institucionais flexíveis, gestão de conflitos e provimento de infraestrutura.

Aliado a isto é conveniente que os atores sejam capazes de definir regras de uso dos recursos que não representem uso indiscriminado (Orstom, 2009). Essas regras, sejam formais ou fruto dos hábitos, costumes e saberes locais desses atores, devem ser cumpridas a fim de que sua quebra não se torne mais atrativa; entretanto, este cumprimento se dará quando houver um compartilhamento a respeito do significado das regras e suas sanções, além da percepção de que os benefícios serão maiores que os custos e que este processo se dá em um contexto de confiança entre os atores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cervi, E. C. Qualificação e quantificação de resíduos sólidos do arroio Ouro Verde no município de Foz do Iguaçu-PR. Foz do Iguaçu: Faculdade Dinâmica de Cataratas -. 2010. Projeto de Trabalho Final de Graduação
- Freitas, M. A.; Lopes, A. V. A Alocação de água como instrumento de gestão de recursos hídricos: Experiências brasileiras. Rega, n.1, p.5-28, 2007.
- Gheyi, H. R.; Paz, V. P. S.; Galvão, C. O. Recursos hídricos em regiões semiáridas. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. 282p.
- Ghisi, E.; Ferreira, D. Potential for potable water saving by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. Building and Environment, v.42, p.2512–2522, 2007.
- Giddens, A. Sociologia. 6.ed. Porto Alegre: Penso, 2012. 847p.
- Grupo de Gerenciamento de Risco Climático e Sustentabilidade Hídrica. Plano de águas municipais: Milhã - CE. (coord.)Souza Filho, F. de A. de. Fortaleza: Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura (FCPC/UFC) New York: Columbia Water Center (CWC/Columbia University)/Universidade Federal do Ceará. 2010. 374p.
- Gunderson, L. Resilience, flexibility and adaptive management - antidotes for spurious certitude?. Conservation Ecology, v.3, p.1-10, 1999.
- Lebel, L; Anderies, J. M.; Campbell, B.; Folke, C.; Hatfield-Dodds, S.; Hughes, T. P.; Wilson, J. Governance and the capacity to manage resilience in regional social-ecological systems. Ecology and Society, 2006.
- Malqui, F. A. dos S. M. Captação da água da chuva para utilização residencial. Santa Maria: UFSM. 2008. 85p. Trabalho de Conclusão de Curso

- Oliveira, P. V., Silva, R. C. P. da, Paz, D. H. F. da., Araújo, G. V. R. de; Tavares, R. G. Contaminação de esgoto doméstico na Bacia Do Rio Ipojuca, Pernambuco. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 11. Anais..., João Pessoa: ABRH, 2012, p. 1-13.
- Ostrom, E. A General framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. Science, v. 325, n 419, 2009.
- Peters, M. R. Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis e uma unidade residencial. Florianópolis: UFSC. 2006. 109p. Dissertação Mestrado
- Salgado-Labouriau, M. L. História ecológica da terra. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1994. 320p.
- Silva, G. da. Aproveitamento de água de chuva em um prédio industrial e numa escola pública – estudo de caso. Campinas: UNICAMP. 2007. 87p. Tese Doutorado
- Souza Filho, F. A. Definição de mecanismos de alocação de água em período de escassez hídrica. Nova Iorque: IRI/COGERH. 2007. 71p.
- Tucci, C. E. M. Inundações urbanas. Porto Alegre: ABRH, 2007. 389p.
- Valle, J. A. B.; Pinheiro, A.; Ferrari, A. Captação e avaliação da água de chuva para uso industrial. Revista de Estudos Ambientais, v.9, p.62-72, 2007.



# CAPÍTULO 3

## ÁGUA DE CHUVA NO MANEJO INTEGRADO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM LOCALIDADES SEMIÁRIDAS: ASPECTOS HISTÓRICOS, BIOFÍSICOS, TÉCNICOS, ECONÔMICOS E SOCIOPOLÍTICOS

Johann Gnadlinger

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

# ÁGUA DE CHUVA NO MANEJO INTEGRADO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM LOCALIDADES SEMIÁRIDAS: ASPECTOS HISTÓRICOS, BIOFÍSICOS, TÉCNICOS, ECONÔMICOS E SOCIOPOLÍTICOS

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	39
<b>2 A CAPTAÇÃO E O MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA: SURGIMENTO E SEU QUASE ACASO</b>	40
<b>2.1 O conceito dessas tecnologias é “tão antigo quanto as montanhas”, ou seja, é uma tecnologia primordial</b>	40
<b>2.2 O porquê do desuso das tecnologias de captação de água de chuva nos tempos modernos</b>	44
<b>3 CAPTAÇÃO E O MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA HOJE: O NOVO PARADIGMA DE UMA VISÃO INTEGRADA DA ÁGUA</b>	45
<b>3.1 Uma mudança essencial da percepção dos recursos hídricos</b>	45
<b>3.2 Alguns exemplos do uso eficiente de água de chuva em áreas semiáridas</b>	47
<b>4 SITUAÇÃO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (SAB)</b>	50
<b>5 TECNOLOGIAS DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA APLICADAS AO SEMIÁRIDO</b>	56
<b>5.1 Cisternas de água para uso humano</b>	56
<b>5.2 Tecnologias de captação de água de chuva para dessedentar animais e uso agrícola</b>	60 64
<b>5.3 Tecnologias de captação de água de chuva para fins ambientais</b>	64
<b>6 POLÍTICA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA</b>	66
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E EXPECTATIVAS</b>	68
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	70

## 1 INTRODUÇÃO

A chuva pode fornecer uma das águas naturais mais limpas que estão disponíveis. Assim sendo, as tecnologias de captação e manejo de água de chuva estão introduzidas, além dos aspectos técnicos e econômicos, nos seus aspectos históricos, biofísicos e sociopolíticos, numa visão integrada para chegar a algumas orientações que possam ser incluídas na atual política dos recursos hídricos, especialmente do Semiárido Brasileiro (SAB), e contribuir para resolver alguns problemas relacionados com a água, no contexto atual e futuro (Hatibu & Mahoo, 2000).

Começa-se definindo o termo captação e manejo de água de chuva: A água de chuva faz parte do ciclo hidrológico e é um bem a ser captado de telhados, do chão e do solo, armazenado e/ou infiltrado de forma segura, tratado conforme requerido pelo uso final, e utilizado em seu pleno potencial, substituindo ou suplementando outras fontes atualmente usadas, antes de ser finalmente descartado (Gnadlinger, 2005; Brasil, 2006).

De maneira geral, as tecnologias de captação e manejo de água de chuva são técnicas: que permitem interceptar e utilizar a água de chuva no local onde ela cai no chão; que facilitam a água da chuva a se infiltrar no solo; ou que captam a água de escoamento de uma área específica (telhados, pátios, chão, ruas e estradas) para depois ser armazenada em um reservatório (cisterna ou solo) para uso futuro, seja doméstico, agrícola, dessedentação de animais ou ambiental, tanto em áreas rurais como urbanas (Figura 1). A vantagem da água de chuva é ser uma fonte de água diretamente acessível onde cai que fica disponível para quando se precisa dela sem uso adicional de energia.

A chuva é a fonte de toda a água doce, mas dificilmente é considerada como tal na literatura científica sobre o manejo de recursos hídricos (Snellen, 2006). Por isso, a água de chuva ainda até hoje é uma fonte de água subutilizada até porque, muitas vezes, não é considerada como um insumo, mas como um problema, sendo encarada como

esgoto, haja visto que, usualmente, esta água escoada dos telhados para os pisos, carregando todo tipo de impurezas, para um córrego que deságua em um riacho ou rio que, por sua vez, alimenta uma estação de tratamento de água para somente depois ser aproveitada. Neste caso, a água de chuva é confundida com a água superficial, que é a água mais problemática do ponto de vista de qualidade. Nos últimos anos se tem observado que o conceito sobre a importância da água de chuva vem mudando, tendo sido contemplado no Plano Nacional de Recursos Hídricos como um 'bem a ser utilizado no seu potencial pleno' (Brasil, 2006).

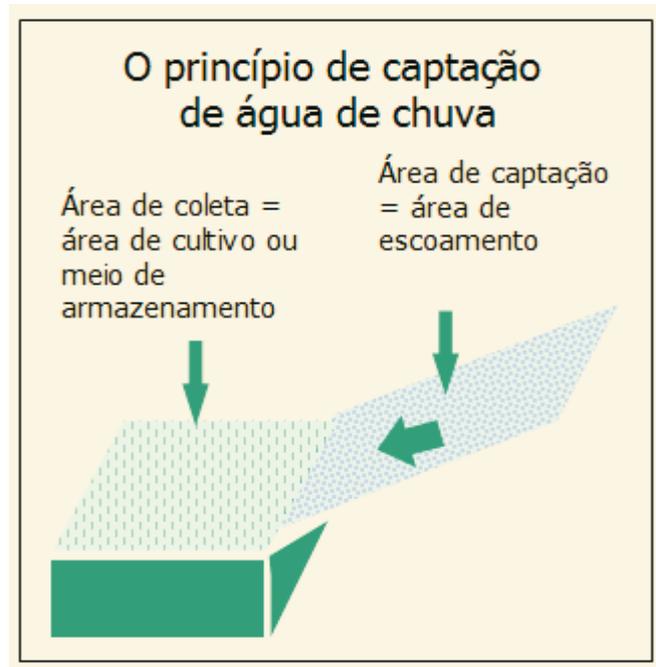


Figura 1. O princípio de captação de água de chuva  
Fonte: ABCMAC, FAO, 2006

Durante a 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, realizada em Petrolina, PE, em julho de 1999, Adhityan Appan, o então Presidente da Associação Internacional de Sistemas de Captação de Água de Chuva (IRCSA), disse: “As tecnologias de sistemas de captação de água de chuva são tão antigas quanto as montanhas. O senso comum diz – como em todos os projetos de abastecimento de água – armazene a água (em tanques/reservatórios) durante a estação chuvosa para que ela possa ser usada quando mais se precisa dela, que é durante a estação seca. Em outras palavras: ‘Guarde-a para o dia da seca!’ As tecnologias, os métodos de construção, uso e manutenção, estão todos disponíveis. Além disso, o mais importante é que ainda existem muitos modelos que vêm de encontro as necessidades de países desenvolvidos e em desenvolvimento. O que mais precisamos, é de uma aceitação geral dessas tecnologias e de vontade política de pôr em prática esses sistemas.” Neste capítulo, serão abordados mais detalhadamente os principais pontos da constatação de Appan (1999).

## 2 A CAPTAÇÃO E O MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA: SURGIMENTO E SEU QUASE ACASO

### 2.1 O conceito dessas tecnologias é “tão antigo quanto as montanhas”, ou seja, é uma tecnologia primordial

Quando queremos compreender a atual crise da água e o impacto potencial das mudanças climáticas, vale a pena lembrar de como a gestão da água era de fato fundamental já para as antigas civilizações. A captação e o manejo de água de chuva tem sido uma técnica popular, desenvolvida por diferentes povos em diversas partes do mundo, há milhares de anos, especialmente em regiões áridas e semiáridas (Figura 2), que atualmente “cobrem 41% da superfície terrestre, apresentam 44% dos sistemas mundiais cultivados e são o lar para 2,1 bilhões de pessoas.

Aqui, a produção de alimentos e os meios de subsistência humanos dependem da chuva limitada, altamente variável, incerta e imprevisível. Quando chove, a chuva muitas vezes cai em tempestades convectivas intensas que geram enchentes com escoamento superficial, que causa erosão, tornando a agricultura de sequeiro e a irrigação tradicional de sucesso um desafio extremo (Semana da Água de Estocolmo, 2014)”.

- Na Namíbia e em Botsuana, até hoje os bosquímanos (o povo San) captam água de chuva em ovos de avestruz, colocam ervas para conservação, os enterram e guardam para tomar como água fresca na estação

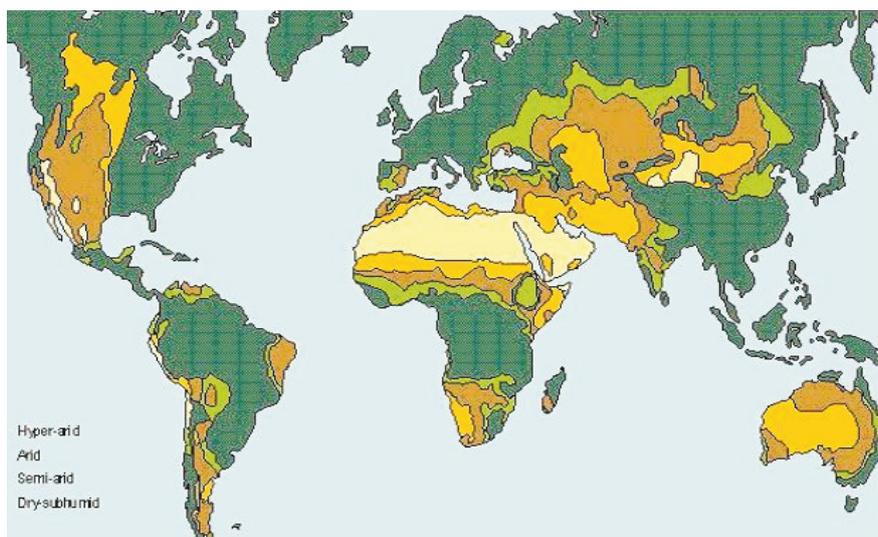


Figura 2. Regiões hiperáridas, áridas, semiáridas e subúmidas da terra  
Fonte: Thomas & Middleton (1994)

seca, cinco ou seis meses depois, como já faziam seus ancestrais há milhares de anos (Toit & Sguazzin, 1995).

- No Planalto de Loess na China, na Província de Gansu, existiam cacimbas e tanques para coleta de água de chuva, há 2.000 anos (Zhu, 2008).

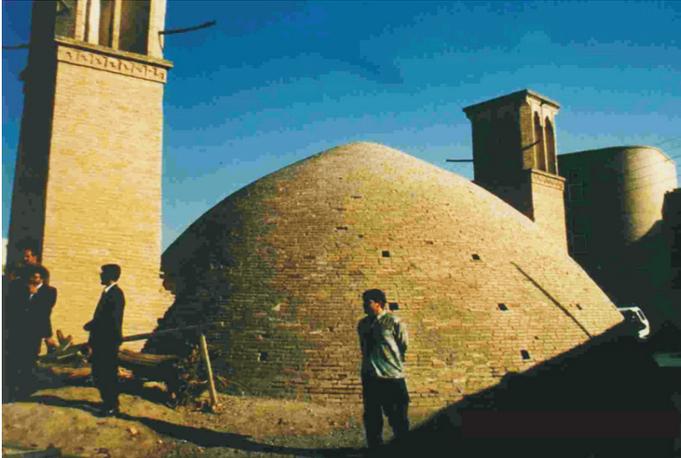


Figura 3 Abanbar, cisterna tradicional perto de Isfahan, Irã  
Foto: Gnadlinger

- Na Índia, um projeto de pesquisa denominado 'Sabedoria prestes a desaparecer' (Dying Wisdom) enumera muitas experiências tradicionais de captação e manejo de água de chuva nas quinze diferentes zonas ambientais do país (Agarwal & Narain, 1997).

- No Irã são encontrados os 'abanbars', o tradicional sistema de captação de água de chuva comunitário, tanques de pedra ou tijolos e argamassa de cal com uma torre para resfriamento da água. O efeito de ventilação por meio das torres troca, constantemente, o ar da área acima da cisterna coberta com uma abóbada e garante água pura e fresca o ano todo (Figura 3).

- No deserto de Negev, hoje território de Israel e da Jordânia, há 2.000 anos existiu um sistema integrado de captação e manejo de água de chuva para fins agrícolas do povo hasmoneu (Figura 4).

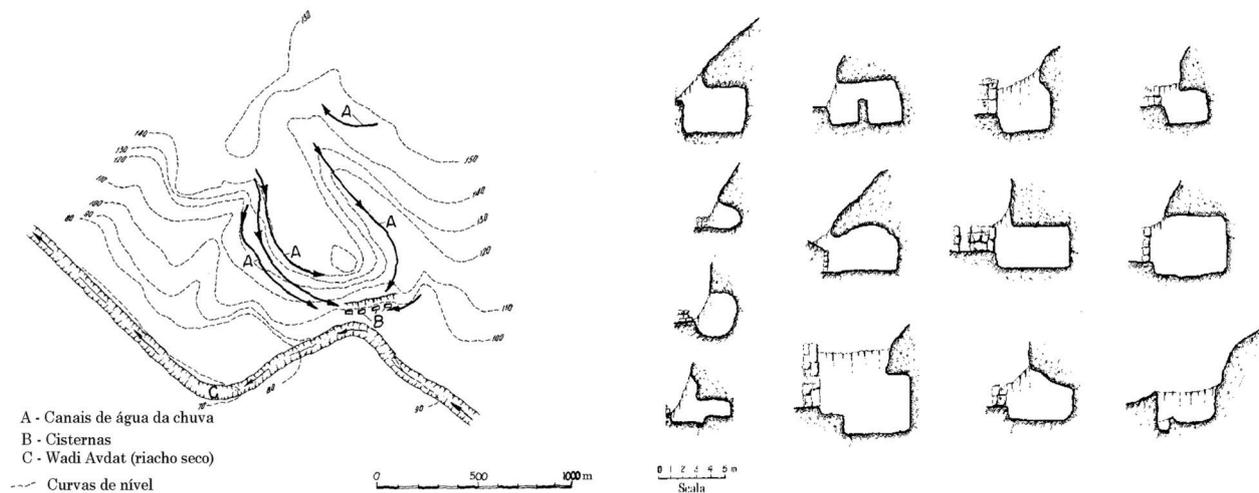


Figura 4 A e B Cisternas dos hasmoneus, no Wadi Nahal, Negev, Israel : Área de captação e corte vertical de cisternas  
Fonte: Evenari et al. (1982)



Figura 5. Vista aérea do Baray Ocidental – reservatório de água de chuva, datando do império Kmer  
Foto: Markham

- No Sudeste da Ásia, durante o Século XI os engenheiros do povo Kmer desenvolveram um sistema de abastecimento de água, para irrigar grandes áreas de arroz por meio de um sistema de reservatórios, canais e barragens. O maior deles, o Baray Ocidental, tinha 8 km de comprimento e 2 km de largura e uma profundidade de 7 m, armazenando  $123 \times 10^6 \text{ m}^3$  de água; este sistema resolvia dois problemas do manejo da água ao mesmo tempo: como se proteger das chuvas abundantes de monções entre maio e novembro e como irrigar suas terras agrícolas para alimentar essa população, segurando água para três colheitas anuais de arroz (Figura 5). Além disso, possuía vários tipos de reservatórios pequenos para fornecer água de beber e para fins religiosos (Fletscher et al., 2008; Stone, 2009).

- No Sri Lanka, a famosa proclamação do rei Parakramabahu, o Grande, que reinou de 1153 a 1186, pode ser considerada como uma das primeiras declarações políticas, no desenvolvimento e na gestão da água, que destaca a captação de água de chuva: “Não vamos permitir que uma única gota d’ água que cai como chuva corra no mar sem antes ser utilizada para o benefício da humanidade”. Isso mostra a sabedoria e o empenho dos antigos reis e das pessoas neste país para a conservação e gestão de forma eficiente dos recursos hídricos por meio da construção de tanques, especialmente na zona seca, e da concepção e construção de sistemas de captação de água de chuva (Ariyananda, 2010). Em 33 anos de governo, ele mandou construir 165 barragens, 3.910 canais, 163 reservatórios maiores e 2.376 cisternas comunitárias.

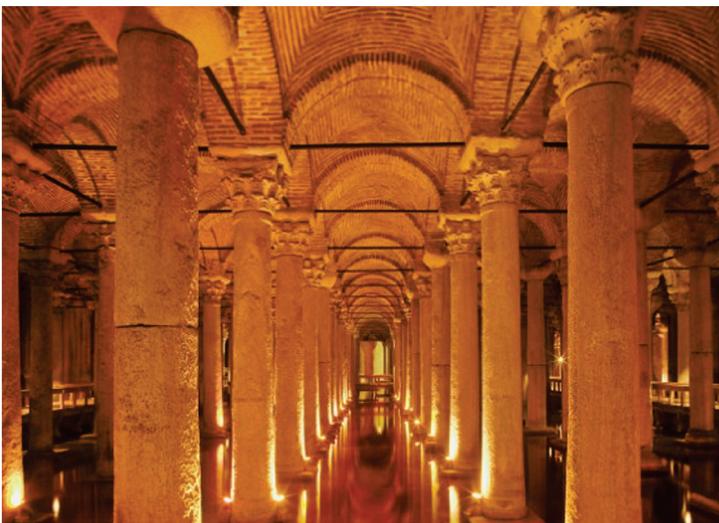


Figura 6. Cisterna Basílica de Constantinopla, Istanbul, Turquia  
Fonte: Crow (2008)

- Os romanos eram famosos por transportarem água para as suas cidades, por meio de aquedutos, mas usavam também a captação de água de chuva em larga escala, especialmente na África do Norte e na Ásia Menor. Na cidade e em redor de Constantinopla, hoje Istanbul, na Turquia, tem-se conhecimento de mais de 150 cisternas da época bizantina, a mais famosa chamada de Cisterna Basílica, com uma capacidade de  $80.000 \text{ m}^3$  (Figura 6). A água destas cisternas foi trazida por canais que captaram-na fora da cidade ou foi coletada dos telhados e de ruas pavimentadas por um sistema sofisticado que garantiu água limpa. Estas instalações forneceram água potável e água para fins agrícolas, até água para os banhos imperiais e para chafarizes (Crow et al., 2008).

- O abastecimento de água sempre foi problema fundamental em Veneza e nas ilhas circundantes que “ficam rodeadas pela água do mar, mas estão sem água de beber.” Dadas as características hidro-geológicas, os venezianos, seguindo a experiência dos romanos, começaram já na Idade Média, a construção de cisternas subterrâneas filtrantes, comumente chamados de poços, por ter um poço raso no centro de onde se tirava a água. Normalmente localizados no centro das praças e pátios de casas e palácios, em terrenos mais altos,

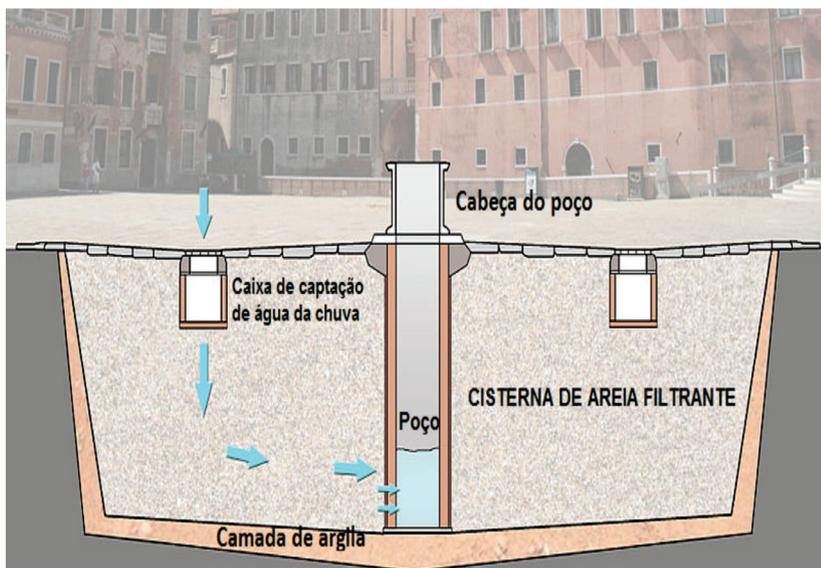


Figura 7. Seção de cisterna filtrante com poço raso em uma praça de Veneza.  
Fonte: Adaptado seg. A. Rizzi (2007)

os poços forneciam água fresca para a população. O seu funcionamento era muito simples. A água da chuva foi canalizada dos telhados ou de plataformas especiais para cisternas cavadas no solo e enchidas com areia. Depois da filtragem da água pela areia, ela foi mantida pura e fresca. Uma camada de argila ao redor da cisterna tornou-a impermeável à intrusão de água salgada do mar (Figura 7). Mais de 6.700 poços, construídos durante séculos, funcionavam até o século XIX. Depois Veneza começou a receber água através de adutoras da terra firme e os poços foram desativados. Hoje restam ainda mais de 500 “cabeças do poço”, muitas vezes

cuidadosamente talhadas, que são a parte exterior dos poços. A cisterna filtrante de água da chuva permitia a cidade nascer e florescer ao longo dos séculos.

- Dos romanos, também os árabes herdaram as tecnologias de captação da água de chuva, as quais novamente serviram de exemplo para os espanhóis e portugueses. Nessas línguas existe, além do nome ‘cisterna’ de origem latina, o termo ‘algibe’, de origem árabe, para tanques de água de chuva.

- Nas Américas, os povos indígenas précolombianos usavam a captação e o manejo de água de chuva em larga escala. Menciona-se o caso do México, que é como um todo, rico em antigas e tradicionais tecnologias de manejo de água de chuva. Na península da Yucatã, perto da cidade de Oxkutzcab, ao pé do Monte Puuc ainda hoje se vêem realizações dos Maya; no século X existia ali uma agricultura baseada no manejo de água de chuva. As pessoas viviam nas encostas e sua água potável era fornecida por meio de cisternas com capacidade de 20.000 a 45.000 L, chamadas ‘chultuns’ (Figura 8). Essas cisternas tinham um diâmetro de aproximadamente 5 m e eram escavadas no subsolo calcário e revestidas com reboco impermeável; acima delas havia um área de captação de 100 a 200 m<sup>2</sup>. Nos vales se usavam outros sistemas de captação de água de chuva, como ‘aguadas’ (reservatórios de água de chuva escavados artificialmente com capacidade de 10 a 150 milhões de L) e ‘aquaditas’ (pequenos reservatórios artificiais para 1.000 a 50.000 L) (Figura 9). É interessante observar que as aguadas e as aquaditas eram usadas para irrigar árvores frutíferas e/ou bosques além de fornecer água para o plantio de verduras e milho, em pequenas áreas (Neugebauer, 1986).

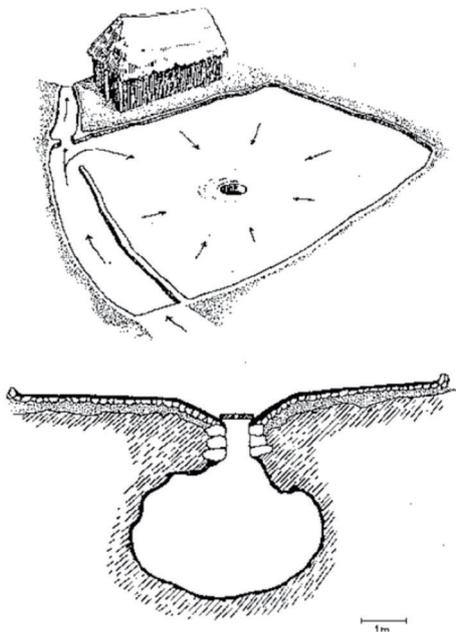


Figura 8. Cisterna do povo Maya, chamada Chultun  
Fonte: Neugebauer (1986)

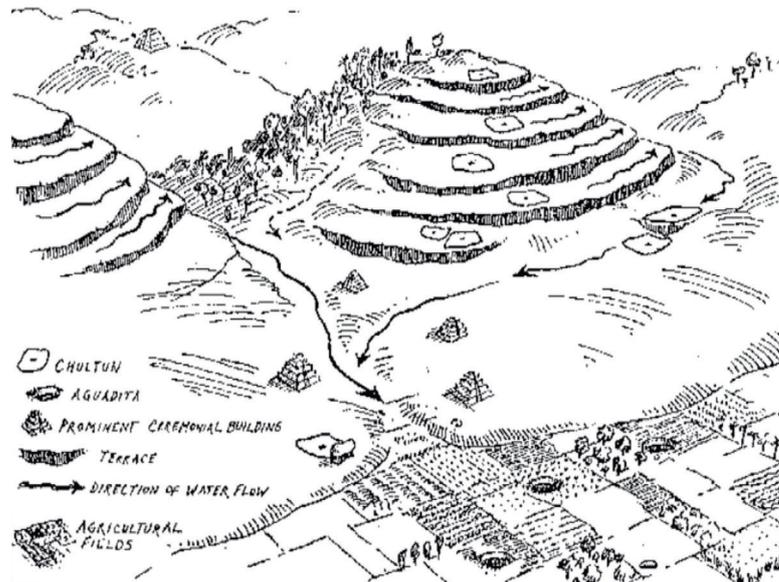


Figura 9. Sistema integrado de fornecimento de água do povo Maya em Oxkutzcab, Yucatã, México  
Fonte: Neugebauer (1986)

Esses exemplos já devem ser suficientes para se constatar a grande difusão e a diversidade das tecnologias de captação de água de chuva seja para fornecer água de beber, para fins agrícolas, em áreas rurais e urbanas, no decorrer da história.

## 2.2 O porquê do desuso das tecnologias de captação de água de chuva nos tempos modernos

Começamos por enfatizando como várias civilizações antigas foram construídas em sistemas mais ou menos complexos de manejo de água de chuva, encontrando-se, sobretudo, em regiões do mundo com escassez de água. Antes de aprender destes exemplos para o tempo atual, devemos reponder porque a maioria destes sistemas foram abandonados no decorrer da história. Não se pode atribuir uma única causa pelo abandono das tecnologias de captação de água de chuva. No final da idade média ocorreu uma mudança climática em várias partes do mundo, e em algumas regiões como a América Central e Sudeste da Ásia, o clima ficou mais seco. As precipitações cada vez mais escassas provocaram o colapso dos sistemas de captação (Fragan, 2009).

Em Yucatã, o desaparecimento do uso de água de chuva aconteceu em parte pela mudança climática e pelas lutas entre os diversos povos indígenas, provocadas pela superpopulação, mas, de modo especial, em consequência da invasão espanhola no século XVI. No México, os colonizadores espanhóis usaram ainda algibes nas cidades que fundaram, mas nas áreas rurais foram introduzidos outros sistemas agrícolas, novos animais domésticos, plantas e métodos de construção europeus (Neugebauer, 1986). Em Yucatã, por exemplo, hoje os poços que substituíram as cisternas fornecem do subsolo calcário água poluída por atividades agrícolas.

Na Índia, razões semelhantes ocasionaram o desaparecimento do uso de água de chuva. A administração colonial britânica se interessava mais por tributos, forçando, portanto, as pessoas a abandonarem o sistema tradicional de manejo de água comunitário dos vilarejos, e causando o colapso de um sistema centenário (Agarwal & Narain, 1997).

O progresso técnico dos séculos XIX e XX ocorreu principalmente nos chamados países desenvolvidos, em zonas climáticas moderadas e mais úmidas, sem estação de seca expressiva e, portanto, sem necessidade maior de captação de água de chuva. Como consequência da colonização, práticas agrícolas de zonas climáticas moderadas foram simplesmente transferidas e implantadas em zonas climáticas mais secas. Já durante o século XX os megaprojetos de abastecimento de água (construção de grandes barragens, exploração de águas subterrâneas e projetos de irrigação que utilizam energia fóssil ou elétrica) foram objeto de maior ênfase, do que os tradicionais sistemas de captação de água de chuva. Essas são algumas razões que explicam por que as tecnologias de captação de água de chuva foram desprezadas ou completamente esquecidas.

### **3 CAPTAÇÃO E O MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA HOJE: O NOVO PARADIGMA DE UMA VISÃO INTEGRADA DA ÁGUA**

#### **3.1 Uma mudança essencial da percepção dos recursos hídricos**

Em nível mundial, uma mudança essencial da percepção dos recursos hídricos começou a se espalhar a partir da Conferência sobre Água e Meio Ambiente, de Dublin, em 1992: “A água doce é um recurso finito e vulnerável, essencial para sustentar a vida, o desenvolvimento e o meio ambiente. O manejo eficaz de recursos de água requer, primeiro, uma abordagem holística, ligando o desenvolvimento social e econômico com a proteção dos ecossistemas naturais. Em segundo lugar, o desenvolvimento e o manejo da água devem ser baseados em uma abordagem participativa envolvendo usuários, planejadores e formadores de opinião em todos os níveis. Em terceiro lugar, tanto mulheres quanto homens têm papel fundamental no fornecimento, no manejo e no uso eficiente da água. Finalmente, o manejo integrado de recursos hídricos é baseado na percepção da água como parte integrante do ecossistema, seja como um recurso natural, social ou um bem econômico (Banco Mundial, 1993).”

O “Guia de Ação de Recursos Hídricos de Istambul”, resultado do 5º Fórum Mundial da Água, de 2009, que pretende orientar governos para ajustar suas prioridades e planos de ações de acordo com as dificuldades que enfrentam no setor de água, aprofunda esta visão integrada do gerenciamento dos recursos hídricos, respeitando o ciclo hidrológico: “Deve-se manejar bacias não só do ponto de vista da água de superfície, mas integrar (1) a água de superfície, (2) a água do subsolo, (3) a água de chuva e (4) água do solo em práticas de manejo, assumindo uma abordagem holística com uma visão direcionada a um uso sustentável e à proteção ambiental. As quatro fontes de água são interrelacionadas e afetam uma a outra; e por isto devem ser apropriadamente interligadas às políticas setoriais que governem as práticas de manejo de água (5º Fórum Mundial da Água, 2009).” Esta visão que integra a água da chuva no ciclo hidrológico exerce várias vantagens sobre uma visão apenas setorial dos recursos hídricos Han & Park (2007):

- Descobre-se que a chuva é fonte de toda a água: Toda a água se move dentro do ciclo hidrológico. Toda a água superficial e, em última análise, também a água subterrânea têm sua origem na água de chuva. Por isso, a captação de água de chuva devia ser considerada uma opção de fornecimento de água para os novos sistemas e os já existentes.

- A captação de água de chuva exige o manejo de toda a área sobre a qual ela cai, quer dizer da área da captação que é a bacia: Tradicionalmente, o gerenciamento dos recursos hídricos acontece de acordo com uma linha de fluxo de água (por exemplo, de um rio sem considerar a bacia). Mudanças na pluviosidade por causa da mudança climática e na permeabilidade da superfície do solo em virtude do uso do mesmo estão modificando bastante o escoamento superficial para os rios e o abastecimento dos grandes reservatórios. O manejo destes problemas não deve ser visto isoladamente, mas deve considerar a bacia como um todo. A criação de um maior número de reservatórios de retenção ou de armazenamento de pequena escala abrangendo toda bacia, não só diminuiria a ocorrência de enchentes como também o efeito de secas.

- Tradicionalmente, os sistemas de fornecimento de água se basearam em sistemas centralizados, em que a água é captada de uma represa, tratada e distribuída em larga escala: Sem desqualificar esses sistemas, constata-se que precisam de quantidades significativas de energia para tratamento de água e para seu transporte. Sistemas descentralizados, associados a um manejo apropriado, reduzirão os custos e a necessidade de energia. Se introduzir a captação e o manejo de água de chuva nos atuais sistemas existentes, criar-se-á uma estrutura mais flexível e segura de manejo de água.

- A água bruta retirada de um rio pode conter turbidez, germes patogênicos ou contaminantes solúveis de uma bacia inteira, o que exige tratamento adicional e, conseqüentemente, aumento dos custos de tratamento em face ao elevado consumo de energia. Caso se coletar água de chuva onde ela precipita, os custos com tratamento são menores que os sistemas tradicionais. Outro benefício é a redução do escoamento superficial, e a diminuição de riscos de enchentes.

- A captação de água de chuva envolve muitos projetos pequenos em nível local, em lugar de um projeto grande e distante: assim, envolve um grande número de atores e usuários (stakeholders), reduzindo a responsabilidade dos atuais fornecedores públicos de água.

- Como já visto nos exemplos da história, a água de chuva pode ser usada para múltiplos fins: além do uso doméstico (para beber e saneamento) e agrícola pode ser aproveitada para fins comerciais, industriais, paisagísticos e ambientais.

- A prevista e já sentida mudança climática para regiões semiáridas (com aumento de temperatura, chuvas mais irregulares e intensas, e aumento da evaporação) obriga para um uso mais eficiente dos recursos hídricos. Neste sentido a confiabilidade das fontes de água superficial (barragens grandes) diminui, havendo a necessidade de armazenar água em sistemas que evitem as perdas por evaporação (cisternas, barragens subterrâneas, armazenamento da água no solo e recarga da água subterrânea) (Gnadlinger, 2014).

Tudo isto deve levar a uma nova expansão dos sistemas de captação de água de chuva, tanto em regiões onde já eram usados anteriormente como em áreas em que até então eram desconhecidos.

Assim, o Diretor do Centro de Tecnologias Ambientais do Programa do Meio Ambiente das Nações Unidas - UNEP, Steve Hall, declarou, no 3º Fórum Mundial da Água em Kioto, em 2003: “As tecnologias de captação e armazenamento de água de chuva como água potável ou para uso na agricultura não são uma ideia nova, mas estão sendo ignorados pelos planejadores e pela iniciativa privada. Não são tão atraentes como os megaprojetos de abastecimento de água; mas, mesmo assim, a captação de água de chuva, se introduzida em larga escala, pode aumentar o abastecimento existente de água a um custo relativamente baixo e passar para as comunidades a responsabilidade de gerenciar seu próprio abastecimento de água” (The Daily Yomiuri, 17-03-2003).

### 3.2 Alguns exemplos do uso eficiente de água de chuva em áreas semiáridas



Figura 10. Casa com jarras de água de chuva na Tailândia  
Foto: Gnadlinger

- O primeiro exemplo de sucesso é o Programa Tailandês de Água Potável, executado nos anos 80 e 90 do século passado, que utiliza jarras de 2.000 L, fabricadas de argamassa de cimento sem uso de tela de arame (Figura 10). O programa fez parte do plano de abastecimento integral de água para comunidades rurais.

Estabeleceu-se uma quantidade de 50 L por dia por pessoa, para todos os fins, aonde 5 L para uso potável são de alta qualidade, fornecidos pelas jarras de água de chuva; os outros 45 L, para os demais usos domésticos, são fornecidos por outras fontes (poços, pequenas barragens ou baterias de cisternas maiores). Partindo de uma iniciativa do governo e de ONGs, as jarras que coletam água de chuva foram culturalmente aceitas e sua execução foi aos poucos assumida por pequenas empresas. Estima-se, hoje, em 10 milhões o número de jarras que abastecem mais da metade da população rural da Tailândia. Uma tecnologia semelhante se espalhou também no Camboja, sem a intervenção de instituição alguma (Gnadlinger, 2009).

- No já citado Planalto de Loess, do Norte e Noroeste da China, com clima semiárido e água subterrânea

contaminada por arsênio, a fonte principal de água na agricultura é a chuva. Nos anos 90 do século passado, o governo estadual da província de Gansu colocou em prática um projeto de captação de água de chuva, denominado “1.2.1”, em que o governo auxiliou cada família a construir uma (1) área de captação de água de chuva, dois (2) tanques de armazenamento de água e um (1) lote para plantação de culturas comercializáveis. A água de chuva é captada nos pátios (Figura 11) ou em áreas inclinadas guarnecidas com lajes de concreto e depois armazenada em tanques subterrâneos. Nessas regiões montanhosas, a declividade é utilizada para conduzir e fornecer água às culturas, prática esta chamada ‘irrigação de baixa intensidade’, utilizando mangueiras ou gotejamento. Culturas comercializáveis, como verduras, ervas medicinais, flores e árvores frutíferas, são

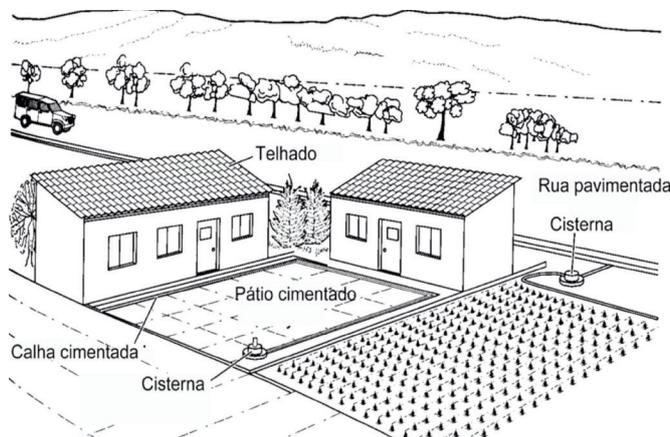


Figura 11. Projeto de colheita de água de chuva denominado “1.2.1” no Norte da China

Fonte: Zhu & Li (2009)

gotejamento. Culturas comercializáveis, como verduras, ervas medicinais, flores e árvores frutíferas, são

cultivadas no sistema tradicional e/ou em estufas. Famílias de pequenos agricultores da região semiárida com 300 mm de chuva por ano se mostraram entusiasmadas com as verduras como pimentão, berinjela, tomate e abóbora plantadas em suas próprias estufas e irrigadas com a água de chuva armazenada nos tanques. A captação de água de chuva tem se tornado uma medida estratégica para o desenvolvimento social e econômico desta região semiárida.



Figura 12. Terraçamentos e barramentos de voçoroca em Gujarat, Índia

Foto: Gnadlinger



Figura 13. Na Austrália, quatro milhões de pessoas tomam água de chuva todos os dias (IRCSA)

O aumento da oferta de água com captação de água de chuva também criou possibilidades para plantação de pomares e pastagens visando à exploração pecuária. A captação de água da chuva em terraços tem reduzido a erosão do solo e a perda de água pelo escoamento, facilitando o crescimento da vegetação. Desde os anos 90 o projeto exitoso de Gansu foi replicado em 18 das 31 províncias da China e até agora o número de beneficiários dos projetos chega a 30 milhões (Zhu & Li, 2009).

- Na Índia vem ocorrendo o resgate das tecnologias tradicionais; por meio da captação de água de chuva o povo aprende maneiras inteligentes de conviver com a irregularidade da disponibilidade de água (Figura 12). “A solução praticada em várias regiões da Índia está na captação da água de chuva em milhões de sistemas de armazenamento: cisternas, tanques, cacimbas e até em telhados. Posteriormente, utiliza-se a água para beber, irrigação de salvação e recuperação do meio ambiente com vista à recarga da água subterrânea”; assim ressaltou Sunita Narain, quando recebeu o Prêmio da Água na Semana Mundial da Água de 2005, em Estocolmo, Suécia (World Water Week, 2005).

- A Austrália pertence aos países chamados desenvolvidos e seu clima é predominantemente semiárido; no século XIX era uma ilha para os prisioneiros do Reino Unido, e desde então tem usado a água de chuva sem preconceitos (Figura 13). Hoje, cerca 20% da população (4 milhões) utilizam a água de cisternas para beber e, no estado da Austrália do Sul, são até dois terços da população. Na área rural as residências possuem cisternas de todos os tipos e tamanhos fazendo parte da paisagem.

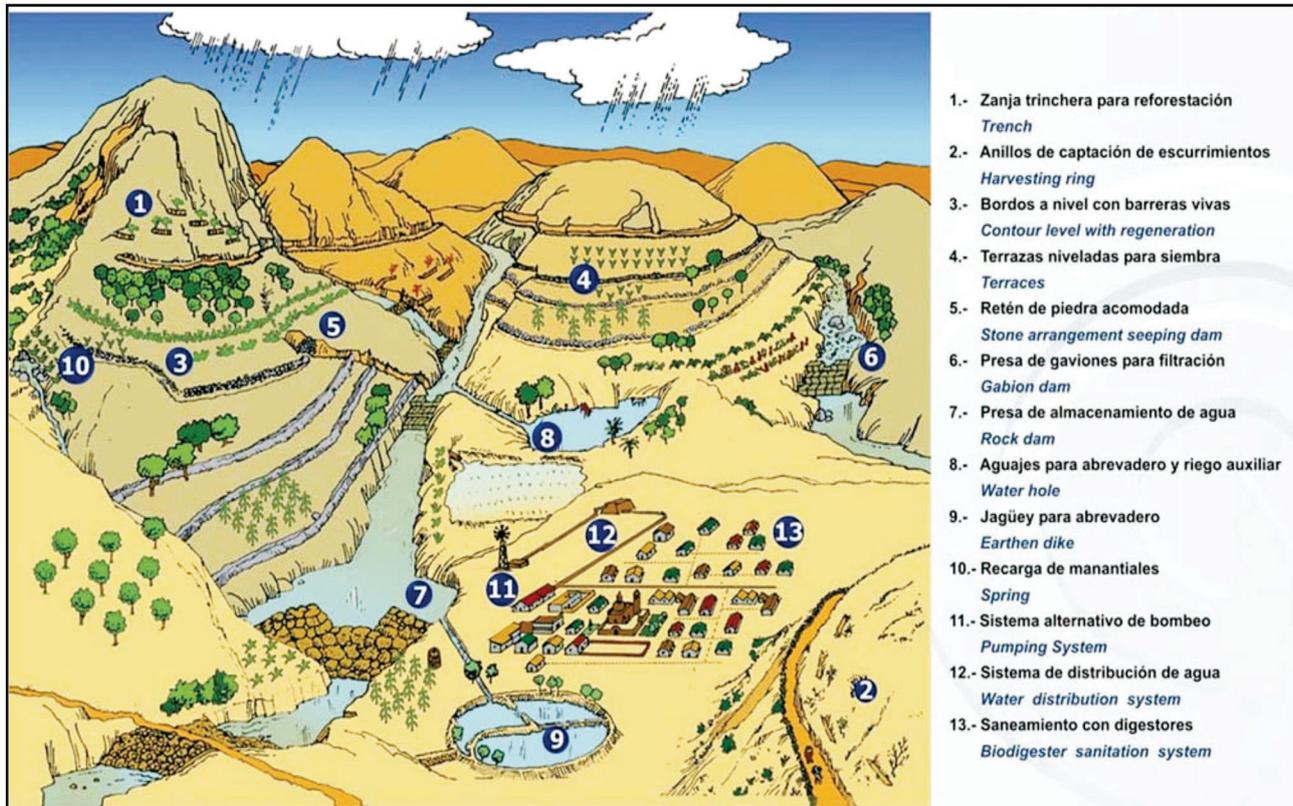


Figura 14. Manejo integrado de bacias hidrográficas com tecnologias de captação de água de chuva no México  
Fonte: Garciadiego & Guerra 2005)

- No México, na região Mixteca, em Tehuacã, a ONG 'Água para Siempre' desenvolve trabalhos para captação da água de chuva para fins ambientais, consumo humano e agrícola. O manejo de água acontece em uma abordagem integrada que envolve atividades educacionais e promove a participação dos homens e mulheres com um sólido conhecimento do manejo dos recursos naturais nas suas bacias: água de chuva, aquíferos, vegetação, solo e fauna. O enfoque do manejo integrado de uma bacia começa no ponto mais alto da bacia e inclui a implementação de tecnologias para captação de água, extração, armazenamento, trincheiras para reflorestamento, anéis de captação de escoamento, curvas de nível com barreiras vivas, barragens gaviões, terraços nivelados para plantações, etc. (Figura 14); os avanços alcançados com 'Água para Siempre', em parte já foram do conhecimento dos povos précolombianos, mas atualmente essas antigas tecnologias de proteção do solo e da água têm sido aprimoradas. O sistema proposto ajudará na recuperação do meio ambiente ao seu nível anterior e permitirá o uso sustentável dos recursos naturais (Garciadiego & Guerra, 2005).

## 4 SITUAÇÃO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (SAB)

Na época antes da chegada dos portugueses ao semiárido brasileiro (SAB), os povos indígenas retiraram do meio ambiente o necessário para viver: coletavam frutas, fibras e raízes e caçavam animais na caatinga na época da chuva; pescavam nas lagoas e nas margens do Rio São Francisco, onde praticavam agricultura rudimentar de mandioca. A caatinga era a “mata branca”, que fornecia tudo de que precisavam. Os portugueses em suas ‘descobertas’ implantaram a captação de água de chuva em vários lugares do mundo, como por exemplo, nas Ilhas Madeira e Porto Santo, mas não no Brasil. O litoral do Brasil era tido como muito rico em água e o SAB para os portugueses era o Sertão, um ‘grande deserto’ atrás da Zona da Mata, que se prestava apenas para criação de animais. Esta visão continuou até o século XIX, quando D. Pedro II propôs, pela primeira vez, a transposição das águas do Rio São Francisco para ‘acabar com o problema da seca’.



Figura 15. Restos de casa d’água em Santa Fé, PB, construída por Pe. Ibiapina, vista de cima  
Foto: Gnadlinger

A abordagem do manejo de água no SAB foi feita, a partir de então, do ponto de vista de tecnologias de grande porte (construção de barragens, poços profundos, transposição e irrigação).

No SAB, a população rural estava submetida a estruturas sociais excludentes, com a concentração das terras férteis e da água na mão dos grandes fazendeiros e por isso não teve muita oportunidade de fazer experiências com métodos de manejo de água de chuva e menos ainda de aprender a viver e trabalhar em um clima semiárido. Uma exceção foi o missionário itinerante Padre Ibiapina (Carvalho, 2008), que construiu, na segunda metade do século XIX (na mesma época de D. Pedro II), as chamadas ‘casas d’água’ no Sertão da Paraíba, que forneciam água para as casas de caridade (que eram um

tipo de convento, escola e hospital ao mesmo tempo) e comunidades. As casas d’água eram cisternas cavadas no chão de granito, com áreas de captação de água de chuva em terrenos inclinados, e cobertas com telhado, para evitar a evaporação (Figura 15).

No decorrer do século XX pensou-se sobre o semiárido como Polígono da Seca em que se devia combater a seca (citando como exemplo o DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, fundado em 1909, com o nome de IOCS – Inspetoria de Obras Contra a Seca). Somente aos poucos se começou a pensar de maneira mais positiva, quando se descobriu que é possível viver bem nesta região “convivendo em harmonia com o clima semiárido” (Duque, 2004). Atualmente, a população está descobrindo como viver de maneira sustentável na região rural semiárida, e o governo brasileiro reconheceu o SAB como região própria, propondo inclusive com uma delimitação específica (Brasil, 2005) (Figura 16).

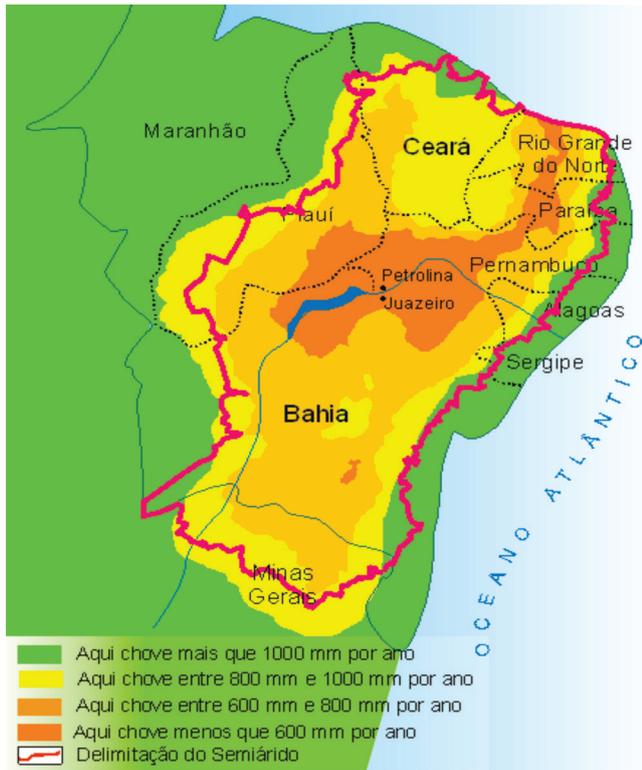


Figura 16. A nova delimitação do Semiárido  
Fonte: Gnadlinger (2011), seg. Brasil (2005)

O semiárido brasileiro ocupa 67% da região Nordeste, com área de 980.133 km<sup>2</sup>, estendendo-se do estado do Piauí ao Norte de Minas Gerais, perfazendo 1.135 municípios, com uma população de 22 milhões de pessoas, onde 8,5 milhões residem na área rural (Medeiros et al., 2012); os conhecimentos acumulados sobre o clima permitem concluir não ser a falta de chuvas a responsável pela oferta insuficiente de água na região, mas sua má distribuição, associada a uma alta taxa de evapotranspiração, que resultam no fenômeno da seca, a qual atinge, periodicamente, a população da região.

Por conseguinte, a nova delimitação do SAB tem por base três critérios técnicos (Brasil, 2005):

- Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm;
- Índice de aridez menor que 0,5, calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial ( $I = P/ETP$ ), no período entre 1961 e 1990;
- Risco de seca (dias com déficit hídrico/ano maior que 60% por ano), tomando-se por base o período entre 1970 e 1990.

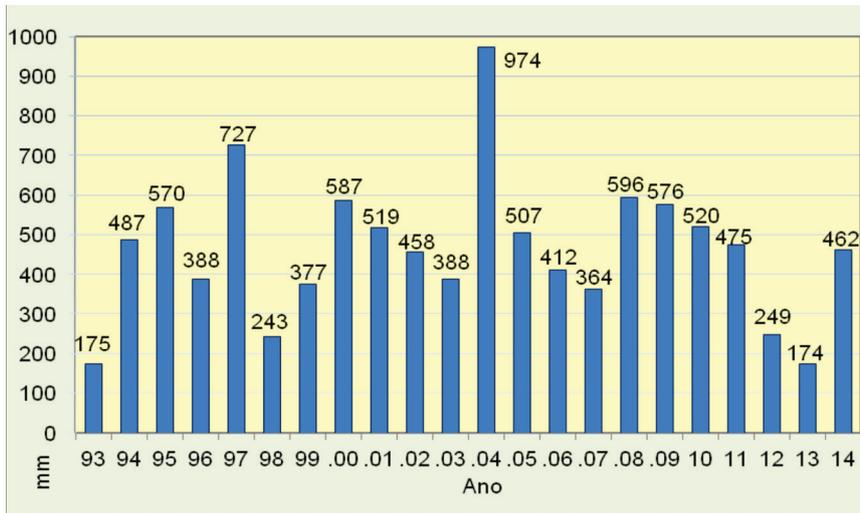


Figura 17. A chuva anual em Juazeiro, BA (mm por ano)  
Fonte: Irpaa, segundo dados da Embrapa Semiárido

Não é pouca chuva, mas sua irregularidade, que caracteriza o SAB. A cidade de Juazeiro, situada no centro do SAB, tem uma precipitação média anual de 510 mm, mas variando entre 174 mm e 974 mm (Fig. 17). A taxa de evaporação é alta, devido a altas temperaturas contínuas (evaporação superfície aberta de de 8,2 mm/dia o que são quase 3.000 mm por ano). As estiagens, como são chamadas as secas prolongadas, fazem parte do clima semiárido e ocorrem em um ciclo de 25 a 30 anos. Na estiagem

severa de 2012 e 2013 ocorreu apenas 30% da precipitação média. A última estiagem semelhante aconteceu 1979-1983 com consequências devastadoras para a população rural: a alta taxa de mortalidade entre os idosos e crianças e um aumento da migração de jovens e adultos para as cidades. Embora esses efeitos não tenham se repetido para as pessoas afetadas, desta vez, o desafio era: como as pessoas, a sociedade civil e o governo podem lidar com uma estiagem desta? Qual é a contribuição da água da chuva? Que lições podem ser aprendidas para viver com sucesso na região do semiárido, não obstante, as estiagens e as mudanças climáticas? O que podemos aprender da adaptação das plantas da Caatinga ao clima semiárido? Muitas plantas nativas acumulam reservas de água e de nutrientes nas raízes como os xilopódios do umbuzeiro (Figura 18) ou nos troncos grossos como os cactáceos para armazenar água ou têm raízes profundas como o Juazeiro para buscá-la no subsolo; todas evitam a evaporação desnecessária e produzem frutas e se reproduzem, talvez menos nos anos mais secos, mas não morrem.

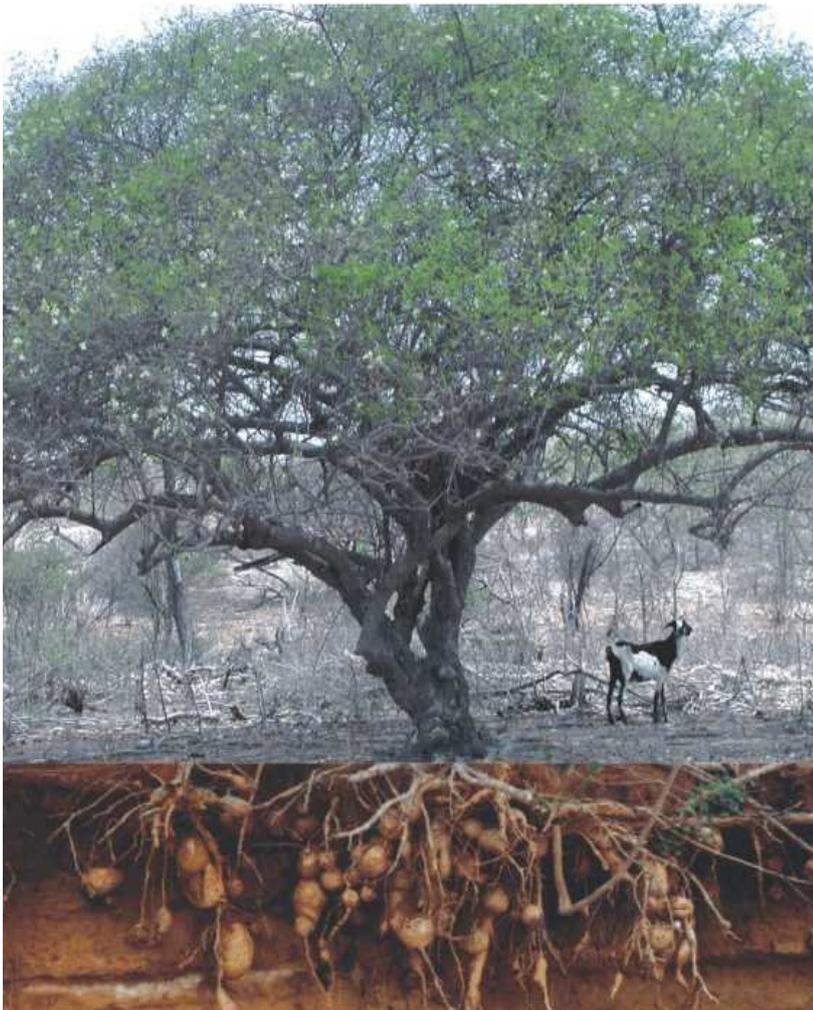


Figura 18. Umbuzeiro armazenando água de chuva nas raízes  
Foto: J Gnadlinger/J P dos Santos

A captação de água de chuva, salvo em anos de estiagem, dispõe de um leque de tecnologias apropriadas para lidar com a oferta de água relativamente abundante, porém mal distribuída durante os anos, dentro de cada ano e dentro do espaço semiárido e associada a uma alta taxa de evaporação. Apesar dos problemas da distribuição irregular das chuvas, da evaporação elevada e do subsolo desfavorável (nas áreas de cristalino), sempre é possível captar a água quando chove, armazená-la e, com isso, ter uma fonte segura durante o período seco, não somente como água potável mas também para os outros usos.

Isso significa que um novo pensamento está emergindo: o do manejo integrado de águas de chuva, superficiais, de solo e subterrâneas respeitando todo o ciclo da água. Esta abordagem de manejo surgiu a partir das necessidades humanas, as quais servem as tecnologias e as várias fontes de água; inicia-se, então, a diferenciar e distinguir as seguintes cinco linhas de política de água (Gnadlinger, 2011) (Figura 19):



Figura 19. As cinco linhas de luta pela água no SAB  
Desenho: Gecel Alves Sobrinho, em Gnadlinger (2011)

**1ª. Linha - Água de beber para as famílias:** o fornecimento de água potável para cada família deve ser por meio de uma ou mais cisternas e eventualmente um poço raso localizado próximo a residência. A água mais preciosa é aquela que se bebe, por isso, o fornecimento de água de beber em caso de escassez, tem prioridade segundo a lei brasileira Lei das Águas, 9.433/1997 (Brasil, 1997). Por este motivo, água das cisternas deve ser usada somente para beber, cozinhar e para a higiene básica, devendo usar fontes menos nobres para os demais usos. Segundo uma das 'Metas do Milênio' das Organizações Unidas, até o ano de 2015 todas as famílias devem ter acesso seguro à água potável em quantidade e qualidade.

**2ª. Linha - Água para comunidade:** o suprimento de água às comunidades para uso em lavagem de roupa, banho, limpeza e dessedentação dos animais, deve ser por meio de açudes, caxios, cacimbas de areia, poços rasos e profundos. Ressalta-se que neste sistema o envolvimento da comunidade é essencial nas fases de planejamento, construção e manutenção.

**3ª. Linha - Água para a agricultura:** tecnologias como cisternas de produção, barragens subterrâneas, caxios, barreiros trincheira, captação de água em estradas para plantio de árvores frutíferas, uso de sulcos para o armazenamento de água de chuva 'in situ' para superar períodos secos, são algumas estratégias utilizadas para a produção de alimentos. Em comparação com a irrigação tradicional, que normalmente usa um fluxo estável durante o tempo, a irrigação complementar usa água apenas para vencer épocas sem chuva, significando uma economia enorme de água. Na China a irrigação de plantas com água de chuva se chama 'irrigação de baixa intensidade'. O princípio deste tipo de irrigação se baseia na irrigação com déficit hídrico cujo objetivo é a maximização da eficiência de uso da água. A aplicação de água ocorre em alguns períodos críticos do crescimento da planta e molha somente a região das raízes (Zhu & Li, 2009). Pelo manejo adequado do solo se consegue diminuir o escoamento e a evapotranspiração, usando cobertura seca, uso de esterco, composto, plantio direto, aumento de infiltração de água de chuva através de plantio em curva de nível. Todas essas técnicas prolongam o teor de umidade do solo e a tornam acessível às plantas (Falkenmark et al., 2002).

**4ª. Linha - Água para situações de emergência:** assegurar água em situações de emergência para anos de estiagem, constitui estratégia fundamental. Quando um ou dois ou três anos de baixa precipitação acontecerem, não é uma catástrofe para a natureza com suas plantas e animais. Durante um período de milhares de anos a natureza foi capaz de se adaptar a estiagens e construir resiliência. A catástrofe é antes uma falta de preparação das pessoas e, especialmente, do governo. Nas avaliações de convivência com a estiagem no fim de 2013, os usuários indicaram algumas soluções: a captação de água de chuva ajuda mesmo a viver numa estiagem: Em Palmas de Monte Alto, BA, com uma precipitação média de 800 mm choveu 300 mm em 2012 e em 2013, chuva bastante para encher uma cisterna de 16 mil litros. Esta água é a água melhor para beber e foi usada somente para este fim. A água do carro pipa que veio de fontes de água superficial poluídas foi usada somente para os animais e hortas. Em Itiúba, BA, com 250 mm de chuva em cada um destes anos, as cisternas ficaram cheias porque a área de captação do telhado era maior que necessário para um ano de chuva normal. O pessoal disse que devia ter mais de uma cisterna em cada família. Assim, se pudesse garantir a água de beber com água de chuva em tempo de estiagem: em anos de excesso de chuva pudessem usar água das cisternas também para os demais usos. Em Sobradinho, BA, na comunidade de Serra Verde, dos 200 mm de chuva anual de 2013, caíram 140 mm em 23 de abril de 2013, água bastante para encher o barreiro trincheira e ter água para os animais até a próxima estação chuvosa em dezembro de 2013. O recorrimento ao carro pipa pode ser inevitável para amenizar os efeitos de estiagem, mas este método é caro e fornece, muitas vezes, uma água de má qualidade e que é usado para tornar a população menos favorecida, dependente de políticos. A perfuração de poços profundos e a construção de barragens estrategicamente posicionadas em toda uma bacia hidrográfica pode ser uma das opções para população. Todavia, existem no SAB milhares de barragens de grande a pequeno porte, que em grande parte, estão nas mãos de uma elite, não tendo, portanto, a população acesso a essa água, contrariando o Art. 1º da Lei das Águas (Brasil, 1997).

**5ª. Linha - Água para o meio ambiente:** o conhecimento do ciclo da água e do balanço hídrico são condições para uma convivência harmônica com o clima e o meio ambiente. O meio ambiente fornece a água para as necessidades dos seres humanos, mas parte desta deve estar disponível para a conservação e o funcionamento adequado do ecossistema (Falkenmark et al., 2004). A base para isto engloba o manejo de bacias, proteção e revitalização de fontes de água, recomposição da mata ciliar e ações como tratamento de esgoto, redução, reuso e reciclagem de água. As mudanças climáticas previstas para o SAB indicam secas

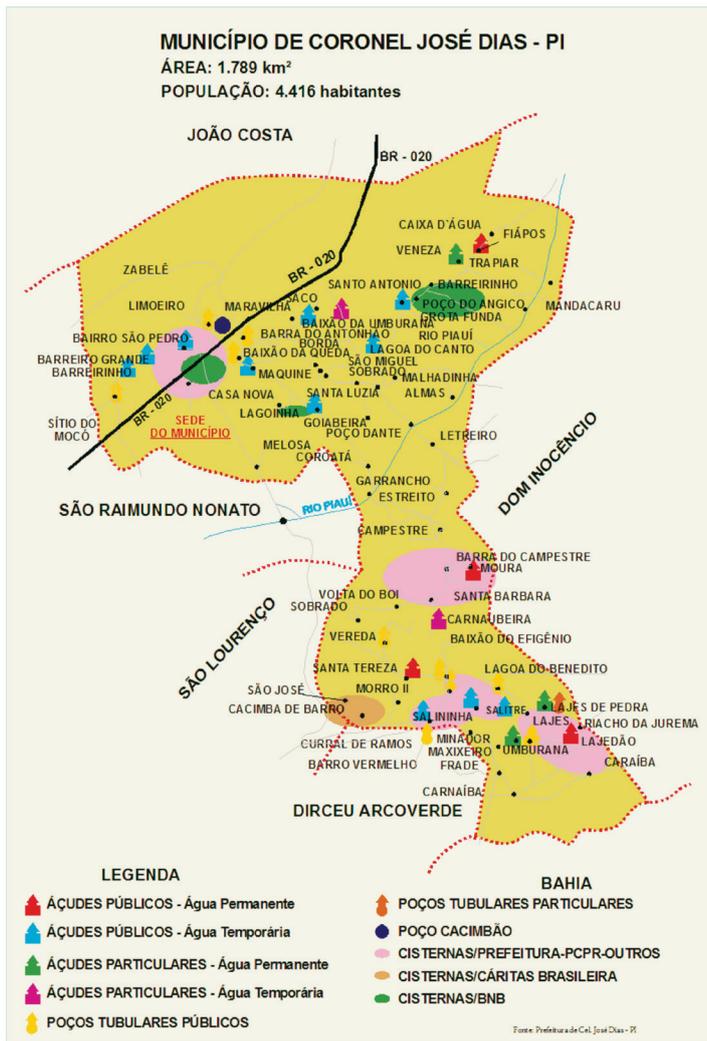


Figura 20. Mapa de abastecimento da área rural do Município de Coronel José Dias, PI

Fonte: Prefeitura de Cel. José Dias

Para o povo do SAB esta visão positiva significa um ganho em identidade, especificidade e autoestima, porque o modelo de referência não é mais o importado de outras regiões, seja do Litoral ou do Sul do Brasil ou de outras partes do mundo com climas diferentes, mas criado a partir do próprio SAB. Essas linhas orientaram os projetos populares elaborados pela sociedade civil e assumidos pelo governo, como o programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) e Uma Terra e Duas Águas (P1+2) ou a Lei 14.922 do Estado de Pernambuco que institui a Política Estadual de Convivência com o Semiárido (Pernambuco, 2013). No futuro essas linhas de políticas de água podem constar nos planos de recursos hídricos nacional, estaduais, municipais e comunitários, e fazer parte do Atlas Brasil, Abastecimento Urbano de Água, Região Nordeste, elaborado pela Agência Nacional das Águas - ANA, do qual se espera, numa futura edição, a inclusão da área rural dos municípios do SAB (Brasil, 2010).

prolongadas combinadas com o aumento de eventos de chuvas de curta duração e alta intensidade. Além disso, o desmatamento acelerado da Caatinga, que é a retirada da cobertura vegetal, tem provocado impermeabilidade dos solos, aumentando o escoamento superficial. Assim, o uso de captação de água de chuva é uma das medidas necessárias, para aumentar a elasticidade (resiliência) do semiárido a fim de lidar com as secas e prevenir enchentes.

Pelo exposto, essas cinco linhas de políticas de água surgiram a partir de um trabalho prático em comunidades rurais do SAB e podem servir de base para construir planos descentralizados e participativos de abastecimento de água em comunidades distritos e municípios (Figura 20). Elas significam uma mudança de paradigma no manejo dos recursos hídricos ao contrário de soluções tradicionais setoriais e de grande porte para o “polígono das secas”; desta maneira, as pessoas aprendem a conviver em uma região semiárida, criando uma nova cultura chamada ‘Convivência com o Semiárido’.

## 5 TECNOLOGIAS DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA APLICADAS AO SEMIÁRIDO

As tecnologias de captação de água de chuva, os métodos de construção, uso e manutenção estão todos disponíveis no SAB. Elas serão tratadas aqui, do ponto de vista técnico, mas essas são ao mesmo tempo tecnologias agrícolas, ecológicas e econômico-solidárias - além de promover a segurança hídrica e alimentar e por isso costumam ser chamadas de tecnologias sociais. Por serem multissetoriais, precisam de um amplo leque de articulação entre as organizações da sociedade e as várias áreas governamentais para garantir a plena realização de todas as suas dimensões (Lassance et al., 2004). A ideia é que o próprio povo seja o experimentador e avaliador das respectivas experiências. Um aspecto muito importante para o sucesso de uma tecnologia é uma compreensão adequada dos aspectos sócio-culturais da introdução de um novo sistema. Práticas existentes, as atitudes, grau de adaptabilidade, não obstante o papel das mulheres na sociedade são áreas em que os estudos devem ser realizados para avaliar a situação. Os profissionais complementam com seus conhecimentos e habilidades, a sustentabilidade dessas tecnologias e só assim pode-se garantir, além da viabilidade técnica, sua manutenção e o uso sustentável.

### 5.1 Cisternas de água de chuva para uso humano

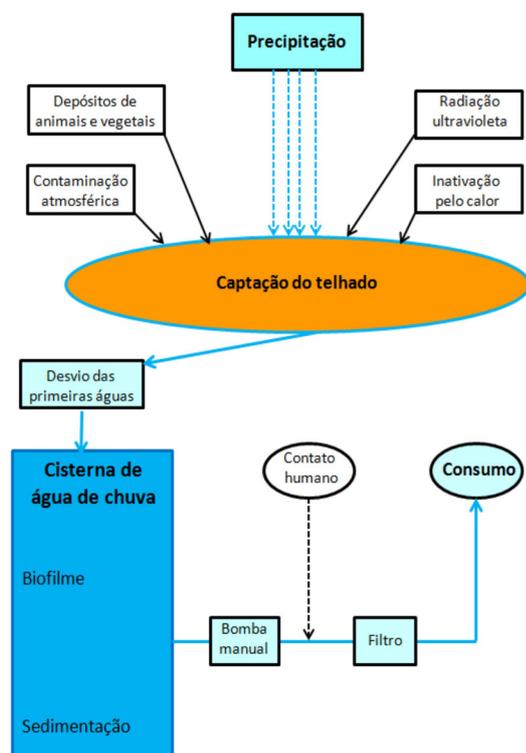


Figura 21. Sequencia de possível contaminação e tratamento de um sistema familiar de captação de água de chuva

Fonte: Gnadlinger, adaptado segundo Spinks et al. (2003)

São seis os componentes básicos de uma cisterna de água para uso humano, independentemente de sua complexidade (Gould & Nissen-Peterson, 1999; Gnadlinger, 1999; 2005; Schistek, 2005; 2009; Thomas & Martinson, 2007; Heijnen, 2013):

- A área de captação, que é o telhado através do qual escoa a água de chuva;
- Calhas e bicas que canalizam a água do telhado para a cisterna;
- Componentes que removem os sedimentos antes que a água captada entre na cisterna, como as telas e filtros e os aparelhos para desviar as primeiras águas de chuva;
- Um tanque de armazenamento, chamado cisterna;
- Um sistema de retirada da água, seja por gravidade, balde ou bomba;
- Um sistema de tratamento e purificação, seja por filtro ou outros métodos, para tornar a água limpa e segura para ser consumida.

Segundo as Diretrizes da Organização Mundial de Saúde, os sistemas de captação de água de chuva bem projetados, com áreas de captação limpas, com cisternas e tanques de armazenamento cobertos, e tratamento apropriado, acompanhados por uma boa higiene no ponto de uso, podem oferecer água potável com baixo risco para a saúde (WHO, 2011).

Normalmente, a qualidade de água de chuva captada de telhados é mais limpa que a de rios. O telhado em si, é um ambiente bastante hostil para germes patogênicos, visto que a luz do sol elimina grande parte deles. No tanque ocorrem também vários processos (decantação, flotação, etc.) o que torna a água mais limpa. A instalação de uma bomba manual para retirar a água da cisterna evita, também, a contaminação da água no momento de usá-la. É aconselhável que os usuários empreguem técnicas de desinfecção (aplicação de cloro, desinfecção solar ou o uso de um filtro de cerâmica ou de carvão) após a retirada da água da cisterna antes do consumo (Figura 21).

De acordo com a legislação brasileira, toda a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e estar sujeita à vigilância da sua qualidade (Brasil, 2004). A qualidade de água das cisternas é de responsabilidade pública; por isso, agentes comunitários ou agentes de saúde devem controlá-la. Recomenda-se ainda que se intensifique a política de qualidade de água, a partir de encontros de capacitação e cursos e que o Ministério de Saúde, adapte o Plano de Segurança de Água, da Organização Mundial de Saúde, para as cisternas, adequando-o para a realidade do SAB envolvendo, no monitoramento contínuo da qualidade de água em cisternas, os agentes comunitários e as próprias famílias. Foram elaborados questionários para avaliar a manutenção das cisternas e da qualidade da água de beber em uma comunidade toda ou num município que podem ser feitas por agentes de saúde e até pelos próprios usuários (Gnadlinger, 2010; Heijnen, 2012).

Existe uma grande variedade de tipos de cisternas (Gnadlinger, 1999 e 2005; Schistek, 2005 e 2009). Supondo que durabilidade e segurança fossem satisfatórias, normalmente se escolheria um tipo de cisterna, principalmente com base no custo mínimo; todavia, existem também outros critérios, como segurança do modelo, preferência do usuário, sustentabilidade e geração de emprego, motivo pelo qual não é necessário se fixar em um só modelo.

Não se deve esquecer que tecnologias sociais como as de captação de água de chuva, particularmente no momento da introdução, sejam sistemas que estão estreitamente ligados ao povo, tem que ter intensa interação entre todas as partes envolvidas. Os executores devem trabalhar lado a lado com os financiadores que devem ter a vontade de executar tais projetos. Tais relações têm de ser estabelecidas em uma base firme antes de iniciar em tais projetos, para depois sustentá-las. O sucesso de tais sistemas é um verdadeiro reflexo de uma parceria eficaz entre os usuários e os executores da implementação, que poderiam ser governo ou organizações não-governamentais (Appan, 1997). Para quem não considera estes fatores podem surgir problemas de aceitação. Atualmente estão sendo implantadas no SAB várias fábricas de cisternas de polietileno por meio do Ministério da Integração e da empresa Acqualimp/Rodoplas. A qualidade tecnológica do tipo da cisterna de polietileno pode ser boa, mas ela não está sendo aceita pela sociedade civil, porque a possibilidade de participação própria da população no processo de implantação (por meio de pedreiros, do mercado local na aquisição do material de construção, criação de renda, etc) é mínima, pois o cilindro de polietileno, a parte mais cara da obra, já vem pronto da fábrica. Além disso, suspeita-se a possibilidade da manipulação política do povo beneficiado por meio dos poderes públicos que “doam” estas cisternas. Por estes motivos não é considerada uma tecnologia social (ASA, 2011).

Como qualquer tecnologia, as cisternas também devem ser aperfeiçoadas constantemente, segundo os critérios técnicos e sociais. Ao longo dos anos, e após tentativas e experiências com diversos materiais, como tijolos, pedras, materiais sintéticos e argamassa de cal, são os reservatórios cilíndricos de argamassa de cimento que se têm mostrado mais apropriados; a seguir serão apresentados os tipos mais utilizados em projetos de organizações não governamentais e de governo.



Figura 22. Cisterna de placa de cimento, usada no Programa de Um Milhão de Cisternas (P1MC)

Foto: Caritas/ASA



Figura 23. Construção de cisterna de concreto com tela de arame  
Foto: IRPAA

**Cisterna de placas:** fabricada com placas de concreto e arame liso, rebocada por dentro e por fora é até hoje a mais construída no SAB (Figura 22). Este tipo de cisterna com capacidade de armazenar 16.000 L foi usado, originalmente, em comunidades de pequenos agricultores e, atualmente, está sendo construída sobretudo no P1MC. A cisterna de placas de cimento fica enterrada no chão até mais ou menos dois terços da sua altura; ela consiste em placas de concreto (mistura cimento: areia de 1 : 4), com tamanho de 50 por 60 cm e com 3 cm de espessura, curvadas de acordo com o raio projetado da parede da cisterna. Há variantes em que as placas de concreto são menores e mais grossas e feitas de um traço de cimento mais magro. As placas são fabricadas no lugar da construção, em simples moldes de madeira. Como base da cisterna antes de colocar o contrapiso, deve-se colocar uma camada de seixo rolado ou brita e em seguida uma camada de areia grossa. A parede da cisterna é levantada com as placas pré-fabricadas, a partir do chão já cimentado. Para evitar que a parede venha cair durante a construção, ela é sustentada com varas, até que a argamassa esteja seca; depois disso, um arame de aço galvanizado é enrolado pelo lado externo da parede que depois é rebocada; em seguida, a parede interna e o chão são rebocados e cobertos com nata de cimento forte. O telhado da cisterna, deve ser cônico e raso, feito de placas de concreto, apoiadas em caibros de concreto. Um reboco na parte externa do telhado é suficiente para dar firmeza. O espaço vazio em volta da parte da cisterna, abaixo da superfície do solo é cuidadosamente aterrado, proporcionando maior firmeza à cisterna; uma pintura branca aplicada por fora da cisterna pode reduzir a temperatura da água. Para garantir a sustentabilidade e durabilidade das cisternas, foram elaborados soluções para consertar eventuais vazamentos que possam acontecer, sobretudo depois de alguns anos de uso (Schistek, 2009).

**Cisterna de concreto com tela de arame:** mundialmente a mais usada em áreas rurais; trata-se de um tipo de tecnologia de ferrocimento, que se destaca por sua grande resistência e emprego reduzido de materiais. Por causa de sua estabilidade, este tipo está sendo adotado no SAB em virtude de sua segurança contra rachaduras e vazamentos; podendo ser usada tanto em pequenos como em grandes programas de construção de cisternas (Figura 23). Este tipo de cisterna não precisa ser enterrado e é construído na superfície do solo com dois metros de altura. Após a escolha do local da cisterna é necessário retirar a terra fofa, nivelar sua superfície a uma profundidade de cerca de 20 cm e colocar uma camada de cascalho e areia grossa; posteriormente, a base é confeccionada com aplicação de uma camada de concreto; para a construção da parte lateral utiliza-se uma forma de chapa de aço; que consiste de chapas de aço planas (1 x 2 m), espessura de 0,9 mm conectadas por cantoneiras e parafusadas uma nas outras, formando um cilindro. A forma levantada é envolta, primeiro, com tela de arame e, em seguida, com arame de aço galvanizado com espessura de 2 ou 4 mm - para cisternas com capacidade de 10.000 ou 20.000 L, respectivamente. A tela de arame deve passar por debaixo da forma e cobrir uma largura de aproximadamente 50 cm no fundo da cisterna; depois se colocam duas camadas de argamassa na parte exterior, com desempoladeira de aço; logo após a forma de aço é retirada. O interior é rebocado duas vezes e depois coberto com nata de cimento. O teto da cisterna pode ser fabricado também com a ajuda de uma forma de aço, mas é mais fácil e rápido utilizar a tecnologia usada na cisterna de placas. No intervalo das diversas etapas de fabricação, a cisterna tem que ser coberta com uma lona, para evitar o ressecamento prematuro da parede de concreto, o que provocaria pequenas rachaduras.



Figura 24. Cisterna de alambrado  
Foto: Schistek

**Cisterna com tela de alambrado:** : é um aperfeiçoamento da cisterna de concreto com tela de arame. O desafio para a nova tecnologia era a eliminação da fôrma, sem abdicar da simplicidade e da segurança que o ferrocimento oferece e da parede inteiriçada, sem emendas ou composição por elementos singulares. A tela de alambrado, ou tela de aço estrutural, é um produto da indústria siderúrgica, muito usado para cercas e separar espaços em ar livre, como residências, estacionamentos etc; o alambrado, uma tela galvanizada de 2 m de altura, de malha 15 x 5 cm, de arame galvanizado de 3 mm de diâmetro. A tela é encontrada em rolos de 25 m de comprimento; como estrutura básica,

uma tela de alambrado é armada em pé sem uso de fôrma, conforme o tamanho da cisterna prevista (Figura 24). Para permitir a aplicação de argamassa, a tela é envolta com uma tela de plástico, chamado sombrite. A aplicação da argamassa se dá em quatro camadas, imitando o princípio de materiais compostos, como chapas de madeira compensada ou vidro blindado, o que confere grande resistência à parede; o teto consiste de segmentos fabricados de forma semelhante as das paredes, armados de tela de alambrado (Schistek, 2005). A estabilidade desse tipo de cisterna foi comprovada na região de terremoto, no Haiti, em 2010, em que nenhuma destas cisternas construídas pela cooperação Brasil-Haiti através da Embrapa Semiárido e o Instituto Regional da Pequena Agricultura Agropecuária Apropriada (IRPAA), sofreram danos, enquanto as edificações

e as cisternas subterrâneas tradicionais ruíram. Segundo especialistas na 15ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, em Taiwan, em 2011, estas cisternas não racharam porque foram construídas fora do chão, em cima de uma base de seixos e cascalho, um método que se aplica também na construção dos prédios resistentes a terremotos no Japão (Schistek & Gnadlinger, 2011).

## 5.2 Tecnologias de captação de água de chuva para dessedentar animais

Detalhamentos deste tipo de tecnologias podem ser encontrados nas publicações de Pacey & Cullis (1986), Porto et al. (1999), Schistek (1999), Gnadlinger (2005), FAO (2013) e Heijnen (2013).

A partir do Zoneamento Agroecológico do Nordeste (EMBRAPA, 2000), que indica o potencial do uso da terra na região, observando os aspectos biofísicos, os pesquisadores chegaram à seguinte conclusão:

- 36% do SAB abrangem reservas ecológicas que não são apropriadas para a agricultura;
- 40% são apropriados para o uso agropecuário limitado – criação de caprinos e ovinos, aproveitamento sustentável da Caatinga através da exploração de espécies frutíferas como umbu, caju, etc.;
- 20% permitem a agricultura com uso da água de chuva; e
- menos de 4% são apropriados para a implantação da agricultura irrigada.

Segundo esses dados, Porto et al. (2005) concluíram que o tamanho mínimo da propriedade no SAB deve ser de 100 ha em municípios com “oferta ambiental média”, isto é, onde é possível associar o uso da caatinga com o cultivo de forragens apropriadas, principalmente para caprinos e ovinos. As tecnologias de captação e manejo de água de chuva para a agropecuária como a barragem subterrânea ou o barreiro trincheira somente têm viabilidade onde o povo tem acesso à terra: por isso elas visam uma expansão da área agrícola, a partir de uma reforma agrária apropriada, e o aumento da eficiência do uso da terra e da água, utilizando os princípios da agroecologia.



Figura 25. Construção de cisterna para a produção de verduras e fruteiras  
Foto: Gnadlinger

**Cisterna adaptada para a agricultura:** é formada de uma área de captação (para captar água da chuva de uma enxurrada que escoar nos desníveis do terreno ou de uma área pavimentada, chamada calçadão), um reservatório de água (normalmente bem maior que a cisterna para o uso humano) e canteiros de verduras nos quais a irrigação pode ser feita à mão ou por gotejamento. No Projeto Uma Terra e Duas Águas (P1+2) optou-se por uma cisterna de placas de cimento de 52.000 L por que capta a água em um calçadão de 210 m<sup>2</sup> construído no nível do solo (Figura 25). Com um calçadão até em ano seco, apenas 350 mm de precipitação são suficientes para encher uma cisterna de 52.000 L. Para construir o calçadão sem apresentar rachaduras usa se

placas de 1 m<sup>2</sup> de área. Com a água de uma cisterna desse tipo, não é possível irrigar grandes áreas, mas sim, canteiros de verdura de 20 a 30 m<sup>2</sup>, regar mudas, fruteiras e/ou dispor de água para pequenos animais (galinhas e abelhas). Esta solução simples contribui para a segurança alimentar e nutricional das famílias (Brito et al., 2008; Diaconia, 2008).

A maximização da eficiência da água pode ocorrer em vários estágios: a água armazenada na cisterna deve ser usada com moderação e somente quando as plantas precisarem de irrigação; às vezes, os canteiros têm lona plástica ao fundo que impede a infiltração da água para o solo e retém a água na zona das raízes das plantas; na superfície do canteiro também pode se dispor de uma cobertura vegetal seca para conservar a umidade do solo, também o uso de uma latada com folhas de palmeira ajuda a conservar a água no solo; como adubo se usa esterco curtido que retém também a umidade do solo, ficando assim à disposição das plantas. Outras famílias usam a água da cisterna também para irrigar fruteiras ou para dessedentar galinhas.

**Cacimba:** é um poço raso, muitas vezes feita na pedra, com diâmetro de até 2 m, coberto com uma tampa de madeira ou de cimento e com um carretel ou uma bomba manual, para retirar a água. Esta estrutura também pode ser construída com anéis pré-moldados ou de blocos de cimento (Figura 26) a uma distância de 30 m de distância de qualquer foco de poluição (fossas, sumidouros, currais, esterqueiras, etc.). Os três primeiros metros da base da cacimba devem ser revestidos com alvenaria, para evitar contaminações. Uma

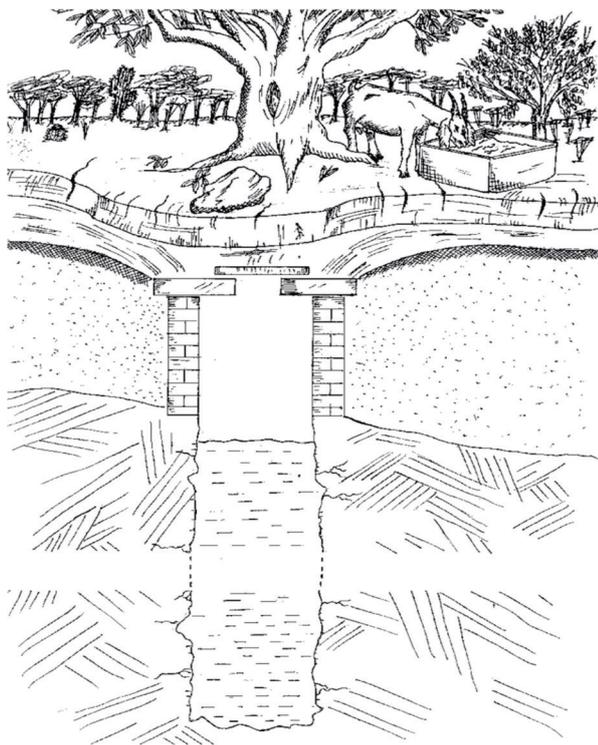


Figura 26. Cacimba  
Desenho: Ivomar de Sá Pereira

laje sobre o poço garante sua segurança e higiene. Este tipo de tecnologia pode fornecer água para uso humano, animal e agrícola. Em países semiáridos, como na Índia, a cacimba fornece água na época seca e na época da chuva é recarregada: a água de chuva é conduzida de um barramento, por exemplo, em uma estrada, por meio de um canaleta para a cacimba, onde depois de uma filtragem em meio poroso (areia e pedras) recarrega a cacimba. As cacimbas de areia constituem uma variante desta tecnologia que são escavadas no leito de riachos ou rios. A profundidade neste sistema é variável podendo chegar até 2 m. Para evitar que a areia do leito do riacho caia na escavação, levanta-se em seu entorno uma parede de tijolos, ou coloca-se anéis de concreto, até poucos centímetros abaixo do nível do leito do riacho. Esta estrutura é então coberta com uma laje de concreto, deixando-se apenas uma abertura de 50 cm para acesso e retirada da água. Esta abertura é coberta com uma tampa ou somente com galhos e gravetos, para que, já durante as primeiras trovoadas no início do período chuvoso, a água da chuva possa começar a encher a cisterna-cacimba, por cima. Depois dos quatro meses da estação chuvosa as reservas dos veios subterrâneos estão reabastecidas e o sistema passa a funcionar como poço.



Figura 27. Barragem subterrânea, colocando a lona de PVC  
Foto: IRPAA

o material retirado da escavação (Figura 27); pode-se, também, encher a valeta com argila bem compactada. Durante o inverno se acumula água no perfil do solo (e não na superfície, como nas barragens tradicionais), criando um perfil freático. Dependendo do modelo, a barragem pode possuir um sangradouro de concreto e de pedras, para escoar o excesso de água e evitar que a força da água rompa a barragem. A área à montante da barragem pode ser plantada com todo tipo de fruteiras, verduras e culturas anuais e servir também para produção de forragem verde para os animais. Ainda pode ser aproveitada a água armazenada numa cisterna subterrânea/poço amazonas (construído na área de montante da barragem subterrânea) a fim de usá-la para consumo humano ou animal (quando não se usam agrotóxicos no plantio) ou para irrigação. Ainda nos primeiros meses da estação seca é possível obter uma segunda colheita. A barragem subterrânea é uma tecnologia simples, porém requer um manejo adequado para sua implantação, operação e manutenção.



Figura 28. Caxio com dois compartimentos  
Foto: IRPAA

A **barragem subterrânea**: pode ser feita somente sobre subsolo cristalino e aproveita as águas das enxurradas de pequenos riachos intermitentes. A barragem subterrânea consiste de três partes: área de captação, área de exploração com agricultura de vazante ou de plantio e parede da barragem.

Cuidado especial se deve ter com a locação da barragem observando o relevo, tipo de solo, profundidade, qualidade da água e vazão da enxurrada; este sistema consiste em represar as águas das enxurradas por meio de um barramento escavado transversalmente ao fluxo de água em um terreno de aluvião, até chegar à base cristalina; aberta a valeta (por máquina escavadeira ou manualmente), coloca-se uma lona de plástico na vertical e o espaço livre da valeta é preenchido com

**Caxio**: é um reservatório construído em solo cristalino com um ou mais compartimentos de 4 m de largura e de 4 m de profundidade, com fundo e parede de pedra (piçarra) (Figura 28). Estas construções na maioria das vezes possuem formatos irregulares, pelos diversos graus de dureza do perfil do solo. Costuma-se, às vezes, escolher um formato mais alongado, de 6 a 8 m de comprimento, deixando-se uma parede de pedra no meio, formando duas partes que podem ser escavadas separadamente. Pequenas valetas são construídas para direcionar a água de enxurradas para esses compartimentos, tendo-se como preocupação evitar a entrada de sedimentos. Muitas vezes, a escavação de um caxio é uma

tarefa de vários anos e, possuindo duas partes separadas, pode-se usar primeiro a água da parte mais rasa e continuar o aprofundamento durante a época da estiagem. Quando o caxio tiver sua profundidade definitiva, quer dizer, a escavação ter chegado à camada cristalina dura, pode-se baixar um dos lados, em forma de rampa, para possibilitar o acesso de animais e lhes servir de bebedouro.



Figura 29. Barreiro trincheira (a máquina escavadeira hidráulica retira a segunda camada, até chegar à profundidade de quatro metros)

Foto: Schistek (2012)

O **Barreiro Trincheira**: é a variante moderna dos caxios (Schistek, 2012). O advento dos tratores de esteira significou o fim dos caxios, que por certo exige muita garra das famílias e trabalho em anos seguidos. As escavações feitas pelo trator de esteira resultam em bacias de ampla superfície, mas pouca profundidade. Estes reservatórios secam rápido, pela maior infiltração no solo e grande evaporação. A máquina apropriada para escavar um barreiro trincheira é a escavadeira hidráulica (Figura 29). O barreiro trincheira retoma estes princípios do reservatório estreito e profundo. Para aumentar o volume armazenado, não se aumenta a largura, mas o comprimento. A dimensão típica destes barreiros é de 5 metros de largura, pelo menos 4 metros de profundidade e 30 metros de comprimento.

Evidentemente seria mais indicado aumentar o volume do reservatório investindo em maior profundidade e menos comprimento. Mas aí a formação geológica põe o limite, pois muitas vezes, após os cinco metros de escavação passa-se a encontrar a rocha mãe dura, impenetrável, mesmo para uma escavadeira hidráulica.



Figura 30. Tanque de pedra

Foto: Gnadlinger (2011)

**Caldeirão** ou **tanque de pedra**: é uma caverna natural, escavada em lajedos, que representa excelente reservatório para armazenar água de chuva visando o uso humano, animal e agrícola. Nas regiões do SAB o formato das rochas é arredondado, em forma de lente e apresentam muitas cavernas, onde a água de chuva se acumula naturalmente. A parte mais profunda é sempre cheia de terra e cascalho; em geral, é necessário desobstruir essas cavidades naturais para obter depósitos de água eficientes; às vezes, constrói-se uma parede de um lado para aumentar a capacidade de armazenamento (Figura 30); estes sistemas apresentam profundidade irregular variando de centímetros até vários metros; além disso, o afloramento da rocha forma uma boa área para captação de água de chuva.

**Barramento de água em estradas:** consiste em captar e canalizar a água de chuva que escorre pela lateral de estradas, através de manilhas, e armazená-la depois de processos de decantação, numa cisterna subterrânea ou num barreiro trincheira, dos quais será retirada para irrigação de salvação.

**Uso de curvas de nível:** no plantio, como forma de manter a umidade do solo e evitar a erosão também é uma opção de captação da água de chuva. Os sulcos acumulam a água de escoamento e a levam até as raízes das plantas; os agricultores que observam essas regras, ao plantar em áreas menores, vão perceber que obtêm colheitas comparáveis com as obtidas em áreas maiores e sem curvas de nível, com a vantagem de terem o sucesso da colheita praticamente garantida. Ao contrário do SAB, em áreas semiáridas da China e do México com suas experiências milenares planta-se toda a agricultura de sequeiro em curvas de nível.



Figura 31 Captação de água “in situ”  
Foto: Embrapa Semiárido

**Captação de água ‘in situ’:** é uma aplicação especial de curvas de nível que impede o escoamento superficial mantendo a água de chuva tanto quanto possível, no lugar em que atinge o solo que, neste caso, é a própria área do cultivo. Esta tecnologia se aplica em terrenos inclinados e consiste no sulcamento das entre linhas antes ou depois da sementeira. A captação de água de chuva ‘in situ’ é apropriada para sistemas de plantação existentes e pode ser executada com a ajuda de máquinas ou animais. Um dos vários sistemas de captação de água de chuva “in situ” consiste na modificação da superfície do solo, de maneira que a área entre as fileiras de cultivo sirva de área de captação. Esta área apresenta uma inclinação que intensifica a produção

de escoamento, ao mesmo tempo em que o conduz para a porção de solo explorada pelas raízes da planta (Porto et al., 1999). Outra tecnologia consiste no sulcamento do terreno com barramento de água dentro dos sulcos (Figura 31).

### 5.3 Tecnologias de captação de água de chuva para fins ambientais

A seguir apresenta-se as principais tecnologias de captação de água de chuva para fins ambientais, revitalização de áreas devastadas, mitigação e adaptação a mudanças climáticas (Gnadlinger, 2005 e 2014; Garciadiego & Guerra, 2005; FAO/ABCMAC, 2006; Waterfall, 2006; Zhu & Li, 2009, Knoop et al., 2012). As mudanças climáticas têm como principais impactos uma ainda maior irregularidade da precipitação e aumento da evaporação por meio do aumento em 2°C da temperatura ou mais até 2100. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) ressalta que a região Nordeste poderá perder até 75% de suas fontes de água com o aumento da temperatura e da evaporação. Uma das consequências mais relevantes para o SAB

é a tendência à aridização, e o surgimento de uma vegetação de semideserto (Nobre et al., 2004). Além de considerar as mudanças climáticas a nível mundial, causadas por fatores fora da área de influência do SAB, precisa-se levar em conta as mudanças climáticas a nível local e regional. A derrubada e a queima da caatinga (pelo extrativismo desenfreado e pelo agronegócio de monoculturas) significam a abertura dos ciclos fechados de um ecossistema natural, acompanhado de um escoamento superficial intenso, perda de solo, redução do material orgânico no solo e uma redução substancial da capacidade do solo em reter água. A drenagem da água do solo significa uma mudança do clima local, porque a luz solar incidente é transformada em calor sensível e a temperatura do solo aumenta sensivelmente, liberando calor para a atmosfera, contribuindo, deste modo, para a mudança do clima local e regional. A mudança climática é também um dos efeitos de mudança no ciclo hidrológico (Krivcik et al., 2007). Neste cenário a captação de água de chuva torna-se uma intervenção chave na mitigação e adaptação à mudança climática (Soares & Marengo, 2007).

No manejo integrado de pequenas bacias hidrográficas, fundos de pasto e propriedades, citamos o modelo da região semiárida da China, chamado de ‘Modelo de três roupas’ (Zhu & Li, 2009): o meio ambiente deve ser vestido pelas tecnologias de captação de água de chuva, começando na parte alta da propriedade/bacia onde a água de chuva começa a escoar, posteriormente nas partes das encostas e finalmente nas planícies aluviais. Desta maneira, quer-se garantir também uma distribuição equilibrada da água em todas as partes da bacia, evitando eventuais conflitos entre os usuários:

- ‘vestir um chapéu’ - na parte alta promover reflorestamento (tecnologias de ecoflorestamento e reflorestamento, plantio de plantas de cobertura do solo tolerantes à seca, barreiras vegetativas para o solo, com pasto natural);



Figura 32 Barragem de gabião  
Foto: Lima

- ‘usar um cinto’ - em áreas de encostas promover o plantio em curvas de nível, captação de água “in situ”, plantio de fruteiras e hortas, barraginhas para infiltração e recarga de água subterrânea, recuperação de voçorocas a partir do início do fluxo de água, e

- ‘calçar botas’ - tecnologias de captação de água de chuva para a produção, a exemplo de barragens subterrâneas, cacimbas, pequenas barragens de gabião ou barragens sucessivas para reter a água nos aluviões. A barragem de gabiões (Figura 32), usada para o barramento de água de riachos, é uma parede de pedras, que são fixadas com o auxílio de gaiolas de ferro (gabiões), e impermeabilizada com uma cortina de cimento no centro (Lima, 1999).

No SAB destaca-se o projeto Recaatingamento (IRPAA, 2007), pela preservação e recuperação da caatinga e a revitalização de microbacias. A infraestrutura natural do ecossistema – a caatinga - capta e guarda a chuva, sendo usada pelas plantas da vegetação (Snellen, 2006), diminuindo o escoamento e enchentes e guardando a água nas próprias plantas como nos xilopódios



Figura 33. Mandacarus plantados em anos de alta pluviosidade armazenam alimentos e água para servir para animais em anos de estiagem

Foto: Gnadlinger

do umbuzeiro e troncos dos cactus (Gnadlinger, 2011) (Figura 33).

O Reaatingamento é um projeto de preservação ambiental que busca contribuir para inverter a desertificação do bioma caatinga através do uso sustentável de seus recursos naturais, garantindo também a vida digna das comunidades em suas terras comunitárias.

As tecnologias citadas contribuem para o aumento da capacidade de infiltração e da retenção da água superficial, evitando a erosão do solo, enchentes, e para o aumento da oferta hídrica nas bacias. Essas obras promovem o equilíbrio ecológico, a preservação e recuperação do solo e da caatinga, sendo instrumentos importantes no combate à desertificação, assim como o aumento da produtividade agrícola de sequeiro e da oferta de água, com notáveis impactos sociais positivos (Araújo, 2006).

## 6 POLÍTICA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

Na implantação de uma política de captação de água de chuva, o que mais se precisa, é de vontade política. Desde o final dos anos 70 do século passado a Embrapa Semiárido, o então Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido (CPATSA), realiza pesquisas em sistemas de captação de água de chuva no SAB; o Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada (IRPAA), desde 1990, e outras organizações não governamentais, estão fazendo pesquisa e divulgação de tecnologias de captação de água de chuva, como parte integrante da Convivência com o Semiárido. Para divulgar essas experiências pontuais, tornou-se necessário criar a base institucional para implementar programas maiores, fundando assim, em julho de 1999, a Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva (ABCMAC), que reúne pesquisadores e usuários de tecnologias de água de chuva e se destaca, sobretudo, pela organização dos Simpósios bianuais de Captação e Manejo de Água de Chuva. Durante a 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, em Petrolina, PE, em 1999, foram apresentados, por 50 especialistas dos cinco continentes, experiências de captação e manejo de água de chuva de várias partes do mundo. De modo especial, a experiência exitosa da região semiárida da China serviu de exemplo para o SAB. No mesmo ano se reuniram, em um evento paralelo à Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas para Combate à Desertificação (COP 3), no Recife, PE, organizações não governamentais e fundaram a Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA), que atualmente reúne mais de 1000 organizações populares, entre elas organizações não governamentais, sindicatos, cooperativas, associações e igrejas. A partir de então, a ASA

lançou primeiro uma campanha com o lema “Nenhuma família sem água de beber segura” e elaborou o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), para ser executado pela sociedade civil, de maneira descentralizada (ao nível das comunidades, municípios, microrregiões, estados e região). O programa que começou com um projeto piloto em 2001 e efetivamente em julho de 2003, recebe financiamento, sobretudo, de organizações governamentais como o Ministério de Desenvolvimento Social (MDS), cuja meta é fornecer água de beber limpa e segura a um milhão de famílias (cinco milhões de pessoas). Até 15 de setembro de 2014 já tinham sido construídas 547.752 cisternas no SAB e todas destinadas às famílias localizadas em áreas rurais. Além da ASA existem outros executores de construção de cisternas de água de beber, especialmente órgãos estaduais e municipais. O Ministério de Integração está executando um programa de cisternas de polietileno, com a participação do setor privado.

O P1MC foi o ponto da partida para o desenvolvimento sustentável do SAB, mas outros aspectos, como produção agroecológica de alimentos, criação de animais, comercialização, saúde, educação, infraestrutura, organização política e proteção do meio ambiente, precisavam ser considerados da mesma maneira para garantir o desenvolvimento sustentável da região. Por isso, no setor de agricultura o P1MC está sendo completado pelo programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2), significando que cada família na área rural deve ter uma terra (1), bastante grande para produzir alimentos, criar animais e garantir uma vida sustentável, e dois tipos de água (2), um para beber e outra para produzir (Gnadlinger, 2005; Gnadlinger et al., 2007)). Na primeira fase, que terminou em 2007, a ASA implementou 144 projetos-piloto em todos os estados do Nordeste, financiados pela Fundação Banco do Brasil e pela Petrobrás; desde então até o mês de março de 2014, segundo uma comunicação interna da ASA, o programa construiu 25.917 mil cisternas calçadão, 8.736 cisternas de enxurrada, 6.560 barreiros trincheira, 1.053 barragens subterrâneas e 827 tanques de pedra e instalou 503 bombas d’ água popular (bombas manuais tipo ‘volanta’ instaladas em poços rasos).

Já foi citado o “Recaatingamento” que integra as tecnologias de captação e manejo de água de chuva a um programa de restauração do meio ambiente e desenvolvimento sustentável do SAB, implementado pelo IRPAA e financiado pela Petrobrás.

Desde 2012, tecnologias como barreiros trincheira, barraginhas, curvas de nível para recuperar a caatinga fazem parte dos Projetos Hidroambientais da Bacia Hidrográfica do São Francisco que visam a revitalização de microbacias de afluentes. Espera-se que as tecnologias de captação e manejo de água de chuva sejam integradas quanto antes ao Programa de Combate a Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca.

A ABCMAC, organizadora de simpósios bianuais, conta com um grande acervo de resultados de pesquisas e experiências sobre o assunto, sendo acessível para seus sócios na internet ([www.abcmac.org.br](http://www.abcmac.org.br)). As atividades da ABCMAC visam incentivar o aprofundamento do conhecimento sobre a existência e a importância dessas técnicas em várias instituições de ensino e de pesquisa, e de tomada de decisão e de participação pública. No mundo acadêmico e científico se destacam o Instituto Nacional do Semiárido (INSA), a Universidade Federal da Paraíba (UFCG) e a Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), todos em Campina Grande, PB, a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), no Recife, PE, e na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em Belo Horizonte, MG, a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) e a Universidade do Recôncavo da Bahia (UFRB) entre outras.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E EXPECTATIVAS

Nos últimos vinte e cinco anos, no mundo e no SAB aconteceram mudanças importantes na forma do



Figura 34. Monumento em homenagem à Captação de água de chuva, China

Foto: Gnadlinger

manejo da água, lidando com as condições de escassez e de abundância. Em muitos lugares, as tecnologias de captação e manejo de água de chuva não são mais vistas como alternativas secundárias ou nichos, mas como parte integral do manejo do ciclo hidrológico que abrange as águas superficial, subterrânea, do solo e de chuva. Na Província de Gansu, na China p. ex. que usa a captação de água de chuva há pelo menos 2000 anos e implementou programas em grande escala, se construiu até um monumento à captação de água de chuva para homenagear e incentivar melhor aproveitamento desta fonte de água para o uso humano, na agricultura e para o meio ambiente (Figura 34). Em nível mundial, o uso da água de chuva contribui consideravelmente para cumprir uma das Metas do Milênio do Desenvolvimento Sustentável da UNO, de 2005, ou seja, diminuir pela metade o número de 1,1 bilhão de pessoas sem água de beber, até 2015 (meta que se consegue alcançar no SAB, mas não na África subsaariana). No entanto, cientistas e especialistas preocupados chamam a atenção para as “Metas do Desenvolvimento Sustentável Pós-2015” que a gestão sustentável da água da chuva em regiões secas e vulneráveis está faltando nas metas quanto à Pobreza (Meta 1), à Fome (Meta2) e à Água Doce (Meta 6), propostas pelo Grupo de Trabalho Aberto da ONU. Segundo os cientistas, querendo erradicar a pobreza e a fome no mundo, sem abordar

a produtividade da chuva é uma omissão grave e inaceitável (Semana da Água de Estocolmo, 2014).

No Brasil, o incentivo ao uso destas tecnologias de água de chuva está contemplado no Plano Nacional dos Recursos Hídricos e se deve concretizar em práticas e orientar cada vez mais a política de água no Brasil (Brasil, 2006). No SAB, graças à água de cisternas, vai se conseguir fornecer água de beber de boa qualidade para os 2 milhões de famílias na área rural. Uma lição da estiagem de 2011 a 2013 é a exigência de uma política sustentável estrutural abrangente, o que significa difundir em todos os níveis os princípios da convivência com o clima da qual a captação da água de chuva faz parte. As organizações não governamentais estão trabalhando para a promulgação de uma lei federal do “Programa Permanente de Convivência com o Semiárido”.

Em nível mundial, a Associação Internacional de Sistemas de Captação de Água de Chuva (IRCSA) promove o uso de água de chuva desde 1982, através, de 16 conferências bianuais – das quais a 9ª Conferência foi em Petrolina, PE. Ressaltam-se grandes avanços, nos últimos anos, mas o uso das tecnologias de captação e manejo de água de chuva ainda não é a régua.

A “Declaração Conjunta sobre o Aproveitamento de Água da Chuva”, editada no dia Mundial da Água, em 2011, por 40 entidades internacionais chama a atenção para aproveitar as potencialidades da água de chuva (IRCSA, 2011):

- A água da chuva é um recurso valioso que é subutilizado. Sua captação e uso podem aliviar os desafios de água potável, água não potável, drenagem e desafios energéticos.

- Soluções locais de captação de água da chuva melhoram a segurança da água e proporcionam importante alívio para famílias e comunidades.

- Em todo o mundo, a infiltração de águas pluviais, sua captação e armazenamento oferecem benefícios para o meio ambiente, a fauna, seres humanos e melhoram a disponibilidade de água para a indústria e a agricultura.

- É tempo de a captação de águas da chuva ser incluída nos planos de desenvolvimento de todas as agências governamentais, como parte de suas estratégias de manejo de seus recursos hídricos integrados.

- A introdução do conceito de manejo de água de chuva - a maximização dos benefícios da chuva como um recurso vital e minimizando os riscos potenciais de enchentes – nos currículos das escolas técnicas e das universidades trará benefícios futuros para o novo planejamento urbano e projetos arquitetônicos e agrícolas.

Tentamos mostrar que a captação e o manejo da água de chuva possam oferecer para o SAB e para o mundo soluções para resolver a crise atual do manejo da água - segundo o 6º Fórum Mundial da Água de 2012, ocorrido em Marselha, na França, é “Time for Solutions” (Tempo para soluções) - e contribuir para que a água seja distribuída de maneira mais justa - “L'eau source de vie, pas de profit” (a Água como fonte de vida e não de lucro), segundo o lema do Fórum Mundial da Água Alternativo, ocorrido no mesmo ano e na mesma cidade (Figura 35 A e B).

- Soluções locais de captação de água da chuva melhoram a segurança da água e proporcionam importante alívio para famílias e comunidades.

- Em todo o mundo, a infiltração de águas pluviais, sua captação e armazenamento oferecem benefícios para o meio ambiente, a fauna, seres humanos e melhoram a disponibilidade de água para a indústria e a agricultura.

- É tempo de a captação de águas da chuva ser incluída nos planos de desenvolvimento de todas as agências governamentais, como parte de suas estratégias de manejo de seus recursos hídricos integrados.

- A introdução do conceito de manejo de água de chuva - a maximização dos benefícios da chuva como um recurso vital e minimizando os riscos potenciais de enchentes – nos currículos das escolas técnicas e das universidades trará benefícios futuros para o novo planejamento urbano e projetos arquitetônicos e agrícolas.

Tentamos mostrar que a captação e o manejo da água de chuva possam oferecer para o SAB e para o mundo soluções para resolver a crise atual do manejo da água - segundo o 6º Fórum Mundial da Água de 2012, ocorrido em Marselha, na França, é “Time for Solutions” (Tempo para soluções) - e contribuir para que a água seja distribuída de maneira mais justa - “L'eau source de vie, pas de profit” (a Água como fonte de vida e não de lucro), segundo o lema do Fórum Mundial da Água Alternativo, ocorrido no mesmo ano e na mesma cidade (Figura 35 A e B).



Figura 35 A e B Cartazes do 6º Fórum Mundial da Água e do Fórum Mundial da Água Alternativo

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 2º Fórum Mundial da Água. A Vision of Water for Food, Agriculture and Rural Development, Haia, Holanda, 2000.
- 5º Fórum Mundial da Água. Istanbul Water Guide, Outcomes of the 5th World Water Forum, Istanbul, Turquia, 2009.
- ABCMAC. Relatório sobre a Oficina Avanços nos Estudos sobre Cisternas: Qualidade de Água e Cisterna Tipo Alambrado, Petrolina, PE, 2006. [www.abcmac.org.br/files/downloads/ABCMAC\\_Relatorio\\_Oficina\\_Abril\\_2006.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/downloads/ABCMAC_Relatorio_Oficina_Abril_2006.pdf)
- Agarwal, A.;Narain, S. (eds). Dying wisdom. The rise, fall and potential of India's traditional water harvesting systems, Nova Delhi, Índia, 1997.
- Appan, A. Rainwater Catchment Systems Technology: Concept, Classification, Methodologies and Application, 1º Simpósio de Captação e Manejo de Água de Chuva, Petrolina, PE, 1997.
- Appan, A. Abertura da 9ª Conferência Internacional de Sistemas de Captação de Água de Chuva, Petrolina, PE, 1999.
- Araújo, J. de C. As barragens de contenção de sedimentos para conservação de solo e água no semiárido, em: Küster et al., Tecnologias Apropriadas para Terras Secas, Fundação Konrad Adenauer, Fortaleza, 2006.
- Ariyananda T, Wickramasuriya S S, Wijeyesekera D S. Rainwater Haresting for Water Efficiency and Management, Proceedings of International Conference on Sustainable Built Environment (ICSBE-2010), Kandy, Sri Lanka, 13-14 December 2010 [http://www.civil.mrt.ac.lk/conference/ICSBE\\_2010/vol\\_02/26.pdf](http://www.civil.mrt.ac.lk/conference/ICSBE_2010/vol_02/26.pdf)
- ASA, Associação do Semiárido. Cisternas de Plástico – Solução ou armadilha? Recife, 2011. [http://www.asabrasil.org.br/UserFiles/File/panfleto1\\_cisternas\\_plastico.zip](http://www.asabrasil.org.br/UserFiles/File/panfleto1_cisternas_plastico.zip)
- Banco Mundial. Water Resources Management. A World Bank Policy Paper, Washington DC, USA, 1993. 141 p.
- Brasil, Presidência da República. Lei das Águas, Lei Nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997, Art. 1,3
- Brasil, Ministério de Saúde. Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano, Portaria N.º 518, 25-03-2004.
- Brasil, Ministério da Integração Nacional. Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro, Brasília, DF, 2005.
- Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria dos Recursos Hídricos. Plano Nacional dos Recursos Hídricos, Vol. I e IV, Brasília, DF, 2006.
- Brasil, Agência Nacional das Águas. Abastecimento Urbano de Água. Vol.2, Região Nordeste, Brasília, DF, 2010, [http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/atlas/Atlas\\_ANA\\_Vol\\_02\\_Regiao\\_Nordeste.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/atlas/Atlas_ANA_Vol_02_Regiao_Nordeste.pdf)
- Brito, L. T. L. & Gnadlinger, J. Relatório sobre a Oficina: Avanços nos Estudos sobre Cisternas: Qualidade de Água e Cisterna de Alambrado, ABCMAC, Petrolina, PE, 2006. [www.abcmac.org.br/files/downloads/ABCMAC\\_Relatorio\\_Oficina\\_Abril\\_2006.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/downloads/ABCMAC_Relatorio_Oficina_Abril_2006.pdf)
- Brito, L. T de L., Moura, M. S. B. de, Gama, G. F. B. (ed.). Potencialidades de Água de Chuva no Semiárido Brasileiro, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, 2007.
- Brito, L. T de L., Cavalcanti, N. de B., Santos, M. L. dos, Leite, W. de M. Água de Chuva: Pomar doméstico, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, 2008. 4p.
- Carvalho, E. L. T. de. A Missão Ibiapina, Passo Fundo, RS: Berthier, 2008.
- Crow, J., Bardill, J. & Bayliss, R. The Water Supply of Byzantine Constantinople, Society for the Promotion of Roman Studies, Londres, 2008. 286 p.

- Diaconia. Convivendo com o Semiárido, construindo cisternas de 52.000 litros, Recife, PE, 2008. 49 p., Série Compartilhando Experiências.
- Duque, G. Solo e Água no Polígono das Secas, Fortaleza, CE, 2004, Ed. 6, 334p.
- Embrapa Semiárido. Zoneamento Agro-Ecológico, Brasília, DF, 2000.
- Evenari, M, Shanan, L, & Tadmor, N. The Negev: the Challenge of a Desert, Harvard University Press, Cambridge, Inglaterra, 1982,, Ed. 2. 334p.
- Fagan, B. O Aquecimento Global, a influência do clima no apogeu e declínio das civilizações, São Paulo, SP, 2009. 304p.
- Falkenmark, M., Rockström, J., Savenije, H. G. Feeding Eight Billion People, Time to Get Out of Past Misconceptions, SIWI, Estocolmo, Suécia, 2002.
- Falkenmark, M., Rockström, J., Savenije, H. G. Balancing Water for Humans and Nature, SIWI, Londres, Inglaterra, 2004. 247p.
- FAO/ABCMAC. Curso de Capacitação em Captação de Água para aumentar a produção agrícola (Versão portuguesa de: Training Course on Water Harvesting), Petrolina, PE, 2006. CD Rom.
- FAO. Captación y Almacenamiento de Agua de Lluvia, Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, 2013. 276p.  
[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/AGRO\\_Noticias/docs/captacion\\_agua\\_de\\_llua.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/captacion_agua_de_llua.pdf)
- Fletcher R., Penny D., Evans D., Pottier C., Barbetti M., Kumm M., Lustig T. The water management network of Angkor, Cambodia. *Antiquity* 82, p. 658–670, 2008.
- Garciadiego, R. H. e Guerra, G. H. Programa Água para Sempre - Resumo Executivo, 5º Simpósio de Captação e Manejo de Água de Chuva, Teresina, PI, 2005. CD Rom.  
<http://www.abcmac.org.br/files/simposio/garciadiego.pdf>
- Gnadlinger, J. Apresentação Técnica de Vários Tipos de Cisternas para Comunidade Rurais no Semi-Árido Brasileiro, 9a Conferência Internacional de Sistemas de Captação de Água de Chuva, Petrolina, PE, 1999. Cd Rom.  
[http://www.abcmac.org.br/files/simposio/2simp\\_gandlinger\\_\\_tecnologia\\_cisternas.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/2simp_gandlinger__tecnologia_cisternas.pdf)
- Gnadlinger, J. Colheita de Água de Chuva em Áreas Rurais, 2º Fórum Mundial da Água, Haia, 2000. [http://www.irpaa.org/publicacoes/ebooks/colheita\\_de\\_agua\\_de\\_chuva\\_em\\_areas\\_rurais.doc](http://www.irpaa.org/publicacoes/ebooks/colheita_de_agua_de_chuva_em_areas_rurais.doc)
- Gnadlinger, J. A Busca da Água no Sertão, Juazeiro, BA, 2011, Ed. 5. 89 p. <http://www.irpaa.org/modulo/publicacoes/cartilhas-livros>
- Gnadlinger, J. Programa Uma Terra e Duas Águas (P 1+2): Água de chuva para os animais e para agricultura no Semiárido Brasileiro, Apresentação e Reflexões, Anais do 5º Simpósio de Captação e Manejo de Água de Chuva, Teresina, PI, 2005. CD Rom.  
[http://www.abcmac.org.br/files/simposio/5simp\\_gnadlinger\\_programap1mais2.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/5simp_gnadlinger_programap1mais2.pdf)
- Gnadlinger, J. Estratégias para uma Legalização Favorável à Captação e ao Manejo de Água de Chuva no Brasil, Anais do 5º Simpósio de Captação e Manejo de Água de Chuva, Teresina, PI, 2005. CD Rom.  
[http://www.abcmac.org.br/files/simposio/5simp\\_johann\\_estrategiasporumalegalizacaofavoravel.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/5simp_johann_estrategiasporumalegalizacaofavoravel.pdf)
- Gnadlinger, J. Rumo a um Padrão Elevado de Qualidade de Água de Chuva Coletada em Cisternas no Semiárido Brasileiro, Anais do 6º Simpósio de Captação e Manejo de Água de Chuva, Belo Horizonte, MG, 2007. CD Rom. [http://www.abcmac.org.br/files/simposio/6simp\\_gnadlinger\\_rumo.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/6simp_gnadlinger_rumo.pdf)
- Gnadlinger, J. Tailândia para o Semiárido Brasileiro: Fatores de sucesso de um projeto de captação de Água de Chuva em larga escala, Anais do 7º Simpósio de Captação e Manejo de Água de Chuva, Caruaru, PE, 2009. CD Rom. [http://www.abcmac.org.br/files/simposio/7simp\\_gnadlinger\\_tailandia.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/7simp_gnadlinger_tailandia.pdf)

- Gnadlinger, J. How can rainwater harvesting contribute to living with droughts and climate change in semi-arid Brazil? , em: Waterlines, Volume 33, Número 2, p. 146-153, Practical Action Publishing, Bourton on Dunsmore, Inglaterra, 2014 <http://practicalaction.metapress.com/content/u11348u44q252366/>
- Gnadlinger, J.; Silva, A. S.; Brito, L. T. L. P1+2: Programa Uma Terra e Duas Águas para um Semiárido sustentável. In: Gama, G. F. B.(Org.). Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro. Petrolina-PE: Embrapa Semiárido, p.63-77, 2007. [http://www.ieham.org/html/docs/Programa\\_1\\_Terra\\_2\\_%C1guas.pdf](http://www.ieham.org/html/docs/Programa_1_Terra_2_%C1guas.pdf)
- Gould, J. & Nissen-Peterson, E. Rainwater Catchment Systems for Domestic Supply. Design, Construction and Implementation, Londres, Inglaterra, 1999. 335p.
- Han, M. and Park, J. Innovative Rainwater Harvesting and Management in Korea, 13th International Rainwater Catchment Systems Conference, Sydney, Austrália, 2007. CD Rom.
- Hatibu, N. & Mahoo, H. Rainwater Harvesting for Natural Resources Management, A planning guide for Tansania, RELMA, Tansania, 2000. [http://www.samsamwater.com/library/TH22\\_Rainwater\\_Harvesting.pdf](http://www.samsamwater.com/library/TH22_Rainwater_Harvesting.pdf)
- Heijnen, H. A Captação de Água da Chuva: Aspectos de Qualidade da Água, Saúde e Higiene, Anais do 8º Simpósio de Captação e Manejo de Água de Chuva, Campina Grande, PB, 2012. [http://www.abcmac.org.br/files/simposio/004\\_han\\_heijnen.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/004_han_heijnen.pdf)
- Heijnen, H. Enhancing economic resilience in North Eastern Brazil by harnessing rain; Rainwater Harvesting Implementation Network (RAIN), Amsterdam, Holanda, 2013 [http://www.abcmac.org.br/files/downloads/heijnen\\_rainwater\\_harvesting\\_in\\_semiard\\_brazil\\_compressed.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/downloads/heijnen_rainwater_harvesting_in_semiard_brazil_compressed.pdf)
- IRCSA – International Rainwater Catchment Systems Association, et al. Declaração Conjunta sobre o Aproveitamento de Água da Chuva Dia Mundial da Água, 22 de março de 2011. <http://www.irpaa.org/DECLARACAO%20CONJUNTA%20%20sobre%20o%20Aproveitamento%20de%20Agua%20da%20Chuva.pdf>
- IRPAA – Instituto Regional de Pequena Agropecuária Apropriada. Reaatingamento em comunidades agropastoris e extrativistas do sertão da Bahia, Juazeiro, BA, 2007 <http://www.irpaa.org/modulo/recaatingamento>
- Knoop, L. , Sambalino, F. , van Steenberg, F. Securing Water and Land in the Tana Basin: A Resource Book for Water Managers and Practitioners, Wageningen, 2012. 177p. <http://rmportal.net/library/content/securing-water-land-tana-basin/view>
- Kravčík, M., Pokorný, J., Kohutiar J., Kovác, M. and Tóth, E. Water for the Recovery of the Climate - A New Water Paradigm, Bratislava, Eslováquia, 2007. 94p. <http://www.waterparadigm.org/indexen.php?web=./home/homeen.html>
- Lassance Jr., A. E. & Pedreira, J. S. Tecnologias Sociais e Políticas Públicas, em: Tecnologia Social, uma estratégia para o desenvolvimento, Rio de Janeiro, RJ: Fundação Banco do Brasil, 2004. 216p.
- Lima, G. V. Barragem de gabiões, Anais da 9ª Conferência Internacional de Sistemas de Captação de Água de Chuva, Petrolina, PE, 1999. CD Rom.
- Medeiros, S. de S., Cavalcante, A. de M. B., Marin, A. M. P., Tinôco, L. B. de M., Salcedo, I. H., Pinto, T. F. Síntese do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro, INSA, Campina Grande, 2012
- Neugebauer, Bernd. Der Wandel kleinbäuerlicher Landnutzung in Oxkutzcab - Yucatán, Friburgo, Alemanha, 1986. 283p.
- Nobre, C. A., Oyama, M. D., Sampaio, G. O., Marengo, J. A., Salati, E. Impact of climate change scenario for 2100 on the biomes of South America. In: International Clivar Science Conference, Baltimore, MD, USA. <http://mtc-m15.sid.inpe.br/rep-/cptec.inpe.br/walmeida/2004/12.22.08>

- Pacey, A. & Cullis, A. Rainwater Harvesting. The collection of Rainfall and Runoff in Rural Areas, Londres, Inglaterra, 1986. 216p.
- Pernambuco. Lei Nº 14.922, de 18 de março de 2013. Institui a Política Estadual de Convivência com o Semiárido. <http://legis.alepe.pe.gov.br/arquivoTexto.aspx?tiponorma=1&numero=14922&complemento=0&ano=2013&tipo=>
- Porto, E. R., Silva, A. de S., Anjos, J. B. dos; Brito, L. T. de L., Lopes, P. R. C. Captação e Aproveitamento de Água de Chuva na Produção Agrícola dos Pequenos Produtores do Semiárido Brasileiro, 9a Conferência Internacional de Sistemas de Captação de Água de Chuva, Petrolina, PE, 1999. CD Rom.  
[http://www.abcmac.org.br/files/simposio/2simp\\_everaldo\\_captacaoeaproveitamentodeaguanaproducao.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/2simp_everaldo_captacaoeaproveitamentodeaguanaproducao.pdf)
- Porto, E. R., Brito, L. T. de L, Silva, A. de S. Influência do Tamanho da Propriedade para a Convivência com o Semiárido. Anais do 5º Simpósio de Captação e Manejo de Água de Chuva, Teresina, PI, 2005. CD Rom.  
[http://www.abcmac.org.br/files/simposio/5simp\\_everaldo\\_influenciadotamanhodapropriedade.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/5simp_everaldo_influenciadotamanhodapropriedade.pdf)
- Rizzi, A. Vere da pozzo di Venezia: i puteali pubblici di Venezia e della sua laguna, Filippi Editore: Venezia, 2007. 464p.
- Schistek, H. Caldeirão, Caxio e Cacimba: Três Sistemas Tradicionais de Captação de Água de Chuva no Nordeste Brasileiro, Anais da 9a. Conferência Internacional de Sistemas de Captação de Água de Chuva, Petrolina, Brasil, PE, 1999. CD Rom.  
[http://www.abcmac.org.br/files/simposio/2simp\\_haroldo\\_caldeiraocaxioecacimba.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/2simp_haroldo_caldeiraocaxioecacimba.pdf)
- Schistek, H. Uma nova tecnologia de construção de cisternas usando como estrutura básica tela galvanizada de alambrado, Anais do 5º Simpósio de Captação e Manejo de Água de Chuva, Teresina, PI, 2005. CD Rom.  
[http://www.abcmac.org.br/files/simposio/5simp\\_harold\\_cisternadealambrado.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/5simp_harold_cisternadealambrado.pdf)
- Schistek, H. Eliminação de vazamentos em cisternas de captação de água da chuva, Anais do 7º Simpósio de Captação e Manejo de Água de Chuva, Caruaru, PE, 2009. CD Rom.  
[http://www.abcmac.org.br/files/simposio/7simp\\_schistek\\_eliminacao.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/7simp_schistek_eliminacao.pdf)
- Schistek, H. O surgimento do barreiro trincheira, Anais do 8º Simpósio de Captação e Manejo de Água de Chuva, Campina Grande, PE, 2012. CD Rom.  
<http://www.abcmac.org.br/files/simposio/132.pdf>
- Schistek, H. & Gnadlinger, J. Technical Presentation of Self-standing Wire Mesh Cisterns built in Semiarid Brazil, 15th International Conference of Rainwater Catchment Systems, Taipei, Taiwan, 2011.  
[http://www.solutionsforwater.org/wp-content/uploads/2012/02/15IRCSC\\_wire\\_mesh\\_cistern.pdf](http://www.solutionsforwater.org/wp-content/uploads/2012/02/15IRCSC_wire_mesh_cistern.pdf)
- Snellen, W. B. The value of rain, Wageningen: Alterra, 2006. 215 p.
- Soares, W. R. & Marengo, J. A. Utilização de Projeções de Cenários do IPCC na Caracterização de uma Possível Mudança Climática no Brasil: Aspectos de Clima e Regime Hídrico, Anais do 6º Simpósio de Captação e Manejo de Água de Chuva, Belo Horizonte, 2007. CD Rom [http://www.abcmac.org.br/files/simposio/6simp\\_wagner\\_mudanca.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/6simp_wagner_mudanca.pdf)
- Spinks, A. T., Dunstan, R.H., Coombes, P., B. & Kuczera, G. Water Quality Treatment Processes in Domestic Rainwater Harvesting Systems, 28th International Hydrology and Water Resources Symposium 10 -14 November 2003, Wollongong, Australia. CD Rom. <http://search.informit.com.au/documentSummary;dn=358922220770593;res=IELENG>> ISBN: 0858240602
- Semana da Água de Estocolmo, 2014. Concerned Scientists and Experts Declaration on Water, Hunger and Sustainable Development Goals, Managing rain: the key to eradicating poverty and hunger, Estocolmo, Suécia, 31 de agosto 2014.  
<http://www.worldwaterweek.org/wp-content/uploads/2014/08/Concerned-Scientists-Declaration.pdf>

- Stone, R. Divining Angkor, em: National Geographic, vol. 216, p. 26 – 54, julho 2009, Washington D.C.
- The Daily Yomiuri. Rainwater answers some water needs, em: UNEP, Environment in the News, edição de 17-03-2003.  
<http://www.unep.org/cpi/briefs/BRIEF17March.doc>
- Thomas, D. & Middleton, N. Desertification: Exploding the Myth, Wiley CO, USA, 1994. 194p.
- Thomas, T.H. and Martinson, D.B. Roofwater Harvesting. A Handbook for Practitioners, IRC International Water and Sanitation Centre. Delft, Holanda, 2007. 160p. Technical Paper Series No. 49.
- Toit, D. du & Sguazzin, T. The Storage of Water, in: Sink or swim... Water and the Namibian environment. An environmental resource book for Namibian teachers, Ministry of Culture, Swakopmund, Namibia, 1995.  
[http://www.drfn.info:83/pdf/Sink\\_or\\_swim/Sink\\_or\\_Swim\\_Ch10.pdf](http://www.drfn.info:83/pdf/Sink_or_swim/Sink_or_Swim_Ch10.pdf)
- UNESCO. Water a Shared Responsibility, The United Nations World Water Report 2, Paris, 2006 <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001454/145405E.pdf>
- UNICEF. Joint press release, Millennium Development Goal drinking water target met, 6.3.2012. [http://www.unicef.org/media/media\\_61922.html](http://www.unicef.org/media/media_61922.html)
- Waterfall, P. H. Harvesting Rainwater for Landscape Use, College for Water and Life Sciences, University of Arizona, Tucson, 2006.
- WHO – Organização Mundial de Saúde. Guidelines for Drinking Water Quality, Forth edition, Geneva, Suíça, 2011. 564p.  
[http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151\\_eng.pdf?ua=1](http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151_eng.pdf?ua=1)
- World Water Week. Press Release, Estocolmo, Suécia, 26-08-2005. <http://www.worldwaterweek.org/press/050826.asp>
- Zhu, Q. Rainwater harvesting in dry areas. The case of rural Gansu in China, Asia-Pacific Tech Monitor, Sept Oct, pag. 24 – 30, Bangkok, 2008. [http://www.techmonitor.net/tm/images/6/6c/08sep\\_oct\\_sf2.pdf](http://www.techmonitor.net/tm/images/6/6c/08sep_oct_sf2.pdf)
- Zhu, Q.; Li, Y. Captação de água de Chuva - Uma Maneira Sustentável para o Desenvolvimento Rural Integrado nas Áreas Montanhosas da China, Anais do 7º Simpósio de Captação e Manejo de Água de Chuva, Caruaru, PE, 2009. CD Rom. [http://www.abcmac.org.br/files/simpósio/7simp\\_zhu\\_maneira.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simpósio/7simp_zhu_maneira.pdf)

# CAPÍTULO 4

## CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA: ASPECTOS DE QUALIDADE DA ÁGUA, SAÚDE E HIGIENE\*

Han Heijnen

Traduzido do original em inglês por: Elizabeth Szilassy

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

# **CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA: ASPECTOS DE QUALIDADE DA ÁGUA, SAÚDE E HIGIENE**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	77
<b>2 RAZÕES PARA CAPTAR A ÁGUA DE CHUVA</b>	78
2.1 Regiões áridas e semiáridas	78
2.2 Melhor abastecimento	78
2.3 Mau gosto	79
2.4 Substituição	79
2.5 Suprimentos de emergência	79
2.6 Desenvolvimento de água de chuva como uma fonte de água potável	80
<b>3 QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA</b>	81
<b>4 COMPONENTES DO SISTEMA DE ÁGUAS PLUVIAIS</b>	82
4.1 Telhado	82
4.2 Dispositivo de primeira descarga, de entrada e de saída	83
4.3 Materiais de cisternas e acessórios	84
4.4 Tanques subterrâneos	84
4.5 Testando água de chuva quanto à contaminação microbiana	84
4.6 Contaminantes químicos	85
4.7 Qualidade estética: Os gostos e odores	86
4.8 Criadouros do vetor	86
<b>5 PLANOS DE SEGURANÇA E INSPEÇÃO SANITÁRIA DE ÁGUA</b>	87
5.1 Política para a captação de águas pluviais	88
5.2 Aproveitamento da água de chuva na estratégia de qualidade de água e saúde 2013-2020 da OMS	89
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	90
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	90

## 1 INTRODUÇÃO

O relatório mais recente da OMS / UNICEF Programa Conjunto de Monitoramento de Abastecimento de Água e Saneamento mostra que 1,3% da população mundial utiliza a água de chuva como sua principal fonte de água para uso doméstico. Nos países em desenvolvimento, 2,4% da população rural ou mais de 76 milhões de pessoas em todo o mundo são relatadas como dependentes da água de chuva, e muitas casas poderão usá-la também para beber (OMS/UNICEF, 2012). A utilização de água de chuva não se limita apenas aos países em desenvolvimento. Texas, Havaí e outras áreas com escassez de água nos EUA, Austrália e Nova Zelândia são exemplos de países onde a água de chuva é aproveitada ao nível das famílias, para jardinagem, conservação e uso doméstico, incluída como água potável (Figura 1).

O Instituto Australiano de Estatísticas (2010) relatou que as famílias que vivem em uma residência adequada para uma cisterna de água de chuva, aumentaram ainda mais a instalação de sistemas de água de chuva, de 24%, em 2007, para 32%, em 2010. Quase a metade (49%) das famílias do estado Sul - Australiano utilizam uma cisterna de água de chuva, seguido pelos estados de Queensland (36%) e Vitória (30%).

Resumindo, o relatório da OMS / UNICEF (2010) indica que a captação de água de chuva tornou-se significativamente mais importante como fonte de abastecimento doméstico de água desde 1990, com mais 89% de famílias dependendo na captação de água de chuva.

Além de uso doméstico, a razão para a captação de água da chuva tem sido intensificada por defender a melhoria da saúde das bacias hidrográficas através da retenção e diminuição do escoamento de água para incentivar a recuperação de aquíferos e assim, para poços gradualmente tornar-se perene novamente, por exemplo, na Índia, no Zimbábue, na China. Assim, a captação de água da chuva tem melhorada a segurança hídrica e alimentar em várias áreas frágeis, semiáridas. Países como Cingapura usam a água de chuva para aumentar os seus recursos limitados de água doce. Na Europa Ocidental, em particular na Alemanha, a gestão de água da chuva e uso doméstico é promovida para reduzir os fluxos máximos em descargas de drenagem e aperfeiçoar a gestão local de recursos hídricos. Com as mudanças nos padrões de chuva, devido aos efeitos das mudanças climáticas, a importância da boa gestão de água de chuva vai tornar-se ainda mais necessária.

A quarta edição das Diretrizes para a Qualidade de Água Potável, publicada pela OMS - Organização Mundial de Saúde (2011) reconheceu que a captação de água de chuva para uso doméstico e para consumo humano é uma realidade para muitas famílias e, portanto, orientações apropriadas sobre a captação, armazenamento e utilização são necessárias.

O aproveitamento da água de chuva como uma prática para o abastecimento doméstico e comunitário de água potável foi integrado ao Quadro da OMS para água potável em sua 4ª edição e faz parte da abordagem do Plano de Segurança Hídrica (PSH).

Uma reunião recente do Comitê de Qualidade da Água Potável da OMS, realizada em Cingapura, comprometeu-se a desenvolver um documento separado de orientação de apoio em captação de água de chuva para aprofundar as boas práticas para garantir água potável. Como é prática comum da OMS, o guia será elaborado através de um processo de consulta ampla com especialistas em saúde pública e engenharia do mundo inteiro.



Figura 1 Aproveitamento da água de chuva em nível das famílias

## 2 RAZÕES PARA CAPTAR A ÁGUA DE CHUVA

A água de chuva tem sido utilizada desde tempos imemoriais para aumentar o abastecimento de água ou até mesmo, fornecer a fonte principal de água, dependendo da situação:

### 2.1 Regiões áridas e semiáridas

A água de chuva tem sido tradicionalmente considerada um presente valioso do céu em áreas onde a água é escassa ou onde ocorrem secas graves. No Sul da Ásia, grandes áreas no Paquistão, Índia e Sri Lanka são localizadas em áreas secas com até 500-600 mm de chuvas por ano. As pessoas sobrevivem com a captação de água de chuva e práticas agrícolas para aproveitar a chuva disponível e reduzir a evaporação. Muitas práticas culturais sofisticadas existiam nesta parte do mundo associadas com a monção, para o armazenamento da água de chuva em reservatórios para ser usada para beber e na irrigação agrícola na estação seca, maximizando sua permanência (Agarwal & Narain, 1997).

No Rajastão, um estado deserto na Índia, kundis, são estruturas únicas que se parecem com enormes discos de concreto na paisagem. São usados para captar a água de chuva e armazená-la em cisternas subterrâneas para atender às necessidades da população humana e animal. Da mesma forma, nas áreas áridas da Jamaica, calçadões foram construídos para captar a água de chuva e armazenar em cisternas comunitárias. Com novas técnicas de construção em concreto armado (ferro-cimento), cisternas se tornaram mais acessíveis até mesmo para o armazenamento doméstico da água de chuva (Sri Lanka, Nepal, Brasil, etc.)

### 2.2 Melhor abastecimento

As áreas montanhosas de zona úmidas em Sri Lanka e Uganda têm oferecido perspectivas interessantes para a aplicação de captação de água de chuva. Com o aumento da população, as pessoas são forçadas a habitar áreas altas que antes não eram habitadas. Os pontos de água são disponíveis apenas abaixo do nível onde as pessoas residem e uma luta diária na busca de água é a consequência. No Sri Lanka e na maioria de Uganda isto não é o caso; uma monção bi-modal fornece um regime excelente para a captação de água de chuva, mesmo com uma pequena área de telhado ou cisterna.



Figura 2. Use água de chuva!  
Forum de ONGs de Nepal

Nos últimos anos, maior atenção tem sido dada para o aumento do abastecimento urbano de água através da captação de água de chuva. Em particular na Austrália, a demanda no mercado e às exigências dos reguladores de saúde pública têm suscitado um grande número de acessórios para melhorar a qualidade, quantidade e uso doméstico da água de chuva. Modelos inteligentes para a remoção de sujeira, a primeira descarga automática (filtro para folhas grossas), para reduzir a velocidade da água na entrada do tanque e para a colheita da água de melhor qualidade usando uma entrada flutuante, foram desenvolvidos e uma variedade de opções de armazenamento está disponível no mercado. Embora muitos desses acessórios sejam muito

caros para países em desenvolvimento, a troca de experiências com esses mercados pode levar a adaptação local que serviria o mercado local.

O abastecimento de água na capital do Nepal, Katmandu, tem sido insuficiente para atender a demanda durante as duas últimas décadas. O governo e ONGs locais têm promovido com sucesso a captação de água de chuva como um meio para compensar o déficit no abastecimento (Figura 2).

Em países onde a precipitação é de monções, com a maior parte da chuva caindo durante os 3-5 meses da estação chuvosa, as famílias terão um nível elevado de serviço durante a monção, comparável a um abastecimento urbano. Durante esse período, a água da chuva, muitas vezes, é mais do que suficiente para ser utilizada até para a higiene pessoal e para lavar roupa. Tempo e energia é economizado sendo que a água está próxima, e o risco de lesão na busca de água de um ponto de água distante é evitado.

### **2.3 Mau gosto**

Ilhas ou zonas costeiras têm muita água, mas a maioria é salgada e não saborosa para beber. Em pequenas ilhas, o aquífero também pode ser contaminado com o vazamento de esgoto e assim até poços amazonas contém água que precisa ser tratada para se tornar bacteriologicamente segura (Ilhas do Pacífico, Maldivas, Zanzibar).

Da mesma forma, as áreas interiores podem ter água subterrânea salgada ou contendo uma grande quantidade de sais minerais e / ou ferro; a captação de água da chuva pode fornecer água doce para beber, cozinhar e consumo doméstico.

### **2.4 Substituição**

Na última década, o potencial da água de chuva para a substituição de água quimicamente contaminada veio à tona. Em Bangladesh, onde as águas subterrâneas em muitas áreas foram contaminadas com arsênico insípido, inodoro e incolor, mas tóxico, a água de chuva para beber e cozinhar pode muito bem atuar como um substituto seguro para o consumo de água subterrânea contaminada. Arsênico e flúor são duas substâncias químicas perigosas que podem ocorrer naturalmente nas águas subterrâneas. Agora devido ao crescimento populacional e urbanização com fontes de águas subterrâneas sendo exploradas de forma mais intensa, essas substâncias parecem ser bastante encontradas em certas situações geohidrológicas. Ambos são difíceis ou dispendiosas para serem removidas da água; a solução melhor seria mudar a fonte de água para beber e cozinhar.

### **2.5 Suprimentos de emergência**

Durante emergências, o abastecimento de água pode ser interrompido. A captação de água de chuva e armazenamento temporário vai aliviar as dificuldades de obtenção de água potável. A água da chuva pode ser captada por meio de um pedaço de plástico ou pano medindo 1m por 2m, ou por um lençol fixado em 4 paus e um balde, como mostra a imagem da resposta ao ciclone Nargis em Mianmar, em 2008 (Wash Cluster, 2008). Para fornecer algumas famílias com água potável uma lona medindo 3m por 3m pode ser usada (Figura 3).

## 2.6 Desenvolvimento de água da chuva como uma fonte de água potável

As Orientações da OMS para Água Potável destinam-se a apoiar o desenvolvimento e implementação de estratégias de gestão de risco que irão garantir a segurança do abastecimento de água potável por meio do controle de substâncias perigosas na água. Essas estratégias podem incluir normas nacionais ou regionais desenvolvidas a partir da base científica fornecidas nas orientações. As Diretrizes devem também fazer parte de uma estratégia global de proteção à saúde, que inclui saneamento básico e outras estratégias como o gerenciamento de contaminação dos alimentos. As orientações fornecem um ponto de partida científico às autoridades nacionais para desenvolver regulamentos e normas para água potável apropriadas para a situação nacional (OMS, 2011).

Embora as orientações abranjam uma ampla gama de aspectos de saúde pública relacionados ao uso de água subterrânea ou de superfície como uma fonte de água potável, a água de chuva como uma fonte não tenha sido tratado extensamente. Isto é principalmente devido ao fato que outras fontes estavam



Figura 3. Sistema emergencial para captação de água de chuva  
Fonte: Wash Cluster, 2008

disponíveis e adequadas, e que tem havido um foco da saúde pública e de engenharia no abastecimento público de água para comunidades e cidades através de sistemas gerenciados de forma centralizada. O foco em populações maiores é correto, tanto em termos de prestação de serviços convenientes de água e os riscos à saúde pública em caso de falha, por exemplo, causando um surto de diarreia de campylobacter.

Nota-se cada vez mais, a necessidade de dispor de serviços de água melhorados às famílias rurais, aglomerados de casas em locais remotos, nas ilhas, em áreas montanhosas ou semiáridas. Quando os sistemas urbanos não conseguem fornecer quantidades de água adequadas para todos os recém-chegados, as famílias procuram formas alternativas de obtenção de água suficiente. Muitas vezes, a captação de água de chuva é parte da solução,

pelo menos para uma parte do ano.

A partir de uma perspectiva de saúde pública, os consumidores ocasionais de água de chuva devem ser, pelo menos, aconselhados sobre boas práticas para uma maior segurança da água, e onde é provável que a água de chuva seja a única fonte de água para uso doméstico, normas adequadas devem ser defendidas e aplicadas para se certificar que a água captada e armazenada, na maior parte do tempo, satisfaz as normas de qualidade da água do país. A boa prática exige que várias barreiras de proteção devam estar localizadas entre a fonte de água e o ponto de uso.

Relativamente poucos estudos epidemiológicos têm sido realizados, sendo que a água de chuva como uma fonte de água potável é utilizada por relativamente poucas pessoas, ou porque a sua utilização não foi reconhecida. Boas práticas de captação são baseadas na engenharia de bom senso, ao invés de uma

real avaliação dos riscos à saúde. Em geral, há uma escassez de informação científica. Desde 2007, a OMS tem avaliada a informação científica disponível e espera que nos próximos anos seja capaz de compilar um documento que irá expandir o conhecimento epidemiológico sobre a captação de água de chuva para abastecimento doméstico e também introduzir garantias e medidas de análise da qualidade da água que irão proteger consumidores. O documento da OMS sobre a captação de água da chuva (doméstica) irá discorrer sobre de qualidade de água quanto aos aspectos microbiano e químico, com orientações sobre protocolo de monitoramento e testes de qualidade de água e os planos de segurança para sistemas de captação de água de chuva. Nas seções seguintes, uma descrição resumida é fornecida de cada um desses elementos, a partir da perspectiva da captação de água de chuva do telhado para água potável. No final da seção alguns comentários relacionados à política e à captação de água de chuva irão complementar a visão geral (Figura 4).

### 3 QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA

A qualidade da água de chuva captada pode variar dependendo da poluição atmosférica (exausto de veículos ou de fuligem de cozinha ou queimadas), limpeza da superfície de captação, uso de tela, ou método de filtração e armazenamento. Embora a qualidade de água de chuva captada possa variar, em geral, a qualidade captada encontrada é boa e nos países em vias de desenvolvimento, será frequentemente igual à da água tratada, fornecida por meio da rede pública.

Há poucas investigações de surtos notificados que ligaram doença ao consumo de água de chuva em cisternas. Isso talvez porque o sistema de água de chuva geralmente atende a apenas poucas pessoas em uma residência, portanto, casos esporádicos de doença serão mais propensos a resultar, em vez de um surto. Estudos da qualidade microbiológica da água demonstraram que organismos indicadores fecais estão frequentemente presentes na água de chuva coletada como patógenos específicos como *Salmonella*, *Campylobacter*, *Cryptosporidium* e *Giardia*. No entanto, a ausência de contaminação a partir de fezes humanas e animais significa que a diversidade de agentes patogênicos em água de chuva captada é mais restrita do que encontrada em águas superficiais contaminadas. Vírus entéricos humanos (que replicam somente em seres humanos) deve estar ausente de água de chuva, e estirpes de *Cryptosporidium* e *Giardia* disseminadas por animais com acesso a telhados, provavelmente, apresentam uma menor taxa de infetividade humano do que aqueles a partir de seres humanos ou bovinos. Por estas razões, o risco de contrair doença por consumir água de chuva não tratada é provavelmente menor do que para águas superficiais não tratadas de aparentemente semelhante qualidade microbiológica (a julgar pela presença de organismos indicadores fecais) (Sinclair et al., 2005).

A qualidade da água de chuva se deteriora quando passa sobre uma superfície de captação que pode ter sujeira, folhas ou excrementos fecais a partir de aves e outros animais.



Figura 4. Componentes de um sistema típico de captação de água de chuva no Sri Lanka (RCWSSP & Fraser Thomas Ltd., 2006)

Os sistemas de captação de águas pluviais estão sujeitos a riscos ambientais por causa da natureza da área de captação. Existem várias maneiras que contaminantes podem entrar no sistema de água de chuva e comprometer a qualidade da água. Por exemplo, contaminantes químicos podem se dissolver durante a precipitação e lixiviar de componentes do sistema de água de chuva, enquanto os riscos microbianos podem ser introduzidos através de excrementos de aves ou de animais pequenos, ou por um sistema de captação e armazenamento de péssima qualidade de construção.

É muito importante que os usuários entendem os perigos e riscos potenciais de negligência na captação de água de chuva. Autoridades de saúde locais devem ajudar por meio do desenvolvimento de orientações adequadas. Cronogramas de manutenção simples, baseadas em abordagens de plano de segurança de água e formatos de inspeção sanitária são geralmente disponíveis para ajudar famílias e usuários institucionais obter uma boa qualidade da água, de forma consistente.



Figura 5. Telhado de amianto contaminado por musgos numa casa rural na Holanda

## 4 COMPONENTES DO SISTEMA DE ÁGUAS PLUVIAIS

### 4.1 Telhado

O tipo e a condição do material do telhado irão afetar a qualidade da água. O telhado pode ser de folhas de ferro galvanizado (FFGs), telhas de cerâmica de barro ou de folhas de amianto. Às vezes, usam-se folhas de plástico corrugado. Telhados de palha irão produzir água com uma grande quantidade de material orgânico e a cor seria menos adequada para uso doméstico. FFGs são as preferidas e é comum encontrá-las em casas novas. FFGs têm a vantagem de esquentar bastante no sol e irão esterilizar a contaminação microbiana de água durante o processo.

Tinta no telhado pode oxidar através de intemperismo. No processo de degradação, a tinta pode ser levada para dentro da cisterna. Dependendo do material usado, isto não será um problema se for deixada a tinta assentar no fundo da cisterna. Azulejos com cor impregnado nelas não encontrarão este problema. Tinta contendo chumbo não deve ser usada. A limpeza periódica do telhado e a remoção de galhos das árvores irão reduzir a poluição. A limpeza das calhas é crítica para o escoamento da água de chuva e para a remoção da sujeira, que de outro modo possa entrar na cisterna.

Enquanto o escoamento, a partir de folhas de ferro galvanizado, é melhor do que 90%, se não estiver enferrujado, telhas de cerâmica e telhas de amianto velhas têm os menores coeficientes de escoamento. A taxa de escoamento também vai depender da intensidade das chuvas. Durante uma chuva fina, a evaporação será mais importante, mas com uma chuva forte, o escoamento será bom.

Se a cobertura for de amianto / fibrocimento, deve ficar intocada. Manusear amianto é perigoso para a saúde por causa da inalação de fibras. Na maioria dos países, o uso do amianto é proibido como um material de telhado. No entanto, numerosas casas antigas ainda têm telhas de amianto. O risco apresentado ao longo prazo do consumo de água potável contaminada com amianto tem sido estudado extensivamente. A evidência indica que a água coletada dos telhados de amianto é improvável ser associado com efeitos ao longo prazo para a saúde. Na Figura 5, observa-se o outro extremo, um telhado de amianto sujo, que não serve para captar a água de chuva!

#### 4.2 Dispositivos de primeira descarga, de entrada e de saída

Em anos recentes, a atenção tem sido dada para melhorar a qualidade da água captada e armazenada na cisterna através de filtros apropriados de entrada (por exemplo, filtros para folhas grossas), dispositivos de primeira descarga e configurações de saída. A primeira descarga adequada (veja também Figura 6) pode reduzir consideravelmente a carga de entrada contaminante. Como regra geral, para cada mm de primeira descarga, a carga contaminada será reduzida pela metade. (Thomas & Martinson, 2007). Assim, num telhado de 50 m<sup>2</sup>, entre 100 a 150 L terá de ser lavado para alcançar uma turbidez de entrada de 20 NTU, depois de alguns dias sem chuva. Parece, no entanto, que o regime de primeira descarga é muitas vezes de volume inferior.

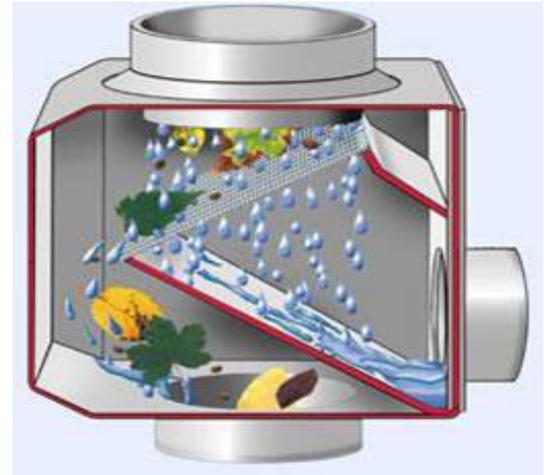


Figura 6. Filtro de limpeza automática (Regendieb) num tubo de descida para limpar a água da chuva que flui a partir do telhado de folhas e outras impurezas: <http://www.graf-ter.com/rainwater-harvesting/>

Do mesmo modo, como a água na parte inferior pode ser mais suja, seria desejável ter um dispositivo de saída com uma entrada flutuante (Figura 7), retirando a água da parte superior da cisterna (Thomas & Martinson, 2007).

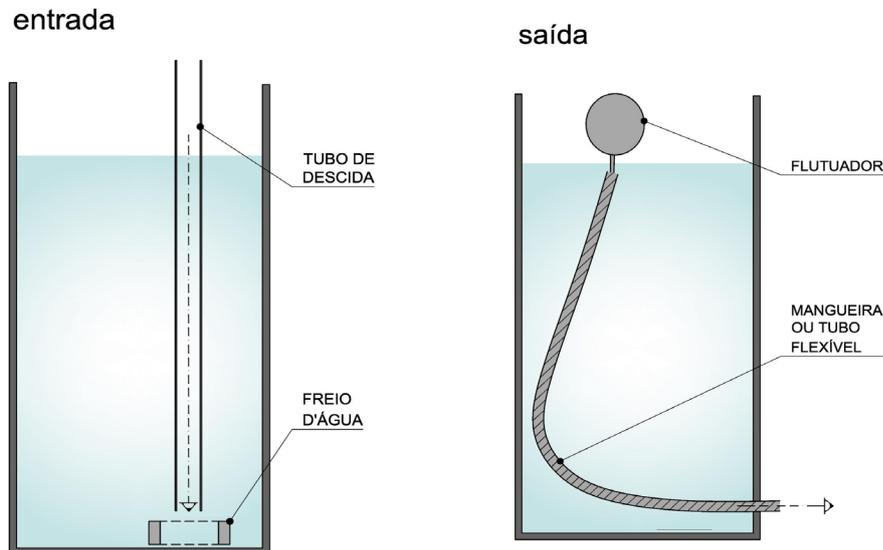


Figura 7. Dispositivos de entrada (a) e de saída (b) em cisternas

### 4.3 Materiais de cisternas e acessórios

O sistema de armazenamento também pode afetar a qualidade da água. Quando cisternas de concreto e ferrocimento são novas, podem elevar o pH devido à liberação de cal em excesso. Se a poluição do ar é uma preocupação na área, pode levar a uma redução do pH. Isto tem causado problemas, ocasionalmente, nas Maldivas, por exemplo, devido à precipitação negra da Nuvem Marrom Atmosférica do Sul Asiático. Os dados do Observatório Hanimaadhoo, nas Maldivas do Norte, também têm demonstrado que a água da chuva é mais ácida durante o período seco (com um pH de cerca de 4,7), do que durante a monção quando o pH é de cerca de 6,0. Embora um pH baixo não constitua uma ameaça para a saúde, a acidez pode aumentar a taxa de dissolução de tanques de metal, tubos e acessórios. Em todos os casos, continua a ser importante assegurar que os acessórios e os materiais utilizados são livres de produtos químicos perigosos, tais como o chumbo, sendo que um pH baixo irá causar lixiviação e comprometer a qualidade química da água armazenada.

Dependendo do material do reservatório, a água é afetada de maneira diferente. Cisternas novas tendem a ter um problema com odor e sabor devido à lixiviação de material do reservatório em excesso. A lavagem da cisterna antes da utilização pode reduzir o mau gosto e odor.

### 4.4 Tanques subterrâneos

Uma das vias de contaminação microbiana é a correnteza subterrânea. Isto é, particularmente, importante para os tanques subterrâneos, quando efluentes agrícolas e ambientais que contêm *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Campylobacter* e *Salmonella spp.* pode vazar para os tanques. Se os tanques não estiveram devidamente selados ou desenvolveram rachaduras, as águas subterrâneas contaminadas que escoam de um tanque séptico vazando, podem entrar no tanque e poluir a água armazenada. Um estudo realizado na Jordânia, de 225 tanques mostrou que *Cryptosporidium parvum* só estava presente em tanques subterrâneos, mas não em tanques acima do solo. Dois fatores relacionados com a presença de *C. parvum* mencionado por Abo-Shehada et al. (2004), que foram significativas ( $P < 0,05$ ) foram:

- Abertura do tanque acima do nível do chão, e
- Presença de animais nos arredores do tanque.

### 4.5 Testando água da chuva para contaminação microbiana

Microorganismos patogênicos que são levadas para dentro do tanque pode estar presente na coluna de água, ou no sedimento ligado à partículas que se depositam no fundo do tanque. O sedimento pode ser re-suspenso quando água nova entra no tanque, especialmente depois de chuvas fortes que perturba o equilíbrio. Microorganismos transportados por vetores aves e animais incluem *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Campylobacter* e *Salmonella spp.* Cada um destes microorganismos é conhecido por causar gastroenterite.

Assumindo que a água captada é também usada para beber, é importante que a contaminação microbiana da água seja igual a zero, ou quase sempre nula. Na prática, a presença de *E. coli* é comumente usada para indicar a contaminação fecal, e os padrões de água potável nacionais irão refletir esta situação.

Para a água de chuva, o uso de coliformes termotolerantes e *E. coli* como organismos indicadores para prever a presença de organismos patogênicos tem sido questionada. Estudos têm demonstrado que, ou não houve correlação entre coliformes termotolerantes e a presença de agentes patogênicos ou não houve agentes patogênicos presentes quando coliformes termotolerantes foram detectados. Por outro lado, a ausência de coliformes termotolerantes não indicou a ausência de *Cryptosporidium* e *Giardia spp.* (Crabtree, Ruskin, Shaw & Rose, 1996). Bain et al. (2012) recentemente revisaram métodos disponíveis de análise de qualidade de água que poderiam ser usados em situações de baixa renda. Nestes testes, foram incluídas a contagem

de coliformes termotolerantes (também conhecido como contagem de coliformes fecais), a contagem de *Escherichia coli* (*E. coli*), ou o teste simples de H<sub>2</sub>S. Poucos dos testes identificados são ideais para situações de baixos recursos, se implementados de acordo com seus protocolos padrão. Este é especialmente o caso para testes quantitativos.

As diretrizes da Organização Mundial da Saúde afirmam que os indicadores de poluição fecal, *E. coli* ou coliformes termotolerantes não deveriam ser detectáveis por 100 ml de amostra. A OMS está ciente da diferença enorme entre a realidade de áreas rurais de países em vias de desenvolvimento e as orientações. Na grande maioria de abastecimento de água em áreas rurais em países em vias de desenvolvimento, a contaminação fecal ainda é comum. Nestas condições, a agência nacional de vigilância deve definir objetivos a médio prazo para a progressiva melhoria do abastecimento de água, conforme recomendado pela 4ª edição do Manual da Qualidade da Água Potável da OMS (2011).

Há alguns anos concluiu-se que para água de chuva captada, um padrão mais realista pode ser 10/100 ml coliformes termotolerantes onde uma pesquisa sanitária determina que no tanque de água da chuva seja improvável que tenha a contaminação a partir de resíduos fecais humanos (Fujioka, 1994). A sugestão foi baseada na experiência que lapsos generalizados são observados na manutenção de forma adequada de sistemas de água de chuva, até mesmo por usuários bem informados e educados. Hoje, com a crescente disponibilidade de opções domésticas de tratamento de água, o uso de um filtro de água, fervura ou desinfecção solar irão fornecer um tratamento adequado para o preparo de água segura para beber. A aplicação mais regular de “boas práticas” no aproveitamento de águas de chuva em combinação com tratamento de água na casa irão garantir barreiras eficazes e múltiplas contra o risco de contaminantes microbianos que comprometem a qualidade da água armazenada.

No caso da captação de água de chuva, é útil considerar o custo e o esforço da realização de testes de qualidade da água. Embora a coleta de uma amostra de água de sistemas domésticos tem o seu valor, há mais benefício para autoridades de saúde pública e promotores de captação de água de chuva, focalizando na aplicação de boas práticas de captação a água da chuva por meio de alertas, folders e cartazes, e durante as visitas domiciliares. O uso de um formato de inspeção sanitária também irá ajudar a promover boas práticas ao nível da família (ver também a seção sobre os planos de segurança de água).

#### 4.6 Contaminantes químicos

Enquanto a água de chuva é considerada pura, há um grande número de poluentes atmosféricos, tais como dióxido de enxofre, de óxidos de nitrogênio e os hidrocarbonetos, que, em conjunto, são as principais causas de chuva ácida antropogénica. Além de causar chuva ácida, esta água pode ser perigosa para beber, especialmente em áreas de forte poluição, tais como áreas urbanas industrializadas. Numerosos poluentes atmosféricos antropogénicos existem, dos quais o mais prevalente e prejudicial para a qualidade da água da chuva são o dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio e vários hidrocarbonetos.

Embora a maioria dos contaminantes graves seja normalmente limitada a centros urbanos e industriais, os poluentes podem ser transportados a grandes distâncias antes de serem lavados na chuva. No entanto, precipitação é reconhecida por lavar os poluentes do ar, assim, melhorar a qualidade da água.

Os contaminantes químicos potenciais incluem pesticidas agrícolas (levadas pelo vento), hidrocarbonetos aromáticos por meio de emissões de fumaça de madeira e depósitos de emissões urbanas e industriais.

Coombes et al. (2000) monitoraram a qualidade da água (físico-química e microbiológica) durante um período de 2 anos e avaliou a conformidade com as diretrizes australianas de qualidade de água potável. Mesmo sob o “pior caso” o cenário no lugar Figtree e a densidade de trânsito aparentemente alto, a qualidade físico-química da água dos tanques foi geralmente boa!

Um dos processos dominantes na cadeia de tratamento de água de chuva parece ser de floculação de parâmetros orgânica, metálicos e químicos na superfície da água do tanque, a solução subsequente dos flocos para o lodo no fundo do tanque ou de fixação nas paredes do tanque. Estes flocos formam biofilmes na interface entre as superfícies do tanque de água da chuva armazenado, potencialmente melhorando a qualidade da água da chuva armazenada através da remoção de contaminantes. Análise elementar de alta resolução utilizando ICP-MS revelou a acumulação de metais incluindo o chumbo, zinco, cobre, crómio manganês, mercúrio e arsênio nos biofilmes em todos os tanques. As concentrações significativas de metais não foram encontradas na água do tanque indicando que a ação de biofilmes pode ser a remoção de metais da água do tanque (Coombes et al., 2006).

#### **4.7 Qualidade estética: Os gostos e odores**

É importante que a água seja aceitável para o consumidor, em termos da sua cor turbidez e sabor. Como é natural, as pessoas precisam se acostumar com o gosto da água de chuva. A água de chuva tem um baixo conteúdo mineral e pode parecer 'sem gosto'. Enquanto a água de chuva é bem aceita para beber nas Maldivas, onde tem sido a única fonte por muito tempo, ainda não é bem aceita na zona rural do Sri Lanka, onde a captação a água de chuva só foi introduzida há um pouco mais de uma década.

Às vezes, a água de chuva é acusada a ter alguns efeitos adversos à saúde devido ao seu baixo conteúdo mineral. No entanto, a água não é a principal fonte de micronutrientes e é, normalmente, possível obter todos os minerais a partir de uma dieta equilibrada.

As principais fontes de gosto e odor na água (exceto animais mortos) são:

- Sedimentos e mucilagens no fundo dos tanques ou tubulações que podem armazenar água parada;
- Solo e vegetação em decomposição acumulados em calhas;
- Crescimento das algas em tubulações ou tanques abertos;
- Pólen.

A limpeza regular irá evitar esses tipos de problemas. Note-se que a limpeza do tanque de armazenamento não deve ser feito com demasiada frequência, a fim de não danificar o biofilme. Uma vez a cada 2-3 anos é suficiente.

#### **4.8 Criadouros do vetor**

Além das preocupações micróbios e químicos de qualidade de água, há uma preocupação da criação de animais vetores nas calhas e reservatórios usados para armazenar a água de chuva captada. A questão principal de vetores é da reprodução de mosquitos, embora ratos, lagartos e outros animais pequenos, por vezes, possam entrar no tanque. A reprodução de mosquitos pode promover doenças como a malária, filariose, dengue e febre amarela. A ligação com a dengue foi confirmado em Bangladesh, onde se verificou que uma comunidade rural costeira usando potes de barro tradicionais descobertos de armazenamento de água de chuva desde 1989, foi seriamente afetada durante o surto de dengue nacional, em 2002. Como esta foi a primeira vez que as autoridades de saúde fizeram uma pesquisa nacional sobre casos de dengue, é provável que esta comunidade também tenha sofrido anteriormente (Heijnen, comunicação pessoal).

O Brasil também sofre com uma carga substancial de doenças anuais causadas por dengue. Em 2011, 18% dos casos de dengue, ou cerca de 29.000 casos ocorreram no Nordeste. Reprodução pelo vetor *Aedes* deve, portanto, ser impedida através de proteção adequada dos tanques e a limpeza de água parada das calhas, a gestão de resíduos sólidos e limpeza geral no que diz respeito à água estagnada, em torno da residência.

Onde a água é armazenada em recipientes maiores (grandes tanques, cisternas, etc.), que não pode ser

hermeticamente fechados ou regularmente esvaziados, inseticidas são utilizados para controlar as larvas. A larvacida temephos, formulado como grânulos de areia de 1%, é recomendada pela OMS para aplicação em água potável. Tem um efeito residual e pode proporcionar um controle para 6-8 semanas na dosagem recomendada de 1 ppm ( $1\text{mg/L}^{-1}$ ).

## 5 PLANOS DE SEGURANÇA E INSPEÇÃO SANITÁRIA DE ÁGUA

Planos de Segurança de Água (PSA) são um meio eficaz de garantir a segurança no abastecimento de água. Isto é conseguido por meio da realização de uma avaliação sistemática e detalhada e priorização de riscos e eventos perigosos (OMS, 2011).

O conceito básico dentro de um PSA é que no foco estejam os processos operacionais e ações a serem tomados para garantir o fornecimento de água potável, ao invés de testar a água depois de já ter sido entregue. Isso não quer dizer que o teste de qualidade da água não seja importante - é um componente fundamental do PSA na verificação. No entanto, o PSA não quer apenas tomar uma ação quando um teste de qualidade da água mostra uma contaminação (medidas corretivas), mas visa uma abordagem que toma uma ação quando a operação de abastecimento de água está começando a se deteriorar e o risco de contaminação aumentou (ação preventiva) (Figura 8).

A vantagem desta abordagem é clara. Onde podem ser tomadas medidas para restaurar o desempenho operacional para o nível necessário para garantir a segurança, água contaminada não será fornecida pelo sistema. Por outro lado, se a ação só é tomada quando a contaminação foi detectada, a água distribuída é susceptível de ser já consumida e os usuários expostos a riscos à saúde.



Figura 8. Materiais de informação para apoiar a aplicação do plano de segurança da água em Bangladesh

Para a coleta de água de chuva doméstica, o desenvolvimento de planos de segurança da água é um pouco “pesado”. A abordagem de inspeção sanitária, que faz parte do conceito do plano de água de segurança, deve ser suficiente. Para sistemas comunitários de abastecimento de água de chuva, um plano de segurança específico de água para as suas condições devem, contudo, ser desenvolvido.

Um exemplo de um formato de inspeção sanitária para as condições nas Ilhas Maldivas é fornecido como anexo 1. Note que este formato de inspeção sanitária tem uma combinação entre a saúde pública (promoção da segurança da água) e inspeções operacionais (promoção da disponibilidade da água). O formato é projetado especificamente para resolver a situação em uma ilha que depende da chuva para abastecimento doméstico de água.

O PSA e o procedimento de inspeção sanitária também oferecem oportunidades importantes para corrigir a prática de coleta de água ao nível doméstico.

Para um plano eficaz de segurança para o aproveitamento de água de chuva para consumo doméstico, uma avaliação quantitativa de risco microbiano (AQRM) deve servir de base. Enquanto Simmons, Heyworth (2001) têm fornecido um modelo esquemático para considerar os impactos na saúde de água de chuva com a contaminação microbiana, trabalhos ainda limitados têm sido realizados nesta área. Até agora, apenas no contexto dos esforços de mitigação do arsênico em Bangladesh, foi realizada uma comparação entre as várias opções de abastecimento de água e os riscos à saúde. A captação de água de chuva foi a melhor opção, depois de abastecimento de água por poço perfurado, e melhor do que por poço amazonas ou por filtro de areia na lagoa (Ahmed et al., 2005). A AQRM será composta de 4 etapas: identificação do perigo, avaliação da exposição, avaliação da dosagem-resposta e caracterização do risco (OMS, 2011). Em termos gerais, o processo utilizado em Bangladesh forneceu meios razoáveis de avaliação de risco. No entanto, quando se considera que os riscos ligados à captação de chuva de telhados não são normalmente derivados de fezes humanas e animais e, assim, provavelmente implicam num menor risco para seres humanos, pode ser que os riscos microbianos à saúde de captação de água de chuva são ainda mais baixos do que encontrados no estudo em Bangladesh.

### **5.1 Política para a captação de águas pluviais**

A maioria dos países já começou a reconhecer o direito à água potável e saneamento (Albuquerque & Roaf, 2012). Em alguns casos, no entanto, não existe uma fonte de água possível ou sustentável de água subterrânea ou água de superfície. Isto pode ocorrer porque as famílias estejam situadas numa localidade distante ou num lugar alto que torna impossível o fornecimento de água dentro de uma distância razoável da comunidade, ou porque a qualidade da água é comprometida por produtos químicos que ocorrem naturalmente, tais como o arsênio.

Nesses casos, as autoridades podem considerar a opção de apoiar um sistema de captação de água de chuva doméstica ou institucional. Esta situação vai ocorrer principalmente nas áreas rurais. Dependendo da situação econômica das famílias envolvidas, o apoio financeiro adequado deve ser considerado para compensar os custos adicionais do sistema de captação de água da chuva, em comparação a um sistema comunitário regular ou regime público.

A água de chuva é um recurso valioso, que deve ser explorado da forma mais eficiente para proteger a saúde das pessoas e meios de sobrevivência. Para garantir uma boa utilização e conservação dos recursos

hídricos, governos deveriam incluir a captação de água de chuva doméstica em suas políticas de gestão de recursos hídricos. Governo, ONGs, setor privado e institutos especializados podem ainda desempenhar um papel importante para promover uma evolução no aproveitamento adequado de água de chuva para consumo humano e uso doméstico, e facilitar a orientação e capacitação.

## **5.2 Aproveitamento da água de chuva na estratégia de qualidade de água e saúde 2013-2020 da OMS**

A Organização Mundial de Saúde (OMS) na sua Estratégia de Qualidade da Água e Saúde tem como objetivo atingir a maior redução possível de doenças seja com origem na água ou relacionadas com a água, fornecendo uma orientação atualizada, baseada em evidências como também uma coordenação e apoio às intervenções em água, saneamento e higiene. A missão da OMS é ser a fonte oficial de informação sobre a qualidade da água com base na saúde, para ser usada por reguladores de água e de saúde, formuladores de políticas, seus assessores nos níveis global, regional e nacional e outras partes interessadas, incluindo profissionais e organizações não-governamentais (ONGs). Isso inclui o fornecimento de informações e avaliações baseadas em saúde sobre os vários perigos microbianos, químicos, radiológicos e físicos de saúde humana que possam estar presentes no ciclo da água e nas abordagens que tratam dos riscos associados a esses perigos.

A Reunião Conjunta de Especialistas da Organização Mundial da Saúde, realizada em março de 2013, reconheceu que a água da chuva serve como uma fonte importante de água em diversos países. Uma monografia qualificada sobre aspectos de saúde e higiene referente à captação e ao armazenamento de água da chuva é demasiadamente necessária para dar uma assistência técnica e suporte regulamentário adequados nos países membros.

O documento, independente da OMS, sobre aproveitamento de água da chuva irá abordar preocupações microbianas e de qualidade química, fornecer orientação técnica sobre a estabilidade, armazenamento e monitoramento de água da chuva e informações sobre problemas de saúde associados com sistemas de captação de água da chuva, conter orientação sobre a segurança da água para sistemas de captação de água de chuva e aconselhar sobre o monitoramento e testes de qualidade da água (OMS, 2013). Não vai descrever exaustivamente os vários métodos e opções para aproveitamento de águas da chuva para fornecimento de água potável. Sobre este assunto existem documentos técnicos suficientes que resolvem isso muito bem (Thomas & Martinson, 2007), enquanto em muitos países, o setor privado desenvolveu opções técnicas adequadas e atrativas. No entanto, em caso que uma má concepção ou gestão dos sistemas prejudicaria gravemente o funcionamento e causaria riscos à saúde, isso precisa ser refletida no aconselhamento de boas práticas.

A Reunião Conjunta de Especialistas também faz referência à orientação australiana sobre o uso de tanques de água da chuva como um exemplo de captura de boas práticas (Enhealth, 2010). Este conselho é considerado importante, tendo em vista os perigos associados com riscos crescentes de doenças transmitidas por vetores, especialmente quando os sistemas não são bem mantidos.

A preparação das diretrizes de aproveitamento de água da chuva pela OMS será iniciada no final de 2014 e seria uma boa oportunidade para a ABCMAC e especialistas em água da chuva contribuírem com seus pontos de vista para a finalização do documento.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Globalmente, a utilização da água da chuva está ganhando em importância. A falta de recursos hídricos adequados, a distância à fonte ou faltas sazonais, incentiva as famílias e comunidades a captar e armazenar água de chuva. A água de chuva será captada para uso doméstico e para a subsistência: pecuária e jardinagem. A água assim captada e armazenada também será usada para beber e cozinhar.

A captação da água de chuva também irá aumentar a segurança da água em casa e a aumentar a resiliência da comunidade em face dos efeitos das mudanças climáticas.

A água de chuva como uma fonte de água potável é bastante segura se a captação e o armazenamento foram realizados adequadamente, mantendo-se em mente as boas práticas para assegurar que a água de chuva não seja desnecessariamente contaminada durante a sua passagem na superfície da área de captação e a caminho do reservatório. Inspeção sanitária ocasional e limpeza do sistema de captação de água de chuva irão contribuir para uma instalação de abastecimento de água excelente durante a estação chuvosa e boa durante os períodos secos. Controle vetorial é, no entanto, uma preocupação importante e a reprodução de mosquitos no sistema de água de chuva deve ser controlada.

Embora o estabelecimento de um sistema de captação de água de chuva é um pouco caro, a manutenção é de baixo custo e muitas vezes poderá ser realizada pela própria família. Um sistema de água de chuva fornece um bom nível de serviço e é particularmente útil para aliviar o transporte da água por idosos e doentes crônicos sendo que a água está sempre disponível.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abo-Shehada, M., Hindyia, M., & Saiah, A. Prevalence of *Cryptosporidium parvum* in private drinking water cisterns in Bani-Kenanah district, northern Jordan. *International Journal of Environmental Health*.
- Agarwal, A.; Narain, S. (ed.). *Dying wisdom. The rise, fall and potential of India's traditional water harvesting systems*, Nova Delhi. 1997.
- Ahmed, M.; Shamsuddin, S.; Mahmud, S.; Rashid, H.; Deere, D.; Howard, G. Risk assessment of arsenic mitigation options (RAAMO). Dhaka: APSU. 2005. 146p.
- Albuquerque, C.; Roaf, V. *On the right track: Good practices in realising the right to water and sanitation*. Geneva: Office of the High Commissioner for Human Rights. 2012.
- Bain, R.; Bartram, J.; Elliot, M.; Matthews, R.; McMahan, L.; Tung, R.; Chuang, P. Gundry, S. A summary catalogue of microbial drinking water tests for low and medium resource settings. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, p.1609-1625, 2012.
- Coombes, P.; Dunstan, H.; Spinks, A.; Evans, C.; Harrison, T. An overview of a decade of research into the quality of rainwater supplies collected from roofs. Callaghan: School of Environmental and Life Sciences, University of Newcastle. 2006.
- Coombes, P.; Kuczera, G.; Kalma, J.; Dunstan, R. Rainwater quality from roofs, tanks and hot water systems at Figtree Place. *Proceedings of the Third International Hydrology and Water Resources Symposium, 2000*. p.1042-1047.
- Crabtree, K.; Ruskin, R.; Shaw, S.; Rose, J. The detection of *cryptosporidium* oocysts and *giardia* cysts in cistern water in the U.S. Virgin Islands: *Water Resources*, 1996. p.208-216.
- Fujioka, R. Guidelines for Microbial Standards for Cistern Waters. *Proceedings of the 6th international conference on rainwater catchment systems*. Nairobi: IRCSA. 1994.p.393-398

- Instituto Australiano de Estatísticas. Environmental issues: Water use and conservation. Canberra: Australian Bureau of Statistics. 2010.
- Martinson, B.; Thomas, T. Low-cost inlet filters for rainwater tanks. Coventry: DTU, University of Warwick. 2006.
- OMS – Organização Mundial de Saúde. Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth Edition. Geneva: WHO. 2011.
- OMS/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. Drinking Water Equity, Safety and Sustainability: Thematic report on drinking water 2011. New York: UNICEF and World Health Organization. 2011.
- OMS/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. Progress on Drinking Water and Sanitation: 2012 update. New York: UNICEF and World Health Organization. 2012.
- RCWSSP & Fraser Thomas Ltd. Community Rainwater Harvesting Guidelines. Battaramulla: Ministry of Urban Development and Sacred Areas Development, Rural Water Supply and Sanitation Division SSD. 2006.
- Simmons, G.; Heyworth, J.; Rimajova, M. Assessing the microbial health risk of tank rainwater used for drinking water. Environmental Health, 2001. p.57-64.
- Sinclair, M.; Leder, K.; Chapman, H. Public Health Aspects of Rainwater Tanks in Urban Australia. Salisbury: Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment. 2005.
- Thomas, T. H.; Martinson, D. B. Roofwater harvesting: A handbook for practitioners. Delft: IRC International Water and Sanitation Centre. 2007.
- Wash Cluster. Proposed methods for rainwater harvesting and pond rehabilitation. Yangon: Myanmar Technical Working Group. 2008.



# CAPÍTULO 5

## ASPECTOS SANITÁRIOS E DE SAÚDE PÚBLICA ASSOCIADOS AO USO DA ÁGUA DE CHUVA

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

Uende Aparecida Figueiredo Gomes  
Léo Heller  
Jacqueline Evangelista Fonseca  
João Luiz Pena

## **ASPECTOS SANITÁRIOS E DE SAÚDE PÚBLICA ASSOCIADOS AO USO DA ÁGUA DE CHUVA**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	95
<b>2 BREVE HISTÓRICO DO P1MC NO BRASIL</b>	95
<b>3 IMPACTOS DAS AÇÕES DE SANEAMENTO BÁSICO NA SAÚDE COLETIVA: COMPLEXIDADES SILENCIOSAS</b>	96
3.1. As relações envolvidas	96
3.2 Garantir água em qualidade ou oferecer suficiente quantidade de água: Um debate central para a priorização de políticas públicas	99
<b>4 A ANÁLISE DA DIMENSÃO QUALIDADE DA ÁGUA OFERTADA EM INTERVENÇÕES VOLTADAS PARA A AMPLIAÇÃO DE ACESSO À ÁGUA</b>	101
4.1. Indicadores de contaminação da água e de impactos na saúde: Limites e perspectivas	101
4.2 Importância das barreiras sanitárias	101
<b>5 A ANÁLISE DA DIMENSÃO QUANTIDADE DA ÁGUA OFERTADA EM INTERVENÇÕES VOLTADAS PARA A AMPLIAÇÃO DE ACESSO À ÁGUA</b>	103
<b>6 O QUE INFORMAM OS ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS? IMPACTOS NA SAÚDE ASSOCIADOS AO CONSUMO DE ÁGUA DE CHUVA</b>	104
<b>7 RESULTADOS DE UMA INVESTIGAÇÃO NO SEMIÁRIDO DE MINAS GERAIS</b>	106
7.1 O estudo e seus objetivos	106
7.2 Opções metodológicas	107
7.3 Resultados e discussões	111
7.3.1 A dimensão socioeconômica	111
7.3.2 Apontamentos do estudo transversal	112
7.3.3 Apontamentos do estudo longitudinal	113
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	115
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	116

## 1 INTRODUÇÃO

O aproveitamento da água de chuva tem-se ressaltado como alternativa importante para suprir as demandas de água em todo o mundo. Em países como China (Zhu et al., 2004; Zhu & Yuanhong, 2009), Nova Zelândia (Ministry of Health, 2006) e Tailândia (ONESDB/UNCTT, 2004) a construção de estruturas de aproveitamento de água de chuva para promoção do acesso à água tem sido objeto de programas de dimensões consideráveis, especialmente em áreas rurais. Em alguns países, grande parte do abastecimento de água à população rural depende da captação de água de chuva por meio de sistema de calhas acoplado aos telhados (rooftop rainwater harvesting) para suprir as necessidades básicas de água.

É no semiárido brasileiro, no entanto, que está em curso um dos maiores programas de construção de sistemas de aproveitamento de água de chuva. Também baseado na captação de água de chuva em telhados, o P1MC – Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido: um Milhão de Cisternas Rurais – representa, neste início do século XXI, a principal política pública de promoção de acesso à água nas áreas rurais semiáridas. Trata-se de um tema que ainda requer maiores desenvolvimentos, tanto no referente às soluções adotadas para o aproveitamento de água de chuva em geral, quanto na política pública brasileira em particular; refere-se à avaliação dos impactos associados à saúde humana. Ainda que, aparentemente, exista uma relação causal evidente entre ampliação de acesso à água e melhorias na saúde coletiva, o estabelecimento de nexos causais constitui tarefa difícil e complexa, representando grande desafio para pesquisadores, gestores e tomadores de decisão nesta área.

No caso do aproveitamento da água de chuva questionamentos que têm mobilizado os pesquisadores desta área são do tipo: A água de chuva tem melhor qualidade que a água de outras fontes? Qual a qualidade da água de chuva? Quais são as fontes de água disponíveis no semiárido? O uso da água de chuva reduz ou amplia os riscos à saúde da população? Comparado com qual situação? De que riscos à saúde estamos tratando? Qual é o impacto sobre a saúde de programas de aproveitamento de água de chuva?

Procurar contribuir para o encaminhamento das respostas a esses tipos de questionamentos é o objetivo principal deste capítulo.

## 2 BREVE HISTÓRICO DO P1MC NO BRASIL

O P1MC foi idealizado em 2001, pela rede de organizações sociais, designada Articulação no Semiárido Brasileiro-ASA. No ano de 2003 o P1MC foi incluído no programa governamental Fome Zero. Naquele ano, o Programa se institucionalizou com responsabilidade da Secretaria Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional-Sesan, do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome-MDS. Por meio de um convênio pactuado entre o Governo Federal e a ASA, a União passou a apoiar e financiar a construção de cisternas de placas e a formação de multiplicadores.

O governo federal é o principal financiador das 489.327 cisternas construídas até outubro de 2013 (ASA, 2013) sendo que a estimativa do próprio MDS é de uma demanda, de 1.186.601 famílias domiciliadas nas áreas rurais do Semiárido Brasileiro (Arruda-d'Alva & Farias, 2008).

As cisternas de placas são construídas a partir de placas de concreto pré-moldadas; são cobertas e, por meio de um sistema de calhas acoplado aos telhados, recebem e armazenam a água da chuva. As cisternas, construídas pelo P1MC têm capacidade para armazenar 16.000L de água. De acordo com ASA (2001), o volume de 16.000 L foi estimado a partir de pesquisa realizada pela Fundação Luterana de Diaconia (FLD),

organização que financia projetos e programas sociais no Brasil e se refere ao consumo de água para beber, cozinhar e escovar os dentes, de uma família com cinco pessoas, em um período de oito meses (intervalo probabilístico de ausência de pluviosidade na região).

Para que a cisterna tenha sua capacidade de armazenamento saturada é necessário, considerando-se os telhados das casas com área mínima de 40m<sup>2</sup>, uma pluviosidade de 500 mm por ano, média de precipitação da região. Na Figura 1 é apresentado um modelo de cisterna construída pelo P1MC.

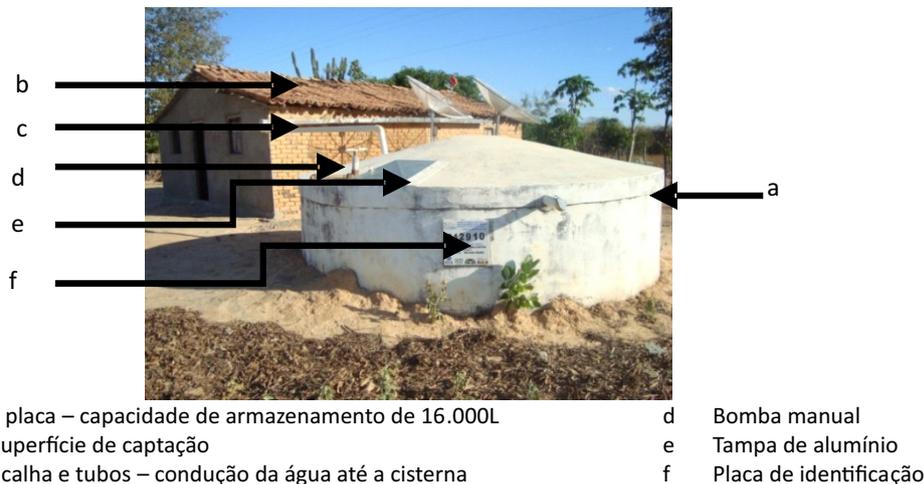


FIGURA 1. Componentes do sistema de captação de água de chuva construído pelo P1MC  
 Fonte: Adaptado de Gomes et al. (2012)

### 3 IMPACTOS DAS AÇÕES DE SANEAMENTO BÁSICO NA SAÚDE COLETIVA: COMPLEXIDADES SILENCIOSAS

#### 3.1 As relações envolvidas

Os efeitos das condições inadequadas de saneamento sobre a saúde humana são conhecidos desde a antiguidade; sua expressão científica foi mais marcante na célebre investigação de John Snow sobre a epidemia de cólera em Londres, em meados do século XIX. Um conjunto de estudos epidemiológicos vem mostrando os impactos que a ausência de condições adequadas de suprimento de água ou de disposição de esgotos pode provocar na saúde humana, aferida por diversos indicadores de saúde (Esrey & Habicht, 1986; Esrey et al., 1991; Heller, 1997).

Análises sistemáticas e meta-análises mais recentes, mostraram o impacto positivo que pode ter a melhoria na disponibilidade de água, na sua qualidade, na disposição de esgotos e na higiene sobre a ocorrência de diarreia concluindo pela possibilidade de se esperar reduções entre 25 e 37% nesta ocorrência (Fewtrell et al., 2005).

Do ponto de vista de sua importância global, tem-se revelado que a provisão inadequada de água, saneamento e práticas higiênicas, é responsável por 5,7% das DALY (anos de vida perdidos ajustados por

incapacidade) no mundo (Prüss et al., 2002), sendo este número subestimado podendo atingir cerca de 10% (Prüss-Üstün et al., 2008). A ocorrência de diarreia responde pela maior parte dos problemas à saúde, atribuídos à água e esgotos, sendo que constituía na segunda maior carga de doenças no mundo em 1990 (Michaud et al., 2001). Da carga de doenças relativa à diarreia, 88% são atribuídos à inadequação do abastecimento de água da disposição de excretas e da higiene, sendo a maior concentração em crianças de países menos desenvolvidos (WHO, 2002).

Ao raciocinar sobre esses impactos, deve-se ter a cautela de reconhecer que a realidade não é homogênea. As necessidades de saneamento e os impactos sobre a saúde esperados de uma intervenção nas regiões de renda elevada são muito diferentes daquelas nas favelas ou na zona rural. Além disto, a qualidade da operação e da manutenção dos serviços têm impacto crucial em seus resultados, da mesma forma que a concepção tecnológica do sistema enquanto a qualidade dos serviços costuma ser muito precária nos países em desenvolvimento, sendo frequentes a intermitência generalizada do abastecimento de água, as deficiências na qualidade da água consumida, a ausência de tratamento de esgotos e disposição inadequada de resíduos. Há de serem lembradas, também, as inúmeras vezes em que se constataram instalações precárias internas às moradias, importante fator de risco para a transmissão feco-oral.

O estabelecimento de associação entre a implementação de políticas públicas e programas de saneamento básico e desfechos na saúde, é uma lacuna bastante clara nas pesquisas relacionadas aos sistemas de abastecimento de água, esgotamento, drenagem e manejo de resíduos seja em nível nacional ou internacional. Ainda assim, têm sido reconhecidos a importância e o significativo potencial de se articular em políticas de saneamento com a visão de saúde pública ao se dar destaque aos fins da política e não meramente aos seus meios (Heller, 2009; Cairncross & Valadamis, 2006; Bartram & Cairncross, 2010).

De acordo com Prüss-Üstün et al. (2008) quando se avalia a relação entre o saneamento e a saúde pública é imprescindível considerar que o tema do saneamento e da higiene inclui diversas dimensões podendo-se, para cada qual, visualizar esta relação, como a seguir:

- água e esgotos podem ser um meio pelo qual podem ser transmitidos patogênicos e substâncias químicas tóxicas;
- água e esgotos podem ser vistos como o serviço que mais amplamente pode incluir o gerenciamento de resíduos sólidos, o manejo de águas pluviais e a irrigação, cuja ausência pode incrementar o risco de transmissão de um conjunto de enfermidades;
- comportamentos, como a higiene pessoal e doméstica, são determinantes para ampliar os benefícios dos serviços à saúde humana;
- água vista a partir dos recursos naturais cujo gerenciamento pode fazer crescer ou reduzir os riscos de doenças.

No intuito de compreender as relações entre saneamento e saúde, outra importante contribuição é apresentada por Cairncross & Feachem (1993); os autores sistematizaram uma proposta de classificação ambiental das enfermidades infecciosas vinculadas à água. A partir da compreensão dos mecanismos de transmissão são propostas quatro possíveis categorias para classificação das doenças, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação ambiental das infecções relacionadas com a água

Categoria	Infecção
Transmissão hídrica: ocorre quando o patógeno se encontra na água que é ingerida;	Diarreias e disenterias (amebiana, cólera, giárdia, rotavírus), febre entéricas (tifoide, paratifoide), poliomielite, hepatite A, leptospirose, ascaridíase.
Transmissão relacionada com higiene: identificada como aquela que pode ser interrompida pela implantação de higiene pessoal e doméstica;	Doenças infecciosas da pele, doenças infecciosas dos olhos, doenças transmitidas por pulgas (tifo e febre recorrente)
Transmissão baseada na água: caracterizada quando o patógeno desenvolve parte de seu ciclo vital em um animal aquático;	Penetração ativa na pele: esquistossomose
Transmissão através de inseto vetor: em que inseto que procriam na água ou cuja picadura ocorre próximo a ela, são os transmissores.	Picada nas proximidades da água: doença do sono procriam na água: filariose, malária, arboviroses (febre amarela e dengue) leishmaniose

Fonte: Cairncross & Feachem (1993)

Os quatro tipos de vias de transmissão identificadas por Cairncross & Feachem (1993) indicam que uma intervenção isolada na área de saneamento básico pode não ser suficiente para alcançar os impactos esperados na saúde coletiva.

Com base no exposto, pode-se concluir que uma multiplicidade de fatores interfere na permanência de riscos à saúde relacionados à água em determinado espaço, em especial nos países em desenvolvimento, onde a precariedade das condições ambientais, a falta de políticas públicas eficientes no âmbito do controle de vetores e os baixos níveis de escolaridade e de educação sanitária e ambiental, dificultam a efetividade das ações na área.

Neste contexto, uma intervenção que vise ampliar o acesso à água potável a determinada comunidade, ainda que seja necessária, pode não ser suficiente para a redução da morbidade infantil por diarreia, por exemplo.

Sendo assim e mesmo que aparentemente, melhorar as condições de saneamento básico que implique em avanços evidentes na dimensão da saúde coletiva, a confirmação dos nexos causais, isto é, a relação inequívoca entre causa e efeito, pode não ser possível, dificultando as ações de pesquisadores, gestores e tomadores de decisão nesta área.

Um debate importante envolve, neste sentido, a comparação entre os impactos na saúde, associados à melhoria da qualidade da água e aqueles que envolvem ampliação de quantidade de água ofertada, conforme discutido em maior profundidade nas próximas seções. Tal embate tem determinado as orientações de políticas em diversos países, especialmente nas nações dependentes de investimentos das agências internacionais de desenvolvimento, tais como Banco Mundial e Banco Interamericano de Desenvolvimento.

### 3.2 Garantir água em qualidade ou oferecer suficiente quantidade de água: Um debate central para a priorização de políticas públicas

O aspecto do impacto da qualidade e da quantidade de água disponibilizada pelas intervenções em saneamento básico na saúde dos usuários dos sistemas está presente nos trabalhos desenvolvidos por Esrey et al. (1985); Heller (1997); Curtis et al. (2000) e nas revisões sistemáticas desenvolvidas por Esrey et al. (1991) e Fewtrell et al. (2005). Nesses trabalhos os benefícios à saúde, associados a melhorias no acesso aos serviços de saneamento básico, são avaliados tomando-se por base as múltiplas vias de contaminação por doenças infectocontagiosas.

Esrey et al. (1991) observaram que para a doença diarreica a qualidade da água disponibilizada tem menor importância quando comparada a fatores como a disponibilidade de água, a adoção de práticas higiênicas e a destinação adequada dos excretas. Tal constatação é suportada pelo pressuposto de que existe uma variedade de mecanismos por meio dos quais a melhoria do acesso ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário pode promover saúde sendo que a morbimortalidade por doenças infectocontagiosas pode ser afetada de forma distinta, por cada um desses aspectos.

Ressalta-se que Esrey et al. (1991) desenvolveram, para alcançar os resultados apresentados na Tabela 2, uma revisão sistemática com resultados de 144 estudos que avaliaram os efeitos do abastecimento de água e da ampliação do acesso ao esgotamento sanitário nas seguintes enfermidades: diarreia, ascaridíase, dracunculíase, ancilostomíase, esquistossomose e tracoma. Essas doenças foram selecionadas porque são enfermidades comuns em países em desenvolvimento e ilustram uma variedade de mecanismos por meio dos quais a melhoria do acesso ao abastecimento de água e esgotamento sanitário pode proteger a saúde das pessoas.

Tabela 2. Ilustração da relação potencial entre abastecimento de água e esgotamento sanitário e morbidade pelas doenças selecionadas

Doenças Selecionadas	Intervenção <sup>a</sup>			Disposição de excretas humanos
	Melhoria na qualidade da água para beber	Água para higiene doméstica	Água para higiene pessoal	
Ascaridíases	+	++	-	++
Diarreia	+	++	++	++
Dracunculíases	++	-	-	-
Ancilostomíases	-	-	-	++
Esquistossomose	-	++	++	++
Tracoma	-	+	++	-

<sup>a</sup> Intervenção marcada com um ou dois sinais tem algum impacto em uma doença particular: uma intervenção marcada com “+” apresenta um impacto maior do que uma intervenção marcada com “+”; O sinal “-” significa que a intervenção tem reduzido o impacto na redução de níveis da doença. Para uma moléstia particular, um pacote com as intervenções marcadas produzirá alto impacto quando comparado com a realização de uma intervenção isolada.

Fonte: Adaptado de Esrey et al. (1991)

Esrey et al. (1991) ainda encontraram uma média de redução da morbidade por diarreia de 15% em intervenções nas quais o principal objetivo foi melhorar a qualidade da água oferecida. Os autores calcularam uma média de redução de 20% de morbidade por diarreia em estudos em que avaliaram impactos de intervenções que buscavam ampliar o acesso à água em quantidade, independente da qualidade.

Ainda no contexto das análises críticas dos impactos na saúde, ocasionados pelas ações de ampliação de acesso à água, Curtis et al. (2000) e Curtis & Cairncross (2003) destacam que as práticas higiênicas assumem um papel fundamental para prevenção de doenças infecciosas. Esses autores verificaram que a quantidade de água disponível pode afetar o número de vezes em que uma pessoa lava as mãos, uma prática de suma importância para reduzir os riscos de contaminação.

Assim, os trabalhos referidos sugerem que a quantidade de água pode ser o fator mais significativo com vista à diminuição de morbidade por doenças infectocontagiosas quando comparado com as ações que visam melhorar a qualidade da água. Fewtrell et al. (2005) desenvolveram, recentemente, meta-análise, também com o objetivo de quantificar, comparativamente, efeitos da ampliação do acesso à água, esgotamento e de práticas higiênicas na saúde da população. Na nova análise foram revisitados os “abstracts” de 2120 publicações, das quais 46 apresentavam evidências relevantes, que foram analisadas em detalhe.

As evidências encontradas por Fewtrell et al. (2005) convergem com as demais revisões no sentido de evidenciar que as intervenções reduzem significativamente o risco de doenças diarreicas; entretanto, os autores destacam, em relação à qualidade da água, que há uma discrepância entre os resultados encontrados, indicando que a melhoria da qualidade da água é mais efetiva que a indicada nos outros estudos.

Os resultados encontrados por Fewtrell et al. (2005) indicam a redução de 31% na morbidade por diarreia em virtude da realização de intervenções voltadas à melhor qualidade da água. Para os autores, os resultados encontrados não contradizem com as análises realizadas por Esrey et al. (1991) e Curtis & Cairncross (2003), embora sugiram que a qualidade da água pode ser mais efetiva do que o indicado previamente.

A comparação entre as revisões da literatura realizadas por de Esrey et al. (1991) e Fewtrell et al. (2005) é apresentada na Figura 2.

Neste contexto se observa que as múltiplas vias de contaminação por doenças infectocontagiosas tornam mais complexa a quantificação da redução de risco de morbidade cujo debate, ainda em aberto, evidencia que o desenvolvimento das doenças está condicionado a múltiplas vias de contaminação dependentes do ciclo de vida dos agentes patogênicos, do potencial de patogenicidade de diferentes agentes em diferentes momentos e da vulnerabilidade dos grupos de interesse. É interessante, porém, observar que as evidências trazidas pelos estudos epidemiológicos têm provocado implicações nas políticas globais; portanto, não é por acaso que, neste sentido, o programa de tratamento domiciliar e o armazenamento seguro de água (HWTSS) tenham sido desencadeados pela Organização Mundial da Saúde após a publicação da última meta-análise mencionada.

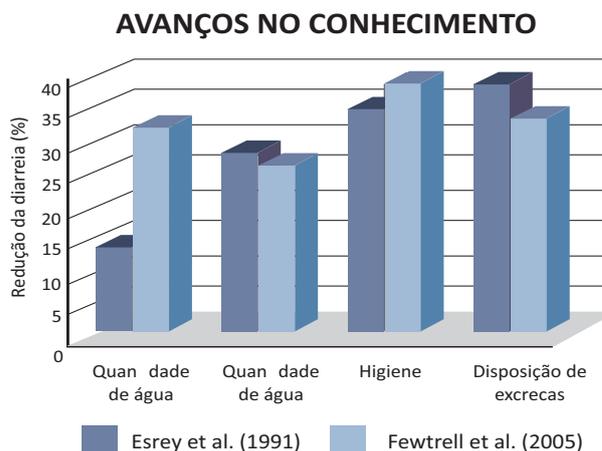


Figura 2. Comparação entre os resultados das revisões sistemáticas e meta-análise de Esrey et al. (1991) e Fewtrell et al. (2005)

## 4 A ANÁLISE DA DIMENSÃO QUALIDADE DA ÁGUA OFERTADA EM INTERVENÇÕES VOLTADAS PARA A AMPLIAÇÃO DE ACESSO À ÁGUA

### 4.1 Indicadores de contaminação da água e de impactos na saúde: Limites e perspectivas

Lye (2002) observa, para o caso específico da água de chuva, que os coliformes não são indicadores adequados para uma avaliação completa dos riscos à saúde. Para Ahmed et al. (2010) o grupo coliformes apresenta correlação reduzida com a ampla variedade de patógenos associados aos sistemas de coleta de águas pluviais, sentido em que indicadores mais específicos poderiam ser mais adequados.

Além da limitação do indicador coliformes para avaliar a qualidade da água propiciada pelos programas de aproveitamento de água de chuva ressalta-se, também, que os próprios indicadores de saúde utilizados são alvo de críticas.

Desta forma e considerando a definição ampla de saúde praticada pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 1946) e pela própria Lei Orgânica de Saúde Brasileira (Brasil, 1990), verifica-se que os indicadores tradicionalmente utilizados para avaliar o impacto de programas sobre a saúde captam apenas parte do quadro de morbimortalidade da população. Diarreia e parasitoses são indicadores de doenças que não abrangem toda a perspectiva do conceito de saúde. Esta é, então, uma discussão que perpassa as avaliações das ações na área de saneamento básico uma vez que baixos níveis de redução nos índices de morbidade têm legitimado o abandono de esforços e investimentos para ampliação de melhorias nesta área.

Briscoe (1987) afirma, ao analisar a relação custo/benefício dos investimentos públicos em abastecimento de água e esgotamento sanitário, que as metodologias tradicionalmente empregadas tais como as que utilizam, como indicador de benefício, a redução da mortalidade infantil, subestimam os benefícios à saúde decorrentes das ações de saneamento, já que desconsideram, entre outros, os benefícios relacionados à redução da morbidade e da mortalidade em todas as faixas etárias.

No contexto do aproveitamento de água de chuva, as avaliações que consideram os indicadores de doença, como o são diarreia e parasitoses, além de não abrangerem a complexidade que envolve o próprio conceito de saúde, obviamente também não oferecem elementos para discutir o conjunto de benefícios de um programa no âmbito da melhoria da qualidade de vida.

### 4.2 Importância das barreiras sanitárias

Ressalta-se, no caso do aproveitamento de água de chuva, a importância de utilização das denominadas barreiras sanitárias, necessárias para manutenção da qualidade da água armazenada na cisterna. As barreiras sanitárias são sistemas que combinam aspectos construtivos, equipamentos e métodos operacionais, na busca de controlar as condições ambientais minimizando a probabilidade de contaminação por microrganismos patogênicos ou outros organismos indesejáveis.

No que tange ao uso dos sistemas de aproveitamento de água de chuva construídos no âmbito do P1MC, são consideradas cinco barreiras sanitárias: 1) a limpeza dos telhados e dos dutos antes das primeiras chuvas; 2) a limpeza da cisterna uma vez ao ano; 3) o desvio das primeiras águas de cada evento de chuva, por serem essas águas as mais contaminadas; 4) a utilização adequada para retirada de água; 5) o tratamento da água no seu ponto final de consumo nas residências e antes de beber (Andrade Neto, 2004).

As Figuras 3, 4 e 5 ilustram prováveis vetores de contaminação da água, o uso da bomba manual e o local no qual a tubulação que conduz água até a cisterna deve ser desconectada antes da primeira chuva.

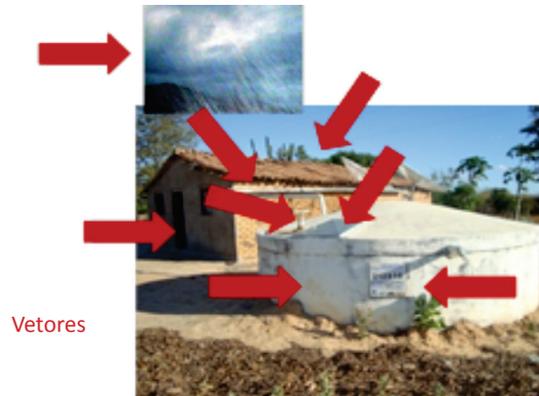


Figura 3. A água de chuva pode ser contaminada nos telhados, na tubulação, na tampa, na bomba e nos extravasores



Figura 4. Uso de bomba manual



Figura 5. Local da desconexão

A fim de comparar a qualidade da água armazenada em cisternas construídas pelo P1MC no semiárido paraibano em diferentes condições de manutenção e manejo, tal como também avaliar a influência do emprego das barreiras sanitárias, Xavier (2010) monitorou a qualidade da água de oito cisternas e de dois modelos pilotos, localizados em comunidades rurais dos municípios de São João do Cariri e Campina Grande; só os modelos piloto contavam com dispositivos automáticos de desvio das primeiras águas. Para a maioria dessas cisternas as variáveis físicas e químicas da água atenderam aos critérios de potabilidade vigentes no momento da realização do estudo (Portaria nº 518/2004-Ministério da Saúde, posteriormente substituída pela Portaria 2.914/2011); no entanto, os indicadores microbiológicos violaram os padrões recomendados pela citada Portaria. Aquelas cisternas com incorporação de desvios automáticos das primeiras águas tiveram melhoria da qualidade, com destaque para a diminuição de alcalinidade, dureza, turbidez, sólidos dissolvidos totais, condutividade elétrica, salinidade e cloretos.

Rodrigo et al. (2009) desenvolveram um estudo na capital da Austrália do Sul, em que 102 domicílios abastecidos por água de chuva foram investigados em relação às características desses sistemas (tanques,

superfícies de captação e manutenção) também foram realizadas 974 análises microbiológicas da água utilizada por essas famílias ao longo de um ano (entre setembro de 2007 e agosto de 2008). Dentre os 102 moradores entrevistados sobre a implantação de cinco estratégias de prevenção (limpeza do tanque, presença de dispositivo para desvio dos primeiros milímetros de precipitação, telas para proteção dos tanques e das calhas e ausência de árvores sobre os tanques) foi constatado que somente um entrevistado utilizava as cinco barreiras enquanto 65% utilizavam apenas uma.

Na análise de regressão os autores constataram que a contagem média de bactérias heterotróficas foi dez vezes maior para famílias que utilizavam apenas uma ou nenhuma barreira sanitária, em comparação com aquelas que utilizavam quatro ou mais barreiras ( $p < 0,05$ ), reforçando a importância de tais práticas para minimizar os riscos de contaminação da água. Contudo, para os coliformes totais e para a *Escherichia coli* não foram verificadas diferenças significativas ao comparar suas concentrações com o emprego das barreiras sanitárias.

Yaziz et al. (1989) observaram que a eliminação dos primeiros milímetros de precipitação geralmente melhora significativamente a qualidade da água; os autores verificaram que as concentrações dos poluentes foram elevadas nos primeiros milímetros coletados a partir dos telhados, diminuindo progressivamente nas amostras subsequentes. As concentrações de coliformes termotolerantes, por exemplo, variaram de 4-13 colônias por 100 mL sendo que este indicador não foi mais detectado nas amostras dos quarto e quinto litros, para ambos os tipos de cobertura avaliados (telha e ferro galvanizado). Os autores sugerem, então, para a área dos telhados estudados (15 m<sup>2</sup>) que uma amostra de no mínimo cinco litros de água de chuva deveria ser desviada inicialmente para garantir a ausência de contaminação microbiológica.

Importante ressaltar que não está prevista, no programa brasileiro de aproveitamento de água de chuva, a instalação de dispositivos automáticos de desvio da primeira água de chuva, contexto no qual as famílias devem desconectar manualmente a tubulação que conduz a água da superfície de captação até a cisterna, quando ocorre o primeiro evento de chuva após o período de estiagem; também é manual a dosagem de cloro. Ambos os procedimentos podem comprometer o funcionamento adequado do sistema.

## 5 A ANÁLISE DA DIMENSÃO QUANTIDADE DA ÁGUA OFERTADA EM INTERVENÇÕES VOLTADAS PARA A AMPLIAÇÃO DE ACESSO À ÁGUA

Visando discutir o tema da quantidade de água potencialmente ofertada por determinado programa, torna-se oportuno ter em mente padrões de referência. Neste contexto, é importante observar que, de acordo com a WHO (WHO, 2003), o cálculo dos requisitos mínimos de água para que os riscos à saúde sejam reduzidos, deve ser baseado nas demandas para hidratação, preparo e higienização de alimentos e promoção de higiene básica (lavar as mãos, banho e lavar as roupas). Para a WHO (2003) todas essas demandas básicas são asseguradas quando o acesso se faz por fontes intra domiciliares e a quantidade consumida é igual ou superior a 100 L por pessoa por dia. Categorias intermediárias de disponibilidade da água estabelecidas pela OMS seria o acesso considerado intermediário, com um consumo per capita em torno de 50 L por habitante por dia, considerado baixo risco à saúde e o acesso classificado como básico (~ 20L/hab.dia), em que podem ser asseguradas a lavagem das mãos e a higiene básica da alimentação mas não a lavagem de roupa e banho caso em que o risco à saúde é considerado alto.

O Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, por seu turno recomenda, conforme Relatório do Desenvolvimento Humano (RDH) – 2006, que aborda a escassez e a relação da crise mundial da

água com poder e pobreza, que seja garantido um mínimo de 20 L/pessoa.dia para que sejam satisfeitas as necessidades básicas humanas (PNUD, 2006).

O P1MC tem construído cisternas com volume-padrão de 16.000 L. Ao considerar uma família de cinco pessoas utilizando a água para os fins estabelecidos – beber, cozinhar e escovar os dentes – ao longo de oito meses de seca, conclui-se que o volume per capita seria de aproximadamente 13 L/pessoa.dia, ou seja, abaixo do mínimo recomendado pela WHO (2003) e pelo PNUD (2006).

De acordo com Gomes (2012), Tavares (2009) e com informações obtidas na segunda auditoria feita pelo Tribunal de Contas da União - TCU (TCU, 2010), é usual encontrar famílias maiores no semiárido nordestino, o que reduz ainda mais o volume per capita. Schwartzman e Palmier (2007) ainda relataram que, com a possibilidade de atraso no início do ciclo de chuvas, há grande probabilidade de que a população diminua ainda mais o consumo hídrico, para valores inferiores aos 13L/dia visando à maior duração da água armazenada.

Em referência à quantidade de água consumida pela família é importante considerar o que Cairncross & Feachem (1993) denominam de “efeito planalto”. Segundo esses autores, a quantidade utilizada por determinada família duplica ou mesmo se triplica quando a fonte de água, em termos de distância do local de consumo, passa do nível de fontes públicas distantes da torneira individual ou mesmo uma fonte de água no quintal do domicílio. Segundo referidos autores, este salto de consumo corresponde aos casos em que o impacto na saúde das ações de abastecimento de água tem sido documentado com mais clareza. No entanto, um aspecto menos conhecido se refere ao fato de que a diminuição de distância entre local de consumo e a fonte não tem praticamente nenhum efeito quando a distância final permanece entre centenas de metros (digamos, fora do quintal) a um quilometro. Além de 1 km a quantidade utilizada diminui de maneira que a relação distância/quantidade assume a forma de um planalto (Figura 6).

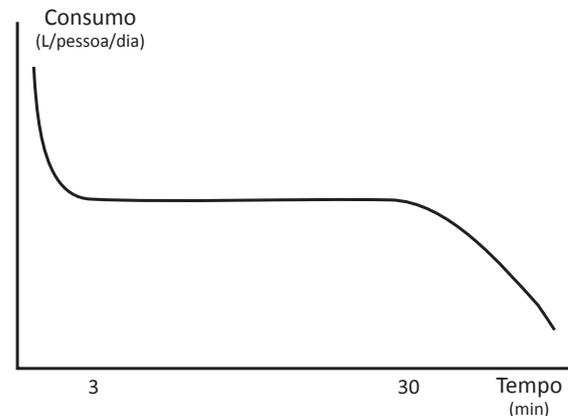


Figura 6. O “planalto” na relação entre o consumo doméstico de água e a distância da fonte. A distância é medida em termos do tempo de uma viagem ida e volta para buscar água, incluindo o tempo eventual de espera na fila. Este gráfico é uma síntese de dados de uma variedade de cenários que incluem África Ocidental e do Sul, Bangladesh, Sri Lanka e Nicarágua. Todos mostram falta de elasticidade do consumo de água com o tempo de coleta e um incremento abrupto quando a água é proporcionada no peridomicílio.

Fonte: Adaptado de Cairncross & Feachem (1993)

## 6 O QUE INFORMAM OS ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS? IMPACTOS NA SAÚDE ASSOCIADOS AO CONSUMO DE ÁGUA DE CHUVA

Mesmo no contexto internacional pode-se afirmar que existe uma lacuna na literatura em relação aos estudos que relacionam consumo de água de chuva e seus impactos na saúde.

Além de escassos, a maior parte dos trabalhos nesta área, conforme avaliam Rodrigo et al. (2003) não adota o estudo de coorte ou randomizado. Esses delineamentos poderiam comprovar mais decisivamente a associação entre o consumo de água de chuva e a ocorrência de doenças, por terem maior capacidade de identificar relações causais e de verificar se a exposição precedeu ao efeito (doença).

Em muitas partes do mundo a água de chuva tem sido utilizada para beber. Apesar disso, ainda não há consenso sobre a viabilidade desta prática, uma vez que muitas pesquisas mostraram grande variabilidade para a qualidade da água da chuva coletada e armazenada, o que nem sempre está de acordo com as diretrizes de água potável estabelecidas para o País (Rodrigo et al., 2009).

Exemplo clássico de avaliação da associação entre o consumo de água de chuva e a ocorrência de doenças é o estudo desenvolvido por Koplan et al. (1978) ao concluir que a causa mais provável do surto de doença gastrointestinal que acometeu 63 dos 88 indivíduos de um acampamento rural, em Trinidad, nas Antilhas, foi a contaminação da água de chuva utilizada para beber e cozinhar, por *Salmonella* arechevalata, presente nas fezes de animais ou aves, depositadas na superfície do telhado utilizado para a captação da chuva.

Merritt et al. (1999) também apontaram o consumo de água de chuva não tratada, contaminada por fezes de animais selvagens contendo *Campylobacter* spp., arrastadas dos telhados para os tanques de armazenamento, como a causa presumível do surto que acometeu os funcionários de uma ilha turística no norte de Queensland, na Austrália, em 1999.

Broadhead et al. (1988), Simmons et al. (2008) e Franklin et al. (2009) também descrevem surtos que acometeram pequenos agrupamentos populacionais e que foram associados à ingestão de águas pluviais contaminadas por fezes de aves e animais, transportadas dos telhados para os tanques de armazenamento.

Um estudo transversal foi desenvolvido por Heyworth et al. (2006) para avaliar a importância das fontes de abastecimento de água – dentre elas a água de chuva – na prevalência de gastroenterites em crianças. O estudo mostrou que os riscos de consumo de água de chuva não diferem daqueles associados ao consumo da água da rede pública.

Já Hoque et al. (2003) obtiveram, em estudo caso-controle desenvolvido com crianças menores de cinco anos, conduzido na Nova Zelândia, que o consumo da água de chuva coletada a partir dos telhados aumentou significativamente o risco de contrair infecção por *Giardia* (OR= 8,3;  $p < 0,0001$ ). Ressalta-se que a amostra desse estudo era limitada a 69 casos e 98 controles. Por outro lado, ao investigar os fatores de riscos associados à criptosporidiose, Weinstein et al. (1993) observaram efeito protetor do consumo da água de chuva sendo que o consumo da água proveniente das nascentes e da rede geral de abastecimento da Austrália do Sul incrementou o risco de se contrair criptosporidiose.

Também há, para a realidade brasileira, um conjunto de estudos desenvolvidos. Marcynuk et al. (2009) realizaram um estudo transversal na região do agreste central do estado de Pernambuco e observaram um efeito protetor da presença das cisternas para armazenamento de água de chuva construídas pelo P1MC, em relação à ocorrência de diarreia.

Para a realização da pesquisa, Marcynuk et al. (2009) entrevistaram 3.747 pessoas, sendo 1.912 e 1.835 habitantes de casas com e sem cisternas, respectivamente. Para os 3.740 entrevistados que responderam à pergunta sobre a ocorrência de diarreia aguda nos últimos 30 dias, ficou constatado que a prevalência dentre os indivíduos não beneficiados pelas ações do P1MC (18,3%) foi significativamente maior ( $p < 0,001$ ) do que dentre aqueles beneficiados (11,0%). Ao analisar apenas as crianças com idade igual ou inferior a cinco anos ( $n = 1.055$ ) foi observada tendência semelhante em que a prevalência de diarreia foi significativamente maior para crianças cujas casas não possuíam as cisternas (25,7% contra 21,0%;  $p < 0,001$ ).

Também no Brasil um estudo longitudinal prospectivo foi desenvolvido por Luna et al. (2011) para comparar a ocorrência, o número e a duração de episódios de diarreia nos moradores residentes em domicílios que possuíam cisternas para armazenamento de água de chuva (beneficiados pelo P1MC) com moradores de domicílios sem acesso às cisternas (não beneficiados). No total, 201 e 197 domicílios com e sem cisternas foram incluídos e acompanhados, respectivamente, 949 e 816 indivíduos ao longo de 60 dias no ano de 2007;

as análises estatísticas realizadas (Luna, 2011 e Luna et al., 2011) revelaram que ter cisterna é um fator de proteção tanto para a ocorrência de diarreia (RR= 0,27; I.C. 95%: 0,19-0,39) como para o número e a duração dos episódios. O número médio de episódios foi seis vezes maior para moradores de domicílios sem cisterna ( $p < 0,001$ ) e a duração média dos episódios também foi 1,5 vez maior nas casas não beneficiadas pelas ações do P1MC ( $p = 0,003$ ).

Os resultados dos estudos epidemiológicos apresentados por Luna et al. (2011) e Marcynuk et al. (2009) sugerem, portanto, que os sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, promovidos principalmente pelo P1MC no Brasil, podem ter impacto positivo sobre a saúde dos seus usuários em relação à ocorrência de diarreia.

Mesmo que os estudos de Marcynuk et al. (2009) e Luna et al. (2011) representem importantes referências para compreensão dos impactos do consumo de água de chuva na saúde, ainda se observam lacunas em relação ao desenvolvimento desse tema no Brasil; por esta razão a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) apresentou e teve aprovado pelo CNPq, projeto de pesquisa no qual foi conduzido um estudo epidemiológico no semiárido do Estado de Minas Gerais. Entre as contribuições desse estudo estão sua opção por um estudo de coortes, quase experimental, e a utilização de parasitoses, além da diarreia, como indicadoras de saúde. O estudo é descrito em maior profundidade na seção a seguir.

## 7 RESULTADOS DE UMA INVESTIGAÇÃO NO SEMIÁRIDO DE MINAS GERAIS

### 7.1 O estudo e seus objetivos

Diante das lacunas observadas no âmbito da compreensão dos aspectos sanitários e de saúde pública relacionados ao uso da água de chuva para consumo humano, um estudo aprofundado do tema foi realizado pelos autores deste capítulo. Para tanto, a pesquisa foi desenvolvida contando com a colaboração de um grupo interdisciplinar, que reuniu professores da área de engenharia, sociologia, demografia e epidemiologia. A reunião de diferentes pesquisadores no âmbito do estudo foi possível em decorrência da inserção da pesquisa em um projeto de pesquisa mais amplo, denominado P1MC: Uma Avaliação das Dimensões Epidemiológica, Tecnológica e Política Institucional, submetidas e selecionadas pelo Edital MCT/CT-Hidro/CT-Saúde/CNPq N<sup>o</sup> 45/2008, referente à Seleção Pública de Propostas para Apoio a Projetos de Pesquisa Relacionados à Água e Saúde Pública.

O objetivo geral da dimensão epidemiológica contemplada pelo Projeto foi o de avaliar o impacto da implantação de sistemas de captação de água de chuva e seu armazenamento em cisternas na saúde das crianças de famílias rurais residentes no semiárido mineiro. A partir deste objetivo geral foram desenvolvidos seis objetivos específicos:

- 1) caracterizar as condições demográficas e socioeconômicas das famílias que têm acesso e daquelas que não têm acesso às cisternas para armazenamento de água de chuva;
- 2) avaliar o impacto da presença ou acesso às cisternas para armazenamento de água de chuva sobre a ocorrência de parasitoses intestinais em crianças com idade inferior a cinco anos;
- 3) caracterizar os grupos estudados em relação à ocorrência de diarreia nas crianças com idade inferior a cinco anos;
- 4) comparar a qualidade microbiológica da água consumida por famílias rurais que possuem, em suas casas, os sistemas de captação de água de chuva com a qualidade da água consumida pela população que não foi beneficiada com a construção desses sistemas;

5) comparar a qualidade microbiológica da água consumida por famílias beneficiadas ou não com as cisternas para armazenamento de água de chuva, com o padrão de potabilidade da água para consumo humano estabelecido pela Portaria 2914/2011, do Ministério da Saúde;

6) caracterizar as famílias estudadas em relação às práticas sanitárias visando à manutenção da qualidade da água.

## 7.2 Opções metodológicas

Com relação a este projeto, cujos resultados parciais da dimensão epidemiológica são apresentados neste capítulo, importantes referências para discussão compreendem a tese de doutorado de Silva (2012) e a dissertação de mestrado de Fonseca (2012). Outras publicações que discutem os resultados desse estudo são apresentadas em Fonseca et al. (2011); Silva et al. (2011; 2012).

As pesquisas consistem em análises epidemiológicas do tipo longitudinal e transversal e foram desenvolvidas a partir da seleção e do acompanhamento, pelo período de um ano (entre 2009 e 2010), de 664 crianças menores de cinco anos. As crianças residiam em comunidades rurais dos municípios de Chapada do Norte e Berilo, Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais, conforme Figura 7.

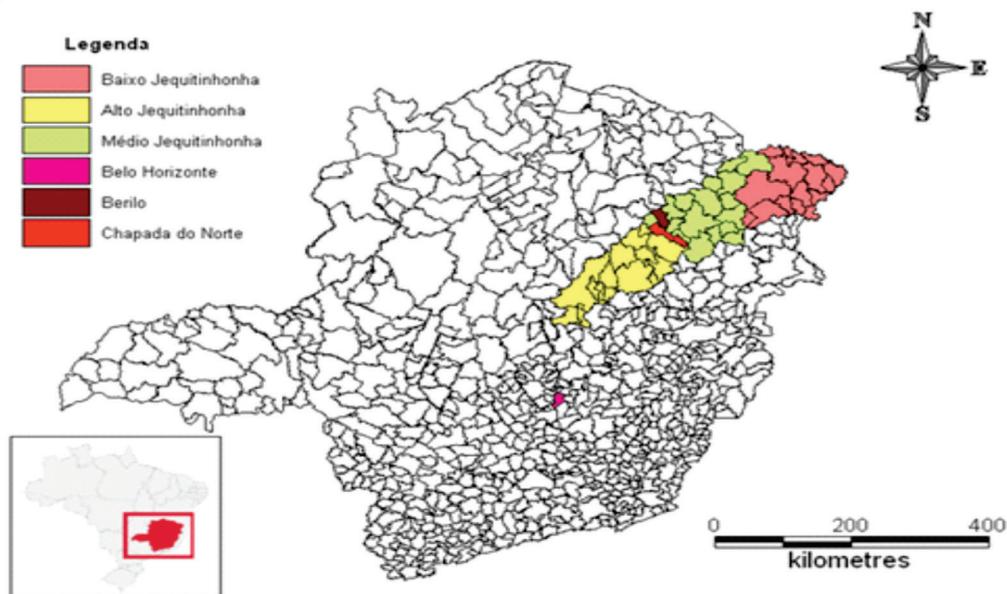


Figura 7. Microrregiões do Vale do Jequitinhonha com destaque para os municípios de Berilo e Chapada do Norte

Para alcançar os objetivos, os métodos de pesquisa consistiram na aplicação de questionários junto às famílias participantes da pesquisa, acompanhamento mensal do estado de saúde das crianças com uso de calendários para especificação de casos de diarreia, acompanhamento semestral do tipo de fonte de água utilizada pela família, coleta de material fecal em três etapas e realização de análises parasitológicas, análise de qualidade microbiológica da água e georreferenciamento dos domicílios.

Com base nas dificuldades técnicas e operacionais para execução do projeto, foi essencial a realização de parcerias com as prefeituras dos municípios de Berilo e Chapada do Norte. Mencionadas parcerias foram ratificadas em convênios firmados entre UFMG e as prefeituras locais. Com os convênios, formalizou-se a parceria entre a UFMG e Prefeituras e foi possível realizar um intenso trabalho com as Secretarias Municipais de Saúde além de uma aproximação com os profissionais que compunham o Programa da Saúde da Família (PSF), especialmente as agentes comunitárias de saúde que atuavam nas áreas rurais nas quais residiam as crianças participantes do estudo.

As agentes comunitárias participaram de oficinas de treinamento e acompanharam a aplicação dos questionários; esses profissionais também foram responsáveis pela distribuição dos kits TF Test para coleta das fezes nos domicílios rurais e pelo encaminhamento desses kits para as Secretarias de Saúde de ambos os municípios; posteriormente, esses kits foram analisados na Faculdade Presidente Antônio Carlos, em Teófilo Otoni, instituição com a qual a UFMG estabeleceu parceria. Também foram as agentes de saúde que acompanharam mensalmente o preenchimento dos questionários referentes à ocorrência de episódios de diarreia.

Importante ressaltar que essa aproximação com as agentes comunitárias de saúde proporcionou, aos pesquisadores, viver a experiência do PSF, caminhar com as agentes, adentrar os domicílios na presença delas e testemunhar a troca de olhares entre mãe e agente na busca de segurança diante dos desconhecidos (os pesquisadores) e das desconhecidas (as perguntas). Nas Figuras 8 e 9 são ilustrados momentos desta aproximação.



Figura 8. Treinamento de agentes comunitárias de saúde. Berilo, 08/2009.

Fonte: Arquivo pessoal dos autores.



Figura 9. Aplicação conjunta de questionário e preenchimento de calendário (agente de saúde à esquerda e pesquisadora UFMG à direita). Chapada do Norte, 11/2009.

Fonte: Arquivo pessoal dos autores.



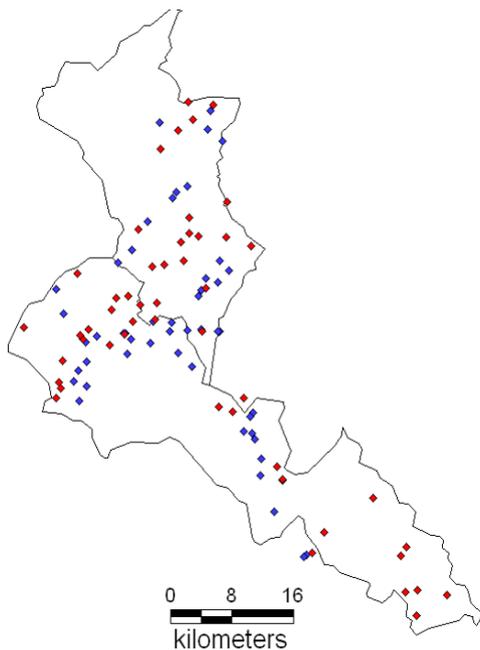


Figura 12. Localização geográfica dos domicílios selecionados para o monitoramento da qualidade microbiológica da água  
Fonte: Fonseca (2012)

Os dados relativos aos indicadores de saúde foram analisados por modelos estatísticos para dados longitudinais. Para as parasitoses intestinais foram utilizados os modelos marginais, também conhecidos como GEE (Generalized Estimating Equations). A premissa básica desses modelos é fazer inferências sobre a população média, fornecendo um método unificado para analisar vários tipos de respostas longitudinais sem a necessidade de supor uma distribuição para o vetor de respostas. Para maior detalhamento dos processos estatísticos adotados, verificar em Fonseca (2012). Para selecionar, na análise univariada, as variáveis que seriam consideradas na análise multivariada considerou-se um nível de 20% de significância.

Em 100 domicílios (50 de cada grupo) a qualidade microbiológica da água consumida por seus habitantes foi avaliada em três etapas. A coleta das amostras de água foi realizada no local de armazenamento final da água utilizada para beber e os indicadores analisados foram coliformes totais e *Escherichia coli*. O procedimento adotado para análise microbiológica foi a Técnica do Substrato Definido, citada no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998). É apresentada na Figura 12 a localização dos domicílios nos quais foram coletadas as amostras para análise microbiológica da água e os limites dos municípios de Berilo e Chapada do Norte.

Uma síntese da metodologia adotada com as respectivas datas de coletas de informações é apresentada na Figura 13.

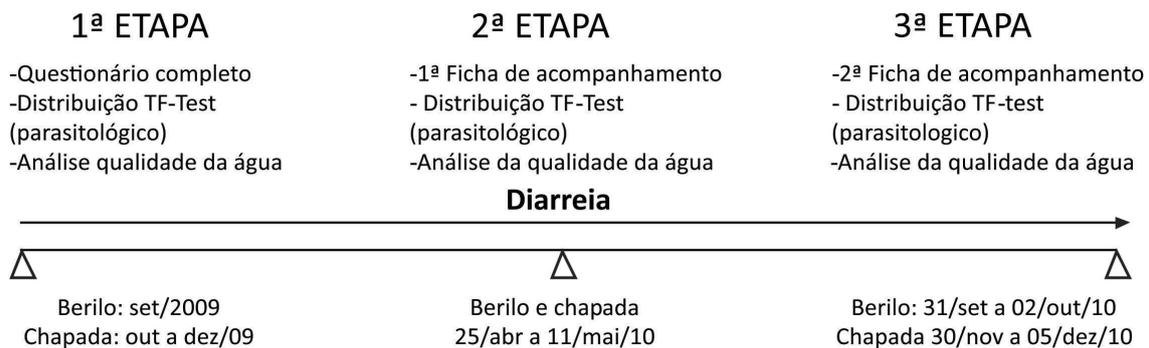


Figura 13. Esquema das etapas metodológicas da pesquisa  
Fonte: Fonseca (2012)

## 7.3 Resultados e discussão

### 7.3.1 A dimensão socioeconômica

Para ambos os grupos o grau de escolaridade do responsável pelo cuidado com as crianças era, na maior parte dos casos, o Ensino Fundamental incompleto. Este percentual foi maior no Grupo 1 Com cisterna (71%) do que no Grupo 2 Sem cisterna (61%). No total, 9% dos responsáveis não sabiam ler nem escrever, sendo que para o Grupo 2 tal percentual foi ligeiramente superior (11%) que para o Grupo 1 (8%).

Das crianças participantes do estudo 53% do total são do sexo masculino, porcentagem semelhante constatada nos dois grupos de estudo, conforme Figura 14.

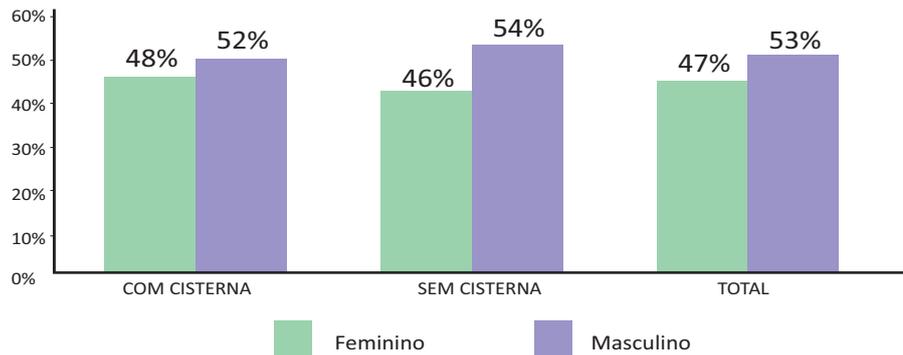


Figura 14. Distribuição das crianças por sexo  
Fonte: Fonseca (2012)

A amamentação foi uma prática frequente para todas as crianças acompanhadas (98%). Todavia, um percentual elevado de crianças (46% em cada um dos grupos) recebeu amamentação exclusiva por período inferior a seis meses contrariando a recomendação do Ministério da Saúde, que determina o aleitamento materno exclusivo até o sexto mês de vida, complementado com outros alimentos somente a partir dessa idade e mantido até o segundo ano de vida ou mais. Em relação ao tratamento antiparasitário 80% das crianças não tinham recebido nenhum tipo de tratamento.

Os comportamentos higiênicos observados foram, de modo geral, positivos e semelhantes dentre os dois grupos porém na maioria das vezes, as proporções de comportamentos positivos foram ligeiramente superiores para os entrevistados do grupo Com cisterna.

Em média, o número de moradores por domicílio foi de 6,0 e 5,6 pessoas nos grupos Com e Sem cisterna, respectivamente. Esses valores são superiores aos registrados no estado de Minas Gerais que, de acordo com os dados do Censo 2010, apresentam uma média de 3,4 pessoas por domicílio localizado na área rural (IBGE, 2010).

Os dados da pesquisa de Fonseca (2012) indicam que, no aspecto do acesso aos equipamentos hidrossanitários, a maior vulnerabilidade está no Grupo 1, conforme se observa na Figura 15.

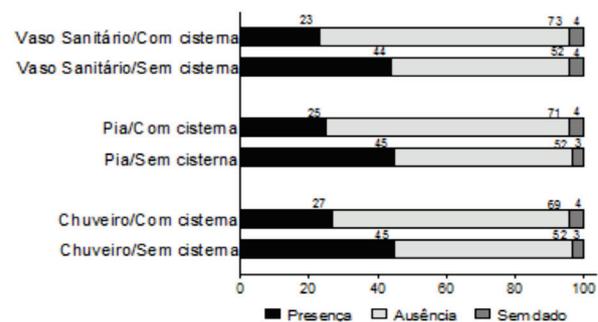


Figura 15. Acesso a instalações hidrossanitárias  
Fonte: Adaptado de Fonseca (2012).

Tomando como referência as observações realizadas durante o trabalho de campo, verificou-se certa homogeneidade entre as famílias beneficiadas e não beneficiadas sendo que entre ambas a característica marcante era, de maneira generalizada, a precariedade das condições de vida.

### 7.3.2 Apontamentos do estudo transversal

No estudo de Silva (2012) as variáveis utilizadas para definir os estados de “doente” foram:

- Diarreia 72 horas: crianças menores de 60 meses que apresentaram pelo menos um episódio de diarreia em algum dos três dias que antecederam a aplicação do questionário (ou seja, cujo responsável pela criança respondesse positivamente pelo menos uma das questões relacionadas do protocolo de pesquisa);
- Diarreia 90 dias: crianças menores de 60 meses que apresentaram ao menos um episódio de diarreia no intervalo de três meses consecutivos (janeiro a março de 2010) – informação obtida por acompanhamento em calendários mensais;
- Presença de parasitas intestinais de transmissão feco-oral: crianças menores de 60 meses que apresentaram resultado positivo no exame parasitológico para parasitas de transmissão feco-oral, como cistos de *Giardia*, *Entamoebahystolitica*, e ovos de *Ascaris lumbricoides*, *Enterobiusvermicularis*, *Hymenolepis nana*.
- *Giárdia*: crianças menores de 60 meses que apresentaram resultado positivo para cistos de *Giardianos* de exames parasitológicos.

Os resultados de Silva (2012) são apresentados a seguir:

1) A diarreia avaliada no período de 72 horas anteriores à data da entrevista apresentou baixa prevalência, tanto na totalidade (5%) como em cada grupo (3,6% no grupo cisternas e 6,0% no grupo outras fontes). A razão de chances evidencia que o sistema de captação de água de chuva atua como fator de proteção para a diarreia (OR = 0,56) porém a diferença não foi significativa em nível de 5% ( $p = 0,135$ ).

2) A diarreia avaliada com base nos calendários no período de 90 dias apresentou prevalência total de 23,3%, sendo de 16,9% no grupo cisternas e 29,8% no grupo outras fontes; a diferença entre os grupos esteve próxima de ser significativa considerando-se o nível de 5% ( $p = 0,066$ ). A razão de chances para a diarreia avaliada durante 90 dias indica que o sistema de captação de água de chuva pode ser fator de proteção para a diarreia (OR = 0,34) embora com diferença estatisticamente não significativa.

3) Quanto à prevalência dos parasitas de transmissão feco-oral, a prevalência da amostra total foi de 25%, ou seja, de 14,0% para o grupo cisternas e de 19,4% para o grupo outras fontes. Avaliando pela razão de chances, o sistema de captação de água de chuva também poderia ser considerado fator de proteção (OR = 0,62) porém a diferença não foi significativa considerando-se  $p < 0,05$ .

4) A *Giardia* apresentou prevalência de 7,8% na amostra total, 4,8% para o grupo cisternas e 10,9% para o grupo outras fontes. Pela razão de chances, o sistema de captação de água de chuva foi fator de proteção para a ocorrência de *Giardia* (OR = 0,48), com diferença significativa entre os grupos ( $p = 0,039$ ) cujo resultado sinalizou redução de 55% na prevalência de *Giardia* nas crianças expostas comparadas às não expostas.

De modo geral, o sistema de captação de água de chuva em cisternas apresentou efeito benéfico potencial na saúde das crianças; no entanto; apenas para o indicador “giardiase em crianças com idade inferior a 60 meses” foi constatada, por Silva (2012), diferença estatisticamente significativa.

### 7.3.3 Apontamentos do estudo longitudinal

Fonseca (2012) verifica que dentre as 256 amostras de água analisadas em sua pesquisa, a proporção daquelas que se enquadram no padrão de potabilidade para fontes alternativas de abastecimento de água estabelecido pela Portaria 2914/2011 (Brasil, 2011), ou seja, que não apresentam *E. coli*, foi maior para as casas que não possuem cisternas (36,2%) do que para aquelas que as têm (31,0%). Esses resultados podem ser visualizados na Tabela 3.

Tabela 3. Percentuais de detecção da *Escherichia coli* nas amostras provenientes de casa com e sem cisternas, durante três etapas

	Com cisterna		Sem cisterna	
	n	%	n	%
Presença de <i>E. coli</i>	87	69	83	64
Ausência de <i>E. coli</i>	39	31	47	36
Total	126	100	130	100

Fonte: Adaptado de Fonseca (2012)

Apesar desses resultados, Fonseca (2012) identifica que a presença de sistemas de abastecimento de água de chuva no domicílio surtiu efeito protetor à saúde uma vez que reduziu a incidência de diarreia com uma taxa de incidência maior para crianças do Grupo 2 – sem cisterna (1,52/100 crianças-dias; IC 95%: 1,43-1,62) do que para aquelas do Grupo 1 – com cisterna (1,06/100 crianças-dias; IC 95%: 0,99-1,15). Fonseca (2012) ainda destaca que, dentre as crianças do Grupo 1 que devolveram pelo menos um calendário, 35% (n= 100) ressaltaram pelo menos um dia de diarreia; já para as crianças do Grupo 2 referida proporção foi de 50% (n= 140). Dentre essas crianças a média de dias de diarreia foi de 6,48 e de 6,84, para aquelas com e sem acesso às cisternas, respectivamente, considerando-se o período de acompanhamento de um a 15 meses.

No estudo de Marcynuk et al. (2009) desenvolvido na região agreste central de Pernambuco, foram detectadas médias de 3,6 e 4,1 dias de diarreia entre 211 e 335 moradores com e sem acesso às cisternas, respectivamente, os quais manifestaram pelo menos um episódio de diarreia ao longo dos 30 dias em que foram observados.

Luna et al. (2011) avaliaram, ao longo de 60 dias, a duração média dos episódios de diarreia ocorridos para moradores também do agreste pernambucano e constataram, dentre os 949 episódios manifestados por indivíduos que possuíam cisternas para captação de água de chuva e dentre os 816 episódios para aqueles que dependiam de outras fontes de abastecimento de água, que a média de dias de diarreia foi de 2,85 e 4,16, respectivamente; enfim, a diferença entre os dois grupos foi estatisticamente significativa ( $p= 0,003$ ).

Os valores de incidência encontrados por Fonseca (2012), Luna (2011) e Marcynuk et al. (2009) contrastam com os dados referentes à qualidade de água encontrados no primeiro desses estudos, que indicam piores condições para água de domicílios com cisterna, evidenciando a necessidade de ampliação de análise, com a incorporação de questões relativas ao impacto das ações de abastecimento de água, não somente no aspecto da qualidade, mas também incorporando a análise dos benefícios da ampliação da quantidade de água disponibilizada.

São apresentados, a seguir, os resultados em relação aos cinco desfechos estudados com base nas análises parasitológicas.

### **Desfecho 1: infecção por algum parasita ou comensal**

Pela razão de chances, o grupo sem cisternas apresentou maior chance de infecção por algum parasita ou comensal (OR = 1, 12); apesar disto, a diferença entre os grupos não foi significativa ( $p = 0,322$ ). Como o desfecho analisado engloba um amplo espectro de organismos incluindo helmintos e protozoários, patogênicos e comensais, diferentes rotas de transmissão podem ser consideradas nos processos de infecção; desta forma, a presença das cisternas e a provável utilização da água de chuva não foram decisivas para reduzir a ocorrência das parasitoses, de modo geral.

### **Desfecho 2: infecção por algum protozoário comensal**

Para o tipo principal de abastecimento de água do domicílio a razão de chances calculada indicou que crianças que não têm acesso às cisternas estão mais protegidas contra a infecção por comensais (OR = 0,78); contudo, esta associação não foi confirmada estatisticamente a nível de 5% de significância ( $p = 0,088$ ).

### **Desfechos 3 e 4: infecção por protozoários patogênicos, especificamente para Giardia**

Para os desfechos infecção por protozoários patogênicos e Giardia, a presença das cisternas foi considerada fator de proteção. Há chance de infecção por protozoários patogênicos e especificamente por Giardia foi, respectivamente, de 1,42 ( $p = 0,02$ ) e de 1,63 ( $p = 0,02$ ) vezes maior para crianças que não têm acesso às cisternas do que dentre as demais.

### **Desfecho 5: infecção por algum helminto**

Pela razão de chances, o grupo sem cisternas apresentou maior risco também para a infecção por helmintos (OR = 1, 19) apesar da diferença entre os grupos não ter sido significativa ( $p = 0,582$ ). A explicação mais provável é que, como a prevalência de helmintos foi muito baixa em todas as etapas o grupo “doente” ficou bastante restrito e isto prejudicou o estudo da associação entre as covariáveis e o desfecho citado.

Em geral, o sistema de captação de água de chuva em cisternas apresentou efeito benéfico potencial para a saúde das crianças; entretanto, apenas para os indicadores relacionados aos protozoários patogênicos foi constatada, por Fonseca (2012), diferença estatisticamente significativa contexto no qual se observam vários relatos na literatura de estudos que detectaram elevadas concentrações de cistos de Giardia em mananciais superficiais (Heller et al., 2004; Dias, 2007; Bastos et al., 2009), principal fonte utilizada pelo Grupo 2.

Por outro lado, apesar do menor número de trabalhos publicados, muitos pesquisadores investigaram, mas não detectaram nas cisternas para armazenamento da água de chuva cistos desse protozoário (Albrechtsen, 2002 apud Ahmed et al., 2011; Simmons et al., 2001; Rodrigo et al. 2009). Tal fato pode ser devido, pelo menos em parte, ao processo de sedimentação que ocorre no interior das cisternas já que a água permanece durante um longo tempo armazenada.

Além disto, caso seja realizada a limpeza periódica dos tanques, como recomendado, as chances de ingestão dos cistos podem reduzir ainda mais, independentemente da qualidade da água armazenada nas cisternas, o montante de 16 mililitros disponibilizados ao lado da casa para os seus usuários, permite a manutenção de hábitos higiênicos mais apropriados do que dentre indivíduos que precisam percorrer trajetos mais longos, em busca da água.

Curtis et al. (2000) verificaram, por exemplo, que a quantidade de água disponível pode afetar a frequência de lavar as mãos uma vez que outro estudo constatou que uma mãe precisa de aproximadamente 20 litros de água para lavar as mãos após usar o banheiro, trocar fraldas, previamente ao preparo dos alimentos, para se alimentar e dar comida à criança (Graeff et al. 1993 apud Curtis et al. 2000); assim, a quantidade de água disponível estaria exercendo mais impactos sobre a saúde do que a qualidade da água acessível.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aproveitamento de água de chuva no semiárido do estado de Minas Gerais tem proporcionado impactos positivos na saúde da população. Os resultados apresentados confirmam que a presença das cisternas pode ser associada à redução das infecções por protozoários patogênicos, em especial por *Giardia* e também no número médio de dias com diarreia em crianças.

Apesar disto, o conjunto das evidências trazidas pelos estudos desenvolvidos sugere a existência de diferentes rotas de transmissão lembrando a importância das intervenções em diversas áreas para que sejam possíveis reduções mais decisivas nas morbidades que acometem as populações menos favorecidas, como as do semiárido.

A captação de água de chuva em telhados e seu posterior armazenamento em cisternas das quais a água é retirada para consumo humano, podem ser entendidos como solução individual alternativa de abastecimento de água; no entanto, sobretudo quando as intervenções compõem uma política pública de abastecimento de água da população rural, a solução não deve ser tratada como alternativa emergencial, improvisada e destinada apenas à população de baixa renda.

O caráter descentralizado dessa tecnologia contribui para que a responsabilidade de operação e manutenção dos sistemas recaia de forma individualizada em cada família; o aspecto negativo desta individualização da responsabilidade se refere ao possível paulatino esvaziamento da responsabilidade do setor público na gestão da água e na manutenção de qualidade e quantidade adequadas.

Este esvaziamento da responsabilidade do poder público pode ser observado pela ausência de políticas efetivas orientadas para a ampliação de ações de educação sanitária e ambiental, nos programas governamentais.

Por outro lado, a adoção de práticas adequadas de manipulação dos componentes do sistema depende de processos de sensibilização da população alcançada pelo Programa porém a mudança de hábitos está exposta à interferências das práticas tradicionais nem sempre compatíveis com os procedimentos requeridos para operação e manutenção do sistema a fim de garantir água em quantidade e qualidade necessárias.

O estudo desenvolvido em Minas Gerais indica que a população beneficiada pelo programa de aproveitamento de água de chuva brasileiro vive em condições precárias, o que representa um desafio para a efetividade do programa e eleva a responsabilidade do poder público em estabelecer adequações, como o financiamento para melhoria nos telhados dos domicílios das pessoas participantes do Programa, ampliação do volume de armazenamento de água das cisternas, instalação de dispositivo automático de desvio da primeira água de chuva, participação efetiva dos agentes de saúde, envolvimento dos demais entes federativos (estados e municípios) na distribuição e difusão da dosagem correta do hipoclorito de sódio e de outras informações sobre o cuidado com a água, além do monitoramento da qualidade da água consumida, uma vez que se trata de grupos vulneráveis.

Este quadro evidencia a necessidade de transformações estruturais e tem implicações em ações que visam ampliar o acesso aos sistemas de abastecimento de água. Atender os excluídos do acesso demanda reconhecer a situação de alta vulnerabilidade na qual esta parcela da população está inserida e considerar as múltiplas dimensões que implicam uma diversidade de desafios para efetividade de ações setoriais, como o são as políticas de abastecimento de água.

O conjunto de reflexões apresentadas neste texto pode ser resumido com a noção de que há uma visão “ideal” e mesmo intuitiva e simbólica, de que a água de chuva seria a expressão de pureza e de que sua exploração para consumo humano seria, por esta razão, isenta de riscos de diversas naturezas para o usuário; no entanto, quando se situa no “mundo real”, no mundo das políticas públicas e das mediações sociais, econômicas políticas e culturais estar-se-á lidando, sem dúvida, com uma teia complexa de fatores passíveis ou não de resultar em uma condição satisfatória de abastecimento de água.

Ressalta-se, no campo científico, que a produção acadêmica brasileira ainda é limitada no tocante aos estudos sobre os desfechos na saúde decorrentes do consumo de água de chuva, quadro que contrasta com a crescente importância que esta temática tem adquirido nos últimos anos e, conseqüentemente, coloca em evidência o baixo impacto das pesquisas brasileiras sobre o tema na formulação das políticas públicas.

Uma compreensão melhor do conjunto de mecanismos envolvidos será fundamental para o aperfeiçoamento das intervenções. Percebe-se que há aspectos relevantes a serem abordados quanto a esta temática podendo, sobremaneira, contribuir para melhorar a qualidade de vida das populações brasileiras urbanas e rurais; por outro lado, a publicação de pesquisas desenvolvidas no Brasil e que versam sobre tal assunto, deve ser estimulada em veículos de circulação internacional a fim de que o Brasil ingresse de modo irreversível no debate mundial sobre este tema.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, W.; Goonetilleke, A.; Gardnren “li Implications of faecal indicator bacteria for the microbiological assessment of roof-harvested rainwater quality in southeast Queensland, Australia. *Canadian Journal of Microbiology*, v.56, p.471-479, 2010.
- Albrechtsen, H. J. Microbiological investigations of rainwater and graywater collected for toilet flushing. *Water Science and Technology*, v.46, p.311-316, 2002.
- Andrade Neto, C. O. Proteção sanitária das cisternas rurais. In: Simpósio Lusobrasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 11, 2004, Natal. Resumos... Natal: ABES/APESB/APRH, 2004. CD Rom.
- APHA - American Public Health Association, AWWA; WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater: 20.ed. Washington: APHA, 1998. 937p.
- Arruda-d’Alva, O.; Farias, L. O. P. Programa cisternas: Um estudo sobre a demanda, cobertura e focalização. Cadernos de estudos. Desenvolvimento social em debate. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Social e Combate a Fome, Secretaria de Avaliação e Gestão 2008. 40p.
- ASA - Articulação no Semiárido Brasileiro. Programa um milhão de cisternas para as famílias no Semi- Árido. P1MC - Projeto de Transição. Recife: ASA, 2001. (mimeo).
- ASA Articulação no Semiárido Brasileiro. 479.595 cisternas rurais construídas até 22/10/2013. <http://www.asabrasil.org.br/portal/Default.asp>. 22 Out. 2013.
- Bartram, J.; Cairncross, S. Hygiene, sanitation, and water: Forgotten foundations of health. *PLoS Medicine*, v. 7, 2010. /journal.pmed.1000367.
- Bastos, R. K. X.; Bevilacqua, P. D.; Andrade, R. C.; Araujo, P. F.; Fonseca, J. E. Ocorrência de (oo) cistos de *Giardia* spp. E *Cryptosporidium* spp. em mananciais de abastecimento de água em Vicososa - MG. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25, 2009, Recife. Anais. Recife: ABES, 2009. CD Rom.
- Brasil. Ministério da Saúde. Lei n. 8.080 - 19/09/1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e das outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 1990.

- Brasil. Ministério da Saude. Portaria n. 518 de 25 de marco de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilancia da qualidade da agua para consumo humano e seu padrao de potabilidade, e da outras providências. Diario Oficial da Republica Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasilia, DF, 2004.
- Brasil. Ministério das Cidades. Lei nº 11.445 - 05/01/2007. Estabelece diretrizes nacionais para o Saneamento basico. <http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/42/2007/11445.htm>. 1 Out. 2007.
- Brasil. Ministério da Saude. Portaria nº. 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilancia da qualidade da agua para consumo humano e seu padrao de potabilidade. Diario Oficial da Republica Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasilia, DF, 2011.
- Broadhead, A. N.; Negron-Alvira, A.; Baez, L. A.; Hazen, T. C.; Canoy, M. J. Occurrence of Legionella Species in Tropical Rain Water Cisterns. *Caribbean Journal of Science*, v.24, p.71-73, 1988.
- Briscoe, J. Abastecimiento de agua y servicios de saneamiento: su funcion en la revolucion de la supervivencia infantil. *Boletin de la Oficina Sanitaria Panamericana*, n.103, p.325-339., 1987.
- Cairncross, S.; Feachem, R. G. *Environmental health engineering in the tropics: an introductory text*. 4.ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1993. 283p.
- Cairncross, S.; Valdmanis, V. Water supply, sanitation, and hygiene promotion. In: Jamison, D. T.; Breman, J. G.; Measham, A. R.; Alleyne, G.; Claeson, M.; Evans, D. B.; Jha, P.; Mills, A.; Musgrove, P. *Disease control priorities in developing countries*. 2ed. Nova York: Oxford University Press, The World Bank, 2006. p.771-792.
- Correia, L. L; Mc, J. F. Saude materno-infantil. In: Rouquayrol, M. Z.; Almeida Filho, N. *Epidemiologia e saude*. Rio de Janeiro: MEDSI Editora Médica e Científica Ltda., 1999. p. 375-403.
- Curtis, V.; Cairncross, S. Water, sanitation, and hygiene at Kyoto. Handwashing and sanitation need to be marketed as if they were consumer products. *BMJ*, v.327, p.3-4, 2003.
- Curtis, V.; Cairncross, S.; Yonli, R. Review: Domestic hygiene and diarrhea- pinpointing the problem. *Tropical Medicine and International Health*, v.5, p.22-32, 2000.
- Dias, G. M. F.. *Qualidade microbiologica da agua da bacia do Ribeirao Sao Bartolomeu, Vicoso - MG: Analise epidemiologica, ambiental e espacial*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 136p. Dissertacao Mestrado
- Esrey, S. A.; Feachem, R. G.; Hughes, J. M. Interventions for the control of diarrhoeal diseases among young children; improving water supplies and excreta disposal facilities. *Bulletin of the World Health Organization*, v.63, p.757-772, 1985.
- Esrey, S. A.; Habicht, J-P. Epidemiologic evidence for health benefits from improved water and sanitation in developing countries. *Epidemiol Rev*, v. 8, p.117-28, 1986.
- Esrey, S.A.; Potash, J.B.; Roberts, L.; Shiff, C. Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis and trachoma. *Bulletin of the World Health Organization*, v.59, p.609-621, 1991.
- Fewtrell, L; Kaufmann, R.B.; Kay, D.; Enanoria, W.; Haller, L.; Colford Jr., J.M. . Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infection Disease*, v.5, p.42-52, 2005.
- Fonseca, J. E. *Implantacao de cisternas para armazenamento de agua de chuva e seus impactos na saude infantil: Uma coorte em Berilo e Chapada do Norte, Minas Gerais Belo Horizonte*. UFMG, 2012. 210p. Dissertação Mestrado

- Fonseca, J. E.; Silva, C. V.; Pena, J. L.; Heller, L. A presença de sistemas de captação de água de chuva em cisternas tem favorecido o consumo de uma água com melhor qualidade bacteriológica pelas famílias de zonas rurais? In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 26, 2012, Porto Alegre. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 2012. CD Rom.
- Franklin, L. J.; Fielding, J. E.; Gregory, J.; Gullan, L.; Lightfoot, D.; Poznanski, S. Y.; Vally, H. An outbreak of *Salmonella* Typhimurium 9 at a school camp linked to contamination of rainwater tanks. *Epidemiology and Infection*, v.137, p.434-440, 2009.
- Gomes, U. A. F. Água em situação de escassez: água de chuva para quem?, UFMG, 2012. 369p. Tese Doutorado
- Gomes, U. A. F.; Heller, L.; Pena, J. L. A national program for large scale rainwater harvesting: An individual or public responsibility? *Water Resources Management*, v.26, p.2703-2714, 2012.
- Heller, L. Saneamento e saúde. Brasília: Organização Pan Americana de Saúde/ Organização Mundial da Saúde. 1997.
- Heller, L. Interfaces and inter-sector approaches: water, sanitation and public health. In: Castro, J. E.; Heller, L. *Water and sanitation services: Public policy and management*. Londres: Earthscan, 2009. p.122-138.
- Heller, L. Política pública e gestão dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário e suas interfaces: a perspectiva da saúde pública. In: Heller, L.; Castro, J.E. (Org.). *Política pública e gestão de serviços de saneamento*. 1.ed. Belo Horizonte UFMG, Rio de Janeiro: Fiocruz, 2013. p.179-195.
- Heller, L.; Bastos, R. K. X.; Vieira, M. B. C. M.; Bevilacqua, P. D.; Brito, L. L. A.; Mota, S. M. M.; Oliveira, A. A.; Machado, P. M.; Salvador, D. P.; Cardoso, A. B. Oocistos de *Cryptosporidium* e cistos de *Giardia*: Circulação no ambiente e riscos à saúde humana. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v.13, p.79-92, 2004.
- Heyworth, J. S.; Glonek, G.; Maynard, E. J.; Baghurst, P. A.; Finlayjones, J. Consumption of untreated tank rainwater and gastroenteritis among young children in South Australia. *International Journal of Epidemiology*, v.35, p.1051-1058, 2006.
- Hoque, M. E.; Hope, V. T.; Scragg, R.; Kjellstrom, T. Children at risk of giardiasis in Auckland: a case-control analysis. *Epidemiology and Infection*, v.131, p.655-662, 2003,
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Primeiros resultados Censo 2010. 2010b. <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default\\_\\_sinopse.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default__sinopse.shtm). 20 Mai. 2011.
- Luna, C. F. Avaliação do impacto do programa um Milhão de cisternas rurais (P1MC) na saúde: ocorrência de diarreia no Agreste Central de Pernambuco. Recife: Fundação Oswaldo Cruz, 2011. 207p. Tese Doutorado
- Luna, C. F.; Brito, A. M.; Costa, A. M.; Lapa, T. M.; Flint, J. A.; Marcynuk, P. Impacto do uso da água de cisternas na ocorrência de episódios diarreicos na população rural do agreste central de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Saúde Materna e Infantil*, v.11, p.283-292, 2011.
- Lye, D. J. Health risks associated with consumption of untreated water from household roof catchment systems. *Journal of the American Water Resources Association*, v.38, p.1301-1305, 2002.
- Marcynuk, P. et al. Preliminary summary: Prevalence of diarrhea among cistern and non cistern users in Northeast Brazil and further risk factors and prevention strategies. In VII Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 7, 2009, Caruaru. Anais...Caruaru, ABCMAC: 2009. CD Rom.
- Merritt, A.; Miles, R.; Bates, J. An outbreak of *Campylobacter* enteritis on island. resort, north Queensland. *Communicable diseases intelligence*, v.23, p.215-219, 1999.
- Michaud, C. M.; Murray, C. J. L.; Bloom, B. R. Burden of disease: Implications for future research. *Journal of American Medical Association*, v.285, p.535-539, 2001.
- Ministry of Health. A summary of the annual review of the microbiological and chemical quality of drinking-water in New Zealand 2005. Wellington: Ministry of Health, 2006. 15p.

- ONESDB/UNCTT-Office of the National Economic and Social Development Board; United Nations Country Team in Thailand. Thailand millennium development goals Report 2004. Bangkok: ONESDB/UNCTT, 2004. 92p.
- PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Relatório do Desenvolvimento Humano 2006. Brasília: PNUD, 2006.1101p.
- Pruss, A.; Kay, D.; Fewtrell, L.; Bartram, J. Estimating the burden of disease from water, sanitation, and hygiene at a global level. *Environmental Health Perspectives*, v.110, p.537-542, 2002.
- Priess-Ustün, A; Bos, R., Gore, F.; Bartram, J. Safer water, better health: Costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health. Geneva: World Health Organization, 2008. 60p.
- Rodrigo, S.; Sinclair, M.; Cunliffe, D.; Leden K. A critical assessment of epidemiological studies for the investigation of the health risk of drinking untreated rainwater. In: International Rainwater Catchment Systems Conference, 13, 2003, México. Proceedings..... 2003. CD Rom.
- Schwartzman, A. S.; Palmier L. R. Sugestões para o aprimoramento dos sistemas de captação de água de chuva por meio de cisternas na região semi-árida de Minas Gerais. In: Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido, 2007, Belo Horizonte. Anais.... – Belo Horizonte: ABCMAC, 2007. CD Rom.
- Silva, C. V. Efeitos da implantação de sistemas de captação de água de chuva em cisternas em residências rurais do semiárido na saúde infantil. Avaliação epidemiológica em dois municípios do Médio Vale do Jequitinhonha - MG. Belo Horizonte; UFMG, 2012. 207p. Tese Doutorado
- Silva, C. V.; Heller, L.; Carneiro, M. Cisternas para armazenamento de água de chuva e efeito na diarreia infantil. Um estudo na área rural do semiárido de Minas Gerais. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.17, p.393-400, 2012.
- Silva, C. V.; Heller, L.; Pena, J. L.; Fonseca, J. E. Avaliação da Presença de Giárdia em Crianças menores de 60 Meses que Consomem Água de Chuva Armazenada em Cisternas- Médio Vale do Jequitinhonha, MG. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 26, 2011, Porto Alegre. Anais...Rio de Janeiro: ABES, 2011. CD Rom.
- Simmons, G.; Jury, S.; Thornley, C.; Harte, D.; Mohiuddin, J.; Taylor, M. A Legionnaires' disease outbreak: A water blaster and roof-collected rainwater systems. *Water Research*, v. 42, p.1449-1458, 2008.
- Tavares, A. C. Aspectos físicos, químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de comunidades rurais no semi-árido paraibano. –Campina Grande: UEPB, Universidade Estadual da Paraíba, 2009. 169p. Dissertação Mestrado
- TCU - Tribunal de Contas da União. Relatório de auditoria operacional na ação de construção de cisternas para armazenamento de água - 20 monitoramento. Brasília: TCU, Secretaria de Fiscalização e Avaliação de Programas de Governo, 2010. 54p.
- Xavier, R. P. influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano. Campina Grande: UFCG, 2010. 165p. Dissertação Mestrado



# CAPÍTULO 6



## A CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA: UM MODO SUSTENTÁVEL PARA O DESENVOLVIMENTO RURAL INTEGRADO NO PLANALTO LOESS DE GANSU CHINA\*

Zhu Qiang

\* Traduzido do original em inglês por:  
Elizabeth Szilassy e Johann Gnadlinger

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4

 **INSA**  
INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO

 **ABC MAC**  
Associação Brasileira de  
Captação e Manejo  
de Água de Chuva

CAMPINA GRANDE, PB - 2015

# A CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA: UM MODO SUSTENTÁVEL PARA O DESENVOLVIMENTO RURAL INTEGRADO NO PLANALTO LOESS DE GANSU CHINA

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	123
<b>2 JUSTIFICATIVA DE PROJETOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NA CHINA</b>	123
<b>3 REVISÃO SOBRE A CAPTAÇÃO DA AGUA DE CHUVA NOS ÚLTIMOS 20 ANOS</b>	125
3.1 Pesquisa e demonstração	125
3.2 O Projeto 1-2-1 de captação de água de chuva e abastecimento de água doméstica	126
3.3 Projeto de aproveitamento de água de chuva para irrigação	129
3.4 A irrigação durante a semeadura e irrigação através de furos no plástico	131
<b>4 COBERTURA PLÁSTICA PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DE CHUVA</b>	133
<b>5 AVALIAÇÃO DO PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA EM GANSU</b>	134
5.1 Uma forma sustentável para o abastecimento doméstico de água nas áreas de escassez de água	134
5.2 Captação de água de chuva pode elevar a agricultura de sequeiro a um novo nível	135
5.3 Uma abordagem favorável ao meio ambiente	137
<b>6 CIÊNCIA E PROGRESSO TÉCNICO EM CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA E INTERCÂMBIO INTERNACIONAL</b>	138
6.1 Estudo sobre a relação do escoamento da chuva e formulação do procedimento de desenho para o sistema de captação de água de chuva	138
6.2 Edição do código técnico e publicação de livro	139
<b>7 EXPERIÊNCIAS E LIÇÕES PRINCIPAIS</b>	139
7.1 Uma vontade política saudável é essencial	139
7.2 A motivação das famílias é a base do sucesso	140
7.3 A preparação da base científica para os projetos	140
7.4 A lição a aprender é dar mais atenção ao manejo da manutenção	140
<b>8 DESAFIOS E PERSPECTIVAS</b>	141
8.1 O fornecimento de água doméstica	141
8.2 Projeto de irrigação	141
8.3 O serviço técnico pós-crédito	141
8.4 Perspectivas	142
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	142

## 1 INTRODUÇÃO

O planalto de Loess da província de Gansu é uma das áreas mais secas e mais pobres da China. A precipitação anual é de apenas 330 milímetros, enquanto a evaporação potencial é de 1500 a 2500 milímetros por ano. A escassez de água causa baixa produção agrícola, um pobre padrão de vida das pessoas, erosão grave do solo e deterioração ambiental. A chuva é a fonte de água de maior potencial na área. Desde o final de 1980, a captação de água da chuva tem sido estudada e adotada na área rural para abastecimento doméstico de água e irrigação suplementar. Atualmente, existem 1,4 milhões de habitações rurais que têm a água da chuva como sua principal fonte para uso doméstico. O sistema de captação de água da chuva tem a capacidade de fornecer água de irrigação suplementar para 80.000 ha. Experiências dos últimos 25 anos mostram que as práticas de captação de águas de chuva, não só fornecem água barata, confiável e segura para uso doméstico, mas também podem aumentar consideravelmente o nível de agricultura em Gansu. A implementação do projeto de captação de água da chuva também tem promovido o desenvolvimento da ciência e da tecnologia na captação de água da chuva. No entanto, Gansu ainda enfrenta desafios neste aspecto. Eles consistem principalmente em melhorar a qualidade da água da chuva armazenada, em aumentar ainda mais a capacidade do sistema existente e em promover a aceitação mais ampla da captação da água da chuva como sistema de irrigação.

## 2 JUSTIFICATIVA DE PROJETOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NA CHINA

China é o sexto maior país em recursos hídricos no mundo. Os recursos hídricos, incluindo o escoamento superficial e a quantidade não repetida de águas subterrâneas chega em 2800 km<sup>3</sup>. Mas, devido à sua enorme população, os recursos hídricos per capita são de 2050 m<sup>3</sup>, que é apenas 1/4 do recomendado em nível mundial, ficando atrás de mais de 100 países. Neste sentido, a China é um país com escassez séria de água. A situação em algumas áreas é muito mais crítica devido à distribuição desigual dos recursos hídricos, tanto no sentido temporal como espacial. O planalto de Loess, no noroeste, as áreas montanhosas do semiárido no norte, a montanha rochosa Karst no sudoeste e as áreas montanhosas subúmidas no meio da China são as áreas que sofrem mais com a escassez de água. As características comuns dessas áreas críticas são:

- uma escassez de água séria no sentido anual ou sazonal: milhões de pessoas nestas áreas não podem acessar uma fonte de água confiável para abastecimento desde séculos;
- uma condição de relevo desfavorável: topografia montanhosa/ravinas e voçorocas tornam a construção de estruturas de transporte de água muito difícil;
- uma agricultura que depende completamente da chuva natural, que, no entanto, não é confiável devido à distribuição desfavorável dentro de e entre anos. Existe um intervalo de tempo grande entre a chuva e a demanda das culturas, fazendo com que o rendimento das colheitas seja baixo;
- Devido à falta de água, uma agricultura de monoculturas prevaleceu. Os agricultores tinham dificuldade de produzir culturas comerciais e levavam uma vida empobrecida. A escassez de água foi a causa principal da pobreza.
- Devido à baixa produtividade da terra, mais e mais terras foram cultivadas, mesmo nas encostas íngremes, agravando, assim, cada vez mais a erosão do solo. A deterioração do meio ambiente e a degradação da terra se aceleraram.

Entre essas áreas, o planalto de loess de Gansu é uma das áreas mais pobres e secas (Figura 1). A precipitação anual varia entre 250 e 500 mm, dos quais 56-67% estão concentrados entre julho e setembro,

enquanto os valores da evapotranspiração potencial anual estão entre 1500 e 2500 milímetros. Estiagens têm ocorrido com frequência. As estatísticas mostram que nos 40 anos entre 1951 e 1990 ocorreram 36 secas. Antes de 1990, a produtividade das culturas foi de apenas 1,5 t/ha/ano. Noventa e cinco por cento das terras foram plantadas com cereais. Devido à falta de água, hortaliças e outras culturas de alto valor não podiam ser cultivadas. A renda anual per capita era inferior a 100 USD. A plantação indiscriminada nas encostas montanhosas causou grave erosão dos solos. O módulo de erosão chegou a 5000-10.000 t/km<sup>2</sup>/ano, o equivalente a uma camada de solo de 5 mm com nutrientes valiosos sendo retirada a cada ano. Mais de um milhão de habitações rurais não tinham acesso ao abastecimento de água potável. Durante um ano de estiagem, eles dependiam da água enviada por caminhões. A escassez de água ameaçava até a existência das pessoas.

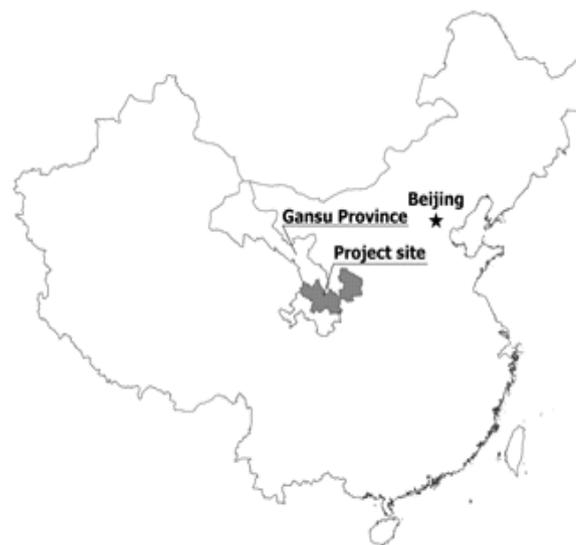


Figura 1. Localização da província de Gansu e local do projeto de captação de água da chuva

Durante muito tempo, os especialistas e as pessoas locais tinham feito esforços enormes, a fim de mudar a situação. As principais atividades tomadas estavam dentro da agricultura de sequeiro convencional:

- aplicação de medidas de cultivo, como arar a terra, plantio direto, pousio, mulching etc, para manter a umidade do solo, não a perdendo por evaporação;
- adaptação da terra para reter mais chuvas no solo, tais como terraços, plantio em contorno nivelados;
- adubação para aumentar a resistência da cultura ao estresse hídrico;
- criação de novas variedades com maior resistência ao estresse hídrico e melhor capacidade de adaptação à condição de chuva natural;
- captação de água da chuva e irrigação por enxurrada.

Todas estas medidas foram eficazes na mitigação da seca e no aumento da produtividade das culturas. No entanto, os seus efeitos ainda não foram suficientes para resolver a falta de água durante uma estiagem grave ocorre. A principal razão era que não podia se preencher totalmente o espaço entre o tempo em que choveu e o tempo quando a planta precisava de água com mais necessidade. Quanto maior o intervalo de tempo era, mais estresse hídrico a cultura sofria e mais baixo era o rendimento. A Figura 2 mostra a demanda de água do trigo de primavera comparada com a precipitação natural. Pode se ver que, durante a estação chuvosa, de julho a setembro, há chuva excessiva que não pode ser usada pelas culturas, enquanto na primavera em que as culturas precisam de água, a chuva é escassa. A diferença entre a ocorrência de bastante chuva natural e a necessidade da cultura de água é mais de meio ano. Embora tenham sido tomadas todas as medidas acima mencionadas e parte da chuva pode ser armazenada no solo, a maior parte da umidade se perde sob a evaporação intensiva. A umidade que permaneceu para a próxima primavera estava longe de ser suficiente para a germinação de sementes e o crescimento de plantas jovens. Experiências em décadas mostraram que a água é o fator chave para mudar esta condição fundamental e, apenas com o abastecimento de água artificial para a cultura, a produção agrícola pode ser elevada a um nível mais alto.

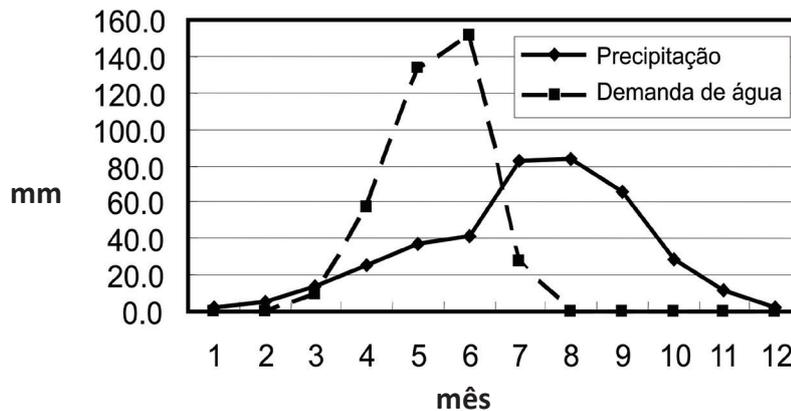


Figura 2. Demanda de água do trigo de primavera comparada com chuva natural

O problema é como conseguir água; no planalto de Loess, a água da maior parte dos rios é salgada e os rios correm em vales profundos por centenas de metros mais baixos do que as terras cultivadas. As águas subterrâneas também não estão disponíveis na maioria das áreas. Há um plano para desviar a água de rios próximos à área, mas a condição de topografia das áreas montanhosas atravessada por numerosas ravinas torna um sistema de transporte de água por canais muito difícil e caro. A fonte mais promissora e fácil de explorar era a água da chuva. Para estudar a viabilidade técnica e econômica sob a condição adversa do planalto da Gansu, um projeto de pesquisa e demonstração foi, assim, iniciado pelo Bureau de Recursos Hídricos de Gansu e o Instituto de Pesquisa para Conservação de Água de Gansu (Gansu Research Institute of Water Conservancy - GRIWAC).

A população local tem uma longa tradição de usar a água da chuva como a principal fonte para o uso doméstico, que pode ser rastreada até milhares de anos atrás. Apesar de terem construído uma série de “cavernas d’água” (tanques subterrâneos), mas devido à baixa eficiência da captação e do armazenamento da chuva, a água no tanque estava longe de ser suficiente para o uso doméstico. Não precisa ser dito que não poderia haver qualquer sobra de água para o abastecimento das lavouras.

### 3 REVISÃO DO DESENVOLVIMENTO DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NOS ÚLTIMOS 20 ANOS

#### 3.1 Pesquisa e demonstração

O projeto atual de aproveitamento de água da chuva na China foi iniciado a partir de um projeto de pesquisa, demonstração e extensão de captação de água da chuva, realizado entre 1988 e 1994 pelo GRIWAC com o apoio do Governo Provincial de Gansu e o Bureau de Recursos Hídricos de Gansu. O projeto visava fazer um levantamento sobre a captação de água da chuva e a eficiência de sua utilização para atender a demanda de uso doméstico e produção e também para estudar a viabilidade técnica e econômica de captação da água da chuva.

Durante o estudo, experiências sistemáticas sobre a relação entre a precipitação e escoamento superficial em diferentes tipos de captação foram realizadas e o processo para a concepção do sistema de captação de água da chuva foi elaborado. Para a área de captação, o telhado de telhas era a primeira escolha. No entanto,

devido à baixa precipitação na área, apenas o telhado não pode fornecer água suficiente para atender às necessidades básicas das pessoas. Após a comparação das condições econômicas e da qualidade da água, o pátio das casas revestido com concreto foi usado como área de captação suplementar. A área total da captação (telhado mais pátio) é cerca de 100 a 150 m<sup>2</sup> para a área com precipitação anual de 300 a 500 milímetros. Como armazenamento, a caverna d'água tradicional foi adotada. É um tanque subterrâneo em forma de garrafa com diâmetro variando entre 2,5 m e 4 m e altura de 5 a 8 m. Para atender a necessidade básica de água do ser humano (para beber e cozinhar e uso bem limitado para higiene), a capacidade de armazenamento é de cerca de 20 a 30 m<sup>3</sup>. A equipe do GRIWAC aconselhou os agricultores a usar cimento para controle de vazamento da estrutura de armazenamento em vez de usar a argila, que exige mão de obra cara, é complicada na construção e difícil para garantir a qualidade de construção. A viabilidade técnica e econômica da captação e aproveitamento de água da chuva para abastecimento rural de água, seja doméstico ou para a melhoria da agricultura de sequeiro na região do semiárido, foram justificados (Figura 3).

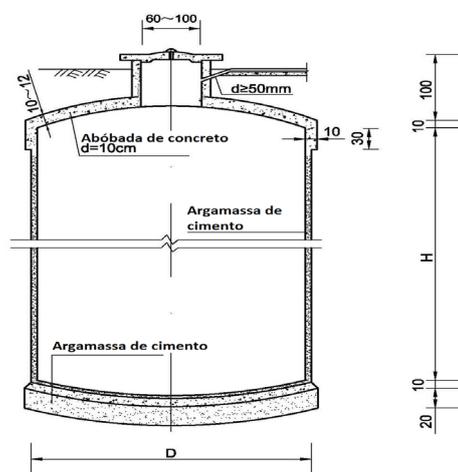


Figura 3. Um modelo de "caverna d'água" para demonstração e ilustração por um corte transversal

Em 1992, os resultados do projeto de pesquisa e demonstração foram aceitos pelo Governo da Província, que então apoiou um projeto de extensão em pequena escala. Com este apoio, até o final do ano de 1994, os resultados da pesquisa foram aplicados para resolver o problema da água de beber para 30.000 famílias rurais. Esses projetos foram um sucesso e bem recebidos pelos agricultores locais.

### 3.2 O Projeto 1-2-1 de captação de água de chuva e abastecimento de água doméstica

Em 1995, uma grave estiagem que foi considerada como seca de uma vez em cada 60 anos ocorreu no noroeste da China. Milhões de pessoas e os animais estavam sofrendo com sede; na primavera deste ano, o governador da província de Gansu tinha feito uma avaliação sobre os projetos de captação de água da chuva implementados pelo GRIWAC e outras agências de recursos hídricos dos municípios e chegou à conclusão que esses projetos foram muito bem sucedidos, fornecendo água para o uso doméstico, e que as experiências

eram dignas a serem replicadas em toda a área com o mesmo problema de falta de água. Um artigo foi publicado pelo governador nos jornais sobre a sua investigação. Com base nos resultados positivos do projeto do GRIWAC descritos pelo Governador, o Governo Provincial de Gansu decidiu implementar o “Projeto 1-2-1 de Captação de Água da Chuva” em julho de 1995, com o objetivo de resolver o problema da água para um milhão de habitantes na área rural onde as águas superficiais e subterrâneas não estão disponíveis e a água da chuva é a única fonte para uso doméstico. A razão para o nome 1-2-1 é que o governo iria apoiar cada estabelecimento familiar com 1,5 toneladas de cimento para construir uma área de captação composta por telhado e um pátio forrado de concreto, dois tanques de armazenamento, um para água de uso doméstico e outro para irrigação do jardim, e um pedaço de terra para cultivar legumes e árvores frutíferas.

Para levantar fundos suficientes para o projeto, o governo provincial fez todos os esforços, mas só poderia financiar 53 milhões de CNY (6,5 milhões de USD) e os fundos restantes de 56,4 milhões CNY (6,9 milhões de USD), necessários para os projetos eram de uma campanha de doação de toda sociedade, incentivada pelos meios de comunicação. O slogan era “Por favor, dê o seu amor àqueles que estão passando sede”. A maioria dos funcionários e trabalhadores contribuiu com seu próprio dinheiro, incluindo muitas outras províncias e até mesmo do exterior. Os agricultores contribuíram com a força de trabalho para os sistemas de sua propriedade.

A implantação do Projeto 1-2-1 se tornou a principal tarefa dos governos em diferentes escalas na área. Os técnicos de agências de recursos hídricos e instituições relevantes organizaram mais de 200 cursos de formação / workshops para ajudar aos agricultores a conhecerem os métodos para a construção de tanques de armazenamento. Com os projetos-piloto criados pelo GRIWAC e também devido ao fato de que a captação de água da chuva, sendo uma tecnologia tradicional, os agricultores logo dominaram a metodologia de construção. Quase todos os sistemas de captação de água da chuva, incluindo as superfícies de captação e os tanques de armazenamento, foram construídos pelos agricultores, os próprios usuários de água (Figura 4).



Figura 4. Os agricultores construíram as cavernas d' água por conta própria

Depois de um ano e meio, no final de 1996, o “Projeto 1-2-1” alcançou plenamente sua meta. Durante a implementação do projeto, 37,2 milhões de m<sup>2</sup> de telhado e pátios revestidos de concreto foram construídos e utilizados para a captação e foram instaladas 284.000 cavernas d’água com capacidade total de cerca de 5 milhões de m<sup>3</sup>. O projeto permitiu que 1,3 milhões de pessoas rurais conseguissem resolver as suas necessidades básicas de água. Além disso, a irrigação suplementar para o cultivo de hortaliças e árvores frutíferas foi desenvolvida no jardim do agricultor, totalizando uma área de 1,4 ha, incluindo 16 estufas. O projeto de captação de água da chuva para abastecimento doméstico de água tem sido desenvolvido sob o apoio da Federação das Mulheres do Estado e outras instituições. Para o final de 2005, a população rural que utilizou a água da chuva como sua principal fonte para uso doméstico aumentou para 1,4 milhão.

No Projeto 1-2-1, devido ao limite de fundos, o apoio financeiro do governo não era suficiente para ter um sistema de captação de água de chuva de alto padrão. O sistema de captação de água da chuva só conseguiu atender as necessidades básicas (beber e cozinhar) e o fornecimento de água limitada para a higiene pessoal. Junto com a melhoria da condição econômica e com o Programa Estatal de Construção Nova Aldeia, parte dos agricultores já começou a ampliar e atualizar o seu sistema de captação de água de chuva. Na aldeia Daping, que é o primeiro projeto-piloto do Programa, cada família tem agora uma área de captação composta por um telhado e um pátio forrado de concreto de 250 a 300 m<sup>2</sup> e duas cavernas d’água, cada uma com capacidade de 50 m<sup>3</sup> (Figura 5). Desde então os agricultores nunca mais se preocupam com a água para beber e cozinhar; além de mais que muitos deles compraram máquinas de lavar roupa e instalaram equipamentos de banho em sua casa. Eles disseram que agora eles também podem desfrutar o estilo de vida que as pessoas da cidade têm.



Figura 5. O abastecimento doméstico de água implementado pelo Projeto 1-2-1

A questão da qualidade é uma preocupação importante para abastecimento de água doméstica com água da chuva. Em comparação com a situação antes do projeto 1-2-1, a qualidade da água da chuva é muito melhor e os agricultores estão geralmente satisfeitos, mas, devido às chuvas raras, as áreas de captação não são lavadas regularmente e, como resultado, a água recolhida das áreas de captação é tecnicamente definida como de má qualidade. O problema de qualidade surge também porque os recursos financeiros do Projeto 1-2-1 não foram suficientes para fornecer aos agricultores a instalação da calha e do tubo da bica. A água cai do beiral do telhado diretamente no concreto do pátio forrado e se mistura com a água do chão. Durante o

projeto de pesquisa e demonstração verificou-se cedo que os poluentes relacionados à toxicologia e química não existem na água da chuva armazenada. No entanto, os testes mostraram que os índices biológicos não podem atender o padrão nacional. O bacilo *E. coli* e o número de bactérias excederam o limite superior permitido por vários até dezenas de vezes. Além disso, também a turbidez excedeu a norma. Para resolver o problema, um fogão solar simplificado tem sido amplamente utilizado na maioria das aldeias. O fogão solar pode ferver água sob sol num recipiente de 2-3 litros dentro de 30 minutos e custa apenas EUA \$ 25-30 (Figura 6). Gansu tem uma condição favorável para a utilização desta técnica por causa das longas horas de sol com mais de 3000 horas por ano, mas os agricultores bebem a água fervida apenas quando fazem chá. Eles costumam beber água não tratada diretamente dos jarros colocados na cozinha. Recentemente, o GRIWAC desenvolveu um equipamento de purificação de água para abastecimento doméstico. O equipamento é composto por um recipiente de floculação e de um filtro cerâmico. Depois da água tratada pelo equipamento, o bacilo *E. coli* e as bactérias podem ser completamente eliminadas e a água que sai do equipamento pode satisfazer plenamente o padrão nacional. O problema é que o custo deste equipamento é um pouco maior do que os agricultores possam aceitar.



Figura 6. Fogão solar para ferver água (à esquerda) e equipamento de purificação de água da chuva (à direita)

### 3.3 Projeto de aproveitamento de água de chuva para irrigação

O papel mais importante do Projeto 1-2-1, além da grande conquista de abastecimento de água para milhões de pessoas de famílias rurais, talvez seja que a autoridade e as pessoas descobrissem quais as vantagens que a água da chuva poderia lhes poder oferecer. Incentivado pelo projeto 1-2-1 bem sucedido, o governo iniciou o projeto de captação de água da chuva para irrigação no final de 1996. A meta estabelecida pelo governo foi desenvolver sistemas de captação de água da chuva, visando uma irrigação suplementar para 500.000 Mu (33.333 ha) de terra todos os anos no “Plano de Cinco Anos No. 9” (1996-2000). O governo aumentou o fundo de subsídios para as famílias poderem participar no projeto. Sob o apoio do governo, do GRIWAC e da Academia de Ciências de Agricultura de Gansu realizou-se uma série de projetos de demonstração para mostrar como construí-los e operou um projeto de irrigação com água de chuva de maneira rentável.

O sistema de aproveitamento de água da chuva para fins de irrigação é um pouco diferente como aquele para o uso doméstico. Em primeiro lugar, para reduzir o custo, usa-se a superfície menos permeável das

estruturas já existentes, como rodovias asfaltadas, estradas, quintais de debulha do trigo, campos esportivos etc, para áreas de captação. Para plantar culturas comerciais de alto valor, a área inclinada forrada com concreto também é usada para a captação. Alguns agricultores têm construído a estufa como um sistema de captação de água de chuva e, em seguida, o telhado da estufa feita de lona de plástico se mostrou uma captação muito eficiente (Figura 7). Para o abastecimento de água doméstica, apenas o telhado e o pátio revestido de concreto são usados como drenagem, a fim de garantir a qualidade da água. Para o armazenamento, a caverna d'água é utilizada da mesma maneira como no abastecimento doméstico, mas a capacidade é maior. Além do mais, ela é construída ao lado da plantação das culturas ou junto a área de captação. Para o final de 2005, havia cerca de 2 milhões de cavernas d'água com um volume total de armazenamento de cerca de 62 milhões m<sup>3</sup>. Rodovias pavimentadas equivalem a cerca de 80% da área de captação total. De acordo com a avaliação realizada em 2005, o sistema de captação tem a capacidade de fornecer água de irrigação suplementar para cerca de 80 mil hectares de terra, das quais, menos de metade da terra irrigada é equipada com gotejamento e microaspersão.



Figura 7. Estruturas de superfície existentes usadas como captação: uma rodovia pavimentada e o telhado de uma estufa

Uma vez que a água no tanque de captação é limitada, ela deve ser utilizada de maneira altamente eficiente. As experiências técnicas das práticas de irrigação em Gansu podem ser resumidas nos seguintes três pontos:

1. A aplicação de água é realizada apenas em alguns períodos críticos do crescimento das culturas. O período crítico significa que neste tempo, a cultura é mais sensível ao estresse hídrico. Se uma escassez de água séria acontece neste período, ele iria causar danos fatais, mesmo o murchar da cultura e, assim, a perda de rendimento. O período crítico varia para diferentes culturas, que pode ser determinada pela experiência do agricultor ou pelos experimentos de campo. O GRIWAC e seus parceiros de pesquisa têm realizado uma série de testes de campo para descobrir os períodos críticos de diferentes culturas em que a água deve ser aplicada para evitar estresse hídrico. Por exemplo, para o trigo de primavera, a irrigação na fase de brotação e início de crescimento pode produzir maior rendimento, enquanto a água aplicada para o milho na fase da floração do boneco na primavera pode resultar em um maior rendimento. Além disso, na primavera, época da semeadura em Gansu para a maioria das culturas, a umidade do solo é, em geral, muito baixa e não é suficiente para assegurar uma boa germinação das sementes. A irrigação durante a semeadura é

muito importante. Um tipo especial de aplicação de água foi iniciado no norte e no noroeste da China para a irrigação no momento do plantio, que será descrito nos parágrafos seguintes.

2. São utilizados métodos de irrigação altamente eficientes (ver Quadro). Existem dois tipos de métodos de irrigação em Gansu: um é o método de irrigação simples e acessível, inovado pelos técnicos e agricultores locais. Estes incluem a irrigação durante a semeadura, irrigação através de furos no plástico e irrigação manual, utilizando uma mangueira ou simplesmente um balde, etc. Outro tipo de irrigação é a micro irrigação moderna, como de gotejamento, miniaspersão e irrigação bolha. A última serve principalmente para as árvores. Devido ao alto custo e sendo uma técnica relativamente complicada, a micro irrigação só é adotada por uma pequena parte dos agricultores. Usando estes métodos de irrigação, cada aplicação de água com o sistema de aproveitamento de água da chuva só é de 5 a 15 m<sup>3</sup> Mu<sup>-1</sup> (de 75 a 225 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) que é muito menor do que na prática de irrigação convencional.

3. A aplicação de água só é destinada a zona de raiz da cultura, adotando-se os métodos de irrigação acima mencionados. A perda por evaporação a partir da superfície do solo pode, assim, ser grandemente reduzida. Os agricultores locais têm um ditado que diz: “Nós estamos irrigando a cultura, mas não a terra.”

### **3.4 A irrigação durante a semeadura e irrigação através de furos no plástico**

Na irrigação durante a semeadura, uma pequena quantidade de água é derramada nos buracos, imediatamente antes da semeadura das sementes. Normalmente, após terminada a irrigação e a semeadura, uma lona plástica é usada para cobrir a terra, o que pode ser feito manualmente ou por máquinas. Na China, uma máquina que pode ser usada para a operação integrada de irrigação, semeadura e colocação do plástico foi desenvolvido e fabricado em muitas oficinas municipais. A água derramada em cada buraco para sementes equivale a apenas 1 - 2L. Para irrigar um Mu (667m<sup>2</sup> ou 1/15ha) de terra, são apenas necessários 3 - 10m<sup>3</sup> de água. De acordo com os testes de campo na Região Autônoma da Mongólia Interior, a taxa de germinação do centeio de primavera pode ser aumentada de 50% a 74 % e o rendimento aumentado de 22 a 31%. Num ano de estiagem, o aumento de rendimento, por meio da aplicação de água durante a semeadura, ser bem maior. A irrigação através de furos no plástico é uma técnica amplamente utilizada no norte e no noroeste da China. Após a semeadura, irrigação e adubação, a terra é coberta com lonas de plástico (com mais ou menos 0,01 milímetros de espessura), que funcionam como uma miniestufa e criam uma condição favorável para que as sementes germinem. Após a brotação das mudas, o plástico é perfurado manualmente em uma seção transversal para permitir as jovens plantas crescerem para fora. Mais tarde, o furo é alargado para permitir que a chuva natural e a irrigação entrem no solo. A irrigação é realizada manualmente, usando uma mangueira com água do tanque, caso em que o tanque fica numa posição mais elevada, a água pode ser conduzida por gravidade; caso contrário, uma bomba elétrica é necessária. Às vezes, a aplicação de água pode ser feita simplesmente com um balde. A Figura 8 apresenta a máquina para a irrigação durante a semeadura; além do tanque de semente na máquina semeadeira comum, um tanque de água está montado acima do reservatório de sementes para fornecer água para o orifício de sementes. A Figura 9 apresenta como a irrigação por meio de orifícios na lona de plástico é feita com um balde.



Figura 8. Máquina semeadeira funcional integrada com irrigação durante a semeadura



Figura 9. Irrigação através de furos em lonas de plástico, usando-se um balde

O investimento para o método de irrigação simplificado é muito baixo e a técnica pode facilmente ser dominado pelos agricultores locais e, portanto, tem sido amplamente adotado; no entanto, é um trabalho dispendioso. Para economizar mão de obra e também para ter uma uniformidade maior de aplicação de água, é usada a técnica de mini-irrigação, especialmente o sistema de gotejamento. O sistema de gotejamento é composto da fonte de água, o pivô e o sistema de tubos. A caverna d'água é a fonte de água para o sistema de gotejamento, geralmente com uma bomba elétrica submersa; se a caverna está localizada numa posição mais elevada mais de 10 m do que a área a ser irrigada, uma mangueira de sucção é usada para fornecer pressão para o sistema de gotejamento e a bomba não é necessária. O pivô é composto de uma válvula, um medidor do fluxo e da pressão e, mais importante, de um filtro. Normalmente, o filtro usado é uma tela com um diâmetro de 25 mm. O sistema de tubulação inclui o tubo principal e os tubos laterais, em que o emissor está instalado. Em Gansu, tubos de gotejamento com saídas embutidos são amplamente utilizados devido a sua maneira uniforme de aplicação, o desempenho sem entupimento, o baixo custo e a instalação e movimentação fáceis. Para reduzir a perda de evaporação da superfície do solo, o tubo de gotejamento é muitas vezes colocado embaixo da cobertura plástica. Para reduzir o custo, após concluir a irrigação do pedaço de terra, a bomba, o pivô e o tubo principal podem ser removidos para serem usados para irrigação em outro terreno.

Para aumentar o benefício de irrigação com água de chuva, estufas têm sido amplamente construídas nas áreas. Antes do projeto de captação de água de chuva, estufas não existiam por causa da falta de água. Depois de os agricultores terem água em seus tanques, alguns deles construíram estufas para cultivar hortaliças finas: pimenta, tomate, pepino, berinjela, etc. Isso se torna uma medida importante para ajudar aos agricultores gerar renda, contribuindo assim, consideravelmente, para a redução da pobreza. Comumente é usado uma estufa simplificada com lona plástica (com espessura de 0,1 a 0,2 milímetros) como o material do telhado e do bambu e hastes de aço como estrutura de suporte do telhado. Uma estufa de 350 m<sup>2</sup> (7 m de largura e 50 m de comprimento) custou cerca de EUA \$ 1000 e pode ser paga de volta com 2 ou 3 colheitas de legumes dentro de 1-2 anos (Figura 10).



Figura 10. A primeira estufa na área montanhosa de loess em 1991 e uma “bateria de estufas”

#### 4 COBERTURA PLÁSTICA PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA DO USO DE ÁGUA DE CHUVA

Uma das medidas para melhorar a eficiência do uso de água da chuva é a lona plástica, que tem sido amplamente utilizada no norte e no noroeste da China, desde o final dos anos 1970. Em Gansu, a maior parte do campo de cultura é coberta com lona plástica (PE ou PVC) com uma espessura de 0,006 a 0,01 milímetros. O papel do uso de lonas de plástico é reduzir a perda por evaporação da superfície do solo. Segundo alguns testes, o plástico pode reduzir o consumo de água da cultura em 30 %. Além disso, com lonas de plástico a temperatura do solo pode ser elevada na primavera de 2 a 3 °C para poder semear as culturas uma ou duas semanas mais cedo do que o habitual. Desde a década de 1980, uma das importantes melhorias na agricultura, em Gansu, é o aumento da proporção do plantio de milho comparado com o trigo, em virtude de seu maior rendimento. Porém, na área montanhosa com altitude maior que 2000 m, o milho é frequentemente ameaçado pela geada que pode acontecer cedo em setembro. Uma semeadura antecipada do milho permite também atingir sua maturidade mais cedo; assim, evita danos causados pela geada. Outra vantagem adicional de lonas de plástico é que a maior parte das ervas daninhas morre devido a falta de ar.

A lona de plástico também pode servir como minicaptação para aumentar a precipitação disponível para a cultura. Nesta prática, a terra é preparada com crista e valeta, em alternância. A cultura é plantada na valeta e a crista é coberta com a lona plástica servindo de minibacia. O escoamento flui da crista para a valeta, aumentando assim a umidade do solo utilizada pelas culturas, enquanto o tamanho da concentração de água depende da relação entre a largura da crista e da valeta.

Lonas de plástico foram adotadas em cerca de 80 % da área cultivada em condições de sequeiro de Gansu. O governo oferece ou fornece parcialmente as lonas de plástico para os agricultores, que custam cerca de 1200-1500 CNY (US \$ 200-250) por hectare. De acordo com os testes, o rendimento pode ser aumentado em 20-30%. No entanto, a lona de plástico pode ser usada apenas para uma estação de crescimento das culturas. Depois da colheita, ela é depositada na área especial, provocando daí a chamada “poluição branca”. Para resolver este problema, o usuário é convidado a reciclar os plásticos desperdiçados. Outra solução é a produção de lonas degradáveis, por exemplo, lonas feitas de algum tipo de amido, em vez de polímero.

O sucesso do Projeto de Gansu abriu um leque de projetos de captação de água de chuva na China em grande escala. O "Projeto Caverna d'Água para Irrigação", em Ningxia, o "Projeto 1-1-2 de Economia da Água para Irrigação", na Mongólia Interior, o "Projeto Sede por Água", em Guizhou, o "Projeto Orvalho Doce", em Sichuan, e o "Projeto Cisterna de Irrigação", em Guangxi etc, foram realizados um após o outro desde a década de 1990. Até agora, os projetos de captação de água da chuva foram levados para 18 das 31 províncias (regiões autônomas) na China. Os beneficiários dos Projetos de Captação de Água da Chuva chegam a 30 milhões. Para o final de 2005, foram 22 milhões pessoas de áreas rurais na China, utilizando a água da chuva como sua principal fonte de abastecimento de água doméstica. A captação de água de chuva promoveu enormemente o desenvolvimento econômico e social e a conservação do meio ambiente nas áreas montanhosas rurais onde existe escassez séria de água.

## 5 AVALIAÇÃO DO PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA EM GANSU

### 5.1 Uma forma sustentável para o abastecimento doméstico de água nas áreas de escassez de água

As experiências de Gansu mostraram que nas áreas onde falta água de superfície e subterrânea, a captação de água da chuva pode proporcionar uma fonte de água barata, confiável e relativamente segura para o abastecimento doméstico rural. Com a implementação dos projetos de captação de água da chuva, uma tremenda mudança aconteceu no abastecimento doméstico de água para os 1,4 milhões de habitantes rurais na área montanhosa de loess em Gansu, tanto em quantidade e em qualidade. Os habitantes das zonas rurais estão muito felizes com o projeto de água da chuva. Eles disseram: "O projeto transformou a água suja em água potável, a água amarga em água doce, a água distante em água perto de nós."

Como referido antes, a qualidade da água de chuva armazenada não pôde encontrar o padrão nacional e a quota de fornecimento de água foi baixa, quando a implementação do projeto começou. Na fase inicial, o tanque de armazenamento era pequeno e o sistema só podia satisfazer as necessidades básicas da família, mas com a melhoria da situação financeira dos agricultores e com o apoio do governo para o "Programa de Construção de Novas Aldeias", muitas famílias reconstruíram sua habitação e ampliaram a superfície de captação de água da chuva e a capacidade dos tanques. A precipitação anual na região é de apenas cerca 400 milímetros. Estima-se que a área de cobertura de telhas de concreto, mais a quantidade de pátio concretado, é de 400 m<sup>2</sup>. Conclui-se, então, que o sistema de água da chuva não só pode fornecer água para beber e cozinhar, mas também água suficiente para lavar roupas e higiene pessoal; na verdade, parte das famílias já tem desfrutada de uso da água para o lazer como as pessoas urbanas fazem.

Existem problemas de qualidade com a água da chuva armazenada, mas que podem ser tratados com técnicas simples e acessíveis, como o fogão solar e o equipamento simplificado de purificação de água.

Salienta-se que a área de loess de Gansu é uma das áreas mais pobres da China e a nítida melhoria das condições de vida da população local contribuiu muito para que as aldeias pobres acompanhassem o ritmo de desenvolvimento de todo o país.

O projeto de captação de água da chuva para abastecimento doméstico de água evita o trabalho árduo de mulheres e crianças para ir buscar água. De acordo com a pesquisa, o trabalho para ir buscar água em um ano para uma família de 4-5 membros em Gansu foi de cerca de 70 dias de trabalho, em média, antes do projeto. Depois que o projeto foi realizado, o tanque de água ficou ao lado da casa e o trabalho árduo de buscar água realizado principalmente por mulheres e crianças, no passado, não é mais necessário. Algumas famílias até mesmo instalam um sistema simples de água da torneira saindo do tanque. As crianças agora podem ter tempo para ir à escola. Elas não precisam levar uma garrafa de água para a escola desde que o sistema de captação de água da chuva foi construído lá. As mulheres podem ter mais chance de participação

na vida pública e em atividades domésticas; a força de trabalho disponível pode ser colocada em empregos temporários na cidade para aumentar a renda.

Outro efeito colateral da captação de água da chuva para abastecimento doméstico de água é a grande melhoria da condição de vida. O telhado de palha e barro original foi trocado por azulejos. O pátio é revestido com uma laje de concreto que melhora os arredores da casa.

O preço acessível tanto para usuários do projeto como para o governo é um dos indicadores mais importantes da sustentabilidade. O investimento para o sistema de captação de água da chuva para abastecimento doméstico é baixo. Uma vez que os sistemas de captação de água da chuva em Gansu foram implementados pelos próprios usuários, o investimento do governo só ocupa uma pequena parte do custo total para a construção do sistema de abastecimento doméstico. De acordo com uma avaliação econômica realizada em 2005, a família contribuiu com 79% do custo total, principalmente com o trabalho; visto que as famílias são os proprietários dos sistemas de captação de água da chuva é que estão dispostos a fazerem esta contribuição. O custo de operação e manutenção do sistema é muito baixo e acessível para as famílias. As famílias têm tido muito cuidado em usar e manter o seu sistema; a pesquisa mostrou que a maioria dos sistemas de captação de água da chuva está em boas condições após 10 anos de operação.

## 5.2 Captação de água de chuva pode elevar a agricultura de sequeiro a um novo nível

A irrigação baseado na captação de água da chuva na área de loess de Gansu mostrou que, embora a quantidade de água aplicada à cultura seja muito baixa, pode aumentar significativamente o rendimento da cultura. De acordo com o teste de campo e o projeto de demonstração, com a captação de água da chuva de irrigação, o aumento da produção da safra de grãos pode ser aumentada de 10 a 88%, que em média é cerca de 40%. A Tabela 1 mostra um resumo dos resultados de rendimento do teste de campo sobre o efeito de captação de água da chuva para irrigação.

Tabela 1. Resumo dos resultados do teste de efeito de captação de água da chuva para irrigação, baseado no rendimento das culturas

Nome da cultura	Quantidade de irrigação m <sup>3</sup> /ha	Rendimento kg/ha	Aumento de rendimento %	WSE kg/m <sup>3</sup>
Trigo de primavera	225-300	1990-6843	10.5-88.3	1.65-3.9
Milho	375-405	2940-9050	19.6-88.4	3.11-5.7
Batata	405	27696	30.6	10.95
Milheto	300	2583-2750	20.5	1-1.62
Milheto vassoura	300	4011-4258	6.8-13.4	1.5-1.55
Óleo de girasol	450	2626-3000	19.8-65	1.65-3.45
Linhaça	225	1590-2505	44.7-120.6	3.03-6.08

Nota: Na tabela, WSE (Eficiência do uso da água) é o aumento de rendimento por cada metro cúbico de água de irrigação, representando a produtividade da água de irrigação

Tabela 2 mostra o tempo necessário de irrigação e a quantidade de aplicação de água na estação de crescimento das culturas recomendados pelo “Padrão técnico de projeto de captação de água da chuva de Gansu” elaborado pela GRIWAC e oficialmente editado pelo Bureau de Recursos Hídricos de Gansu e pelo Bureau de Supervisão Técnica de Gansu, em 1997.

Tabela 2. Número de irrigações e quantidade de água por aplicação

			Cereais básicos			
			Cereais de verão	Cereais de outono	Fruteiras	Hortaliças
Tempo de irrigação	Área com precipitação anual em mm	300	3-4	3-4	4-5	8-9
		400	2-3	2-3	3-4	6-8
		500	2-3	1-2	2-3	5-6
Quantidade de aplicação m <sup>3</sup> /ha	Gotejamento com lonas de plástico		150-225	150-225	120-225	150-225
	Irrigação manual com lonas de plástico		75-150	75-150	75-120	75-150

Nota: na tabela, WSE (Water Supply Efficiency) é o aumento de rendimento por cada metro cúbico de água de irrigação, o que representa a produtividade da água de irrigação

A partir das Tabelas 1 e 2, pode-se achar que a água de irrigação numa bacia de captação de água da chuva para irrigação durante uma estação de crescimento das culturas seja muito pequena em comparação com a prática de irrigação convencional, mas o resultado dependendo com ou sem irrigação é muito diferente; em suma, a água de irrigação só equivale em 10 a 15% do consumo de água das culturas no período de crescimento, enquanto, a maior parte do consumo de água da cultura vem principalmente da chuva natural. O papel da água de irrigação limitada é apenas para ajudar a cultura evitar o grave estresse hídrico no período crítico de crescimento; em seguida, quando o próximo período chuvoso chega tarde, a cultura pode ainda ter condições suficientes para absorver a chuva natural com eficiência. Se esta pequena quantidade de água limitada não fosse aplicada, a colheita seria submetido a danos fatais, chegando até a murchar sob déficit hídrico grave, caso em que, mesmo na época das chuvas, a cultura dificilmente se recupera, devido ao estresse sofrido na fase anterior e o rendimento de colheita será baixo.

Com base nas experiências práticas em mais de 10 anos, um novo conceito de “Irrigação de baixa quantidade” (Low Rate Irrigation - LORI) foi desenvolvido. LORI é um tipo especial de irrigação de poupança de água, tendo, como fonte, a água da chuva captada. O abastecimento de água de irrigação só ocupa uma parte muito pequena do consumo total de água da cultura, mas o seu papel na melhoria da produtividade da cultura é considerável. Somente com LORI, uma irrigação suplementar é acessível pelo sistema de captação de água da chuva com quantidade muito limitada de água disponível. O princípio de LORI baseia-se na teoria de irrigação deficitária que tem como seu objetivo a maximização de a WUE (water use efficiency - eficiência de uso da água) e WSE (water supply efficiency - eficiência de abastecimento de água). A aplicação da água é realizado em alguns períodos críticos de crescimento da cultura para atender parcialmente a demanda hídrica da cultura. A aplicação da água é apenas para umedecer a zona de raiz da cultura, usando métodos altamente eficientes. A eficiência de abastecimento da água no LORI é, portanto, muito mais elevada do que na irrigação convencional.

O papel da irrigação baseado na captação de água da chuva em Gansu não é apenas para aumentar o rendimento da safra das culturas, haja visto que mais importante é que as novas condições de água

modificam a estrutura da agricultura. No tempo passado, a agricultura dependia completamente da chuva natural. O abastecimento de água que dependia da chuva não era confiável e os agricultores não podiam controlar e como resultado, mais de 95% da terra foram plantados com culturas alimentares de baixo valor e a chuva só podia oferecer, aos agricultores, baixo benefício. Com a água da chuva armazenada nos tanques, os agricultores começaram a alterar a sua estrutura de produção de acordo com a necessidade do mercado: legumes, produtos de horticultura, frutas, melão, ervas e outros produtos especiais locais tornam-se as suas culturas favoráveis para gerar renda, enquanto no passado, com 1 m<sup>3</sup> de água de chuva natural para o plantio de culturas básicas, se poderia colher cerca de 0,4 kg de trigo no valor de cerca de EUA \$ 0,2-0,7. Enquanto se usa 1 m<sup>3</sup> de água da chuva natural armazenada para plantar vegetais em uma estufa, os produtos podem ser avaliados em torno de EUA \$ 4-8; um fazendeiro em Qinan County plantou suas árvores de nectarina na estufa para obter o produto mais cedo com o preço muito elevado no mercado. Neste caso, 1 m<sup>3</sup> de água da chuva pode até mesmo produzir um valor de até EUA \$ 20. A irrigação com sistema de captação de água da chuva torna-se assim uma ferramenta importante para promover a redução da pobreza, nesta área empobrecida.

Outra importante contribuição da captação de água da chuva para a irrigação é o aumento da eficiência do uso da água da chuva (WUE - rainwater use efficiency) que equivale à produção dividida pelo consumo total de água da cultura. De acordo com a medição, a WUE na agricultura de sequeiro convencional é de apenas 0,39 kg m<sup>-3</sup> para o trigo e 1,7-1,9 kg m<sup>-3</sup> para o milho; por outro lado, com a irrigação da água de chuva, adotando os métodos de irrigação de alta eficiência, a WUE equivale de 0,48 a 0,62 kg m<sup>-3</sup> para o trigo e de 1,96 a 2,4 kg m<sup>-3</sup> para o milho, aumentando em 23-59 % e 14,6-34,6 %, respectivamente, fato este muito significativo quando o mundo enfrenta o desafio de atender à demanda de alimentos e à segurança da água, devendo manter, ao mesmo tempo, a exploração de água sob uma margem de segurança; a única maneira de enfrentar o desafio é aumentar a “colheita por gota” ou a WUE.

### 5.3 Uma abordagem favorável ao meio ambiente

Um dos efeitos do projeto de captação de água da chuva sobre a conservação do meio ambiente é que promove a implementação do Programa “Conversão do Solo”, iniciado pelo estado, que visa a restauração do ecossistema na China Ocidental. Depois de os agricultores terem alimentos suficientes, após o aumento da produtividade da cultura com a captação de água da chuva para irrigação, eles começaram a pensar em mudar o seu padrão de produção a partir de extensa recuperação de cultivo intensivo. No âmbito da política favorável do Programa “Conversão do Solo”, mais e mais agricultores mudaram o uso de suas terras na encosta do cultivo para o plantio de árvores e forrageiras (principalmente trevo e alfafa), melhorando assim o ecossistema e preservando o meio ambiente. Enquanto isso, o governo fornece subsídios no tipo de grãos e recursos financeiros no período de 8 anos.

A condição de água criada pelo sistema de captação de água da chuva permite aos agricultores diversificar o seu padrão de produção. Mais árvores frutíferas são plantadas e forrageiras são cultivadas para o desenvolvimento da agricultura. Tudo isso melhora a vegetação nas áreas montanhosas .

Quando os projetos da captação de água da chuva foram implantados em grande escala na década de 1990, havia uma grande questão se a captação de água da chuva iria acelerar a secagem do fluxo do volume de água a jusante do Rio Amarelo; as práticas de captação de água da chuva nos últimos 20 anos não mostraram nenhuma evidência disso; pelo contrário, embora a captação de água de chuva tem se desenvolvido rapidamente, depois de uma alocação de recursos hídricos em geral e de controle para o Rio Amarelo e a implementação das técnicas de economia de água na bacia hidrográfica, o fenômeno de interrupção do fluxo na jusante do Rio Amarelo nunca aconteceu nos últimos mais de 10 anos; na verdade, a água coletada pelos projetos de captação de água da chuva só ocupa menos de 1 % da precipitação total. É impossível ter qualquer impacto visível sobre a vazão do rio a jusante.

## 6 CIÊNCIA E PROGRESSO TÉCNICO EM CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA E INTERCÂMBIO INTERNACIONAL

Com o desenvolvimento da captação de água da chuva nos últimos 20 anos, a ciência e a tecnologia também têm feito grandes progressos neste campo.

Estudo sobre a relação do escoamento da chuva e formulação do procedimento de desenho para o sistema de captação de água de chuva no projeto de pesquisa sobre a captação de água de chuva realizado por GRIWAC em 1988 e 1992, a relação entre a eficiência de captação de água da chuva (RCE – Rainwater Catchment Efficiency) e as características da precipitação (quantidade de chuva e intensidade de chuva) em diferentes superfícies de captação incluindo telhados (telhas de cimento e telhas de barro cozido), a superfície revestida com concreto, solo cimentado e cal colocado no solo, a superfície coberta com lona plástica enterrada, solo compactado e o declive natural, foram testados. Com esses dados da experiência o RCE em relação à quantidade de chuva e intensidade para as áreas de captação acima foi pesquisado nas áreas semiáridas, o que se tornou a base do desenho de projeto para o sistema de captação de água da chuva.

Com base nos resultados o desenho para o dimensionamento do sistema de captação de água da chuva, é formulado. Para facilitar, aos técnicos em nível de municípios e distritos, o entendimento da metodologia, métodos simplificados com tabelas/gráficos são fornecidos para determinar a área de captação; para a determinação da capacidade de armazenamento o modelo de coeficiente de volume simplificado é desenvolvido e o coeficiente de volume sob diferentes condições (clima e finalidade do projeto) foi elaborado; já o departamento técnico de nível superior foi desenvolvido o modelo de simulação do método de ano típico e do método da série longa para o dimensionamento da capacidade de armazenamento. Com o modelo de simulação o coeficiente de volume adequado para diferentes padrões de chuvas em diferentes áreas pode ser derivado. Planilhas eletrônicas utilizando-se o Excel para cálculo do tamanho de captação e a capacidade de armazenamento, também foram desenvolvidas.

### **6.1 Estudo sobre a relação do escoamento da chuva e formulação do procedimento de desenho para o sistema de captação de água de chuva**

No projeto de pesquisa sobre a captação de água da chuva realizado por GRIWAC em 1988 e 1992, foi testada a relação entre a eficiência de captação de água da chuva (RCE – Rainwater Catchment Efficiency) e as características da precipitação (quantidade de chuva e intensidade da chuva) em diferentes superfícies de captação, incluindo telhados (telhas de cimento e telhas de barro cozido), superfície revestida com concreto, com solo cimentado e com solo de cal, superfície coberta com lona plástica enterrada, solo compactado e o declive natural. Com esses dados da experiência, foi elaborada a RCE em relação à quantidade de chuva e à intensidade para as áreas de captação acima nas áreas semiáridas; isso se tornou a base de elaboração do desenho para o sistema de captação de água da chuva.

Com base nos resultados se formulou o desenho para o dimensionamento do sistema de captação de água da chuva. Para facilitar, aos técnicos ao nível de municípios e distritos o entendimento da metodologia, se forneceu métodos simplificados com tabelas / gráficos para determinar a área de captação. Para a determinação da capacidade de armazenamento, se desenvolveu o modelo de coeficiente de volume simplificado e se elaborou o coeficiente de volume sob diferentes condições como clima e finalidade do projeto. Para o departamento técnico de nível superior, se desenvolveu o modelo de simulação do método de ano típico e do método da série longa para dimensionar a capacidade de armazenamento. Com o modelo

de simulação, se pode derivar o coeficiente de volume adequado para diferentes padrões de chuvas em diferentes áreas. Planilhas eletrônicas, usando o Excel para cálculo do tamanho de captação e a capacidade de armazenamento também foram desenvolvidos.

## **6.2 Edição do código técnico e publicação de livro**

O “Padrão Técnico do Projeto de Captação de Água da Chuva em Gansu” foi formulado e emitido pelo Bureau de Recursos Hídricos de Gansu e o Bureau de Supervisão Técnica de Gansu, em 1997. Foi a base do “Código Técnico de Boas Práticas para a Captação, Armazenamento e Utilização de Água de Chuva” formulado e emitido pelo Ministério de Recursos Hídricos, em 2001. O código é o resumo da realização técnica em captação de água da chuva, desde o final da década de 1980, na China. Em 2008, o código foi atualizado para um padrão e emitido pelo Ministério Estadual de Construção. Enquanto isso, livros sobre a introdução do sistema de captação de água da chuva foram publicados. Em 2012, o livro “Every last drop - Rainwater harvesting and sustainable technology in rural China” (Cada Última Gota - Aproveitamento de Água da Chuva e Tecnologia Sustentável na China Rural) foi publicado pelo Practical Action Publishing, no Reino Unido. O livro descreve as principais experiências de projetos de captação de água da chuva em Gansu e as técnicas sustentáveis associadas, incluindo o fogão solar e a estufa. Para compartilhar as experiências sobre captação de água da chuva com os países em desenvolvimento, o Ministério de Comércio da China patrocinou para países em desenvolvimento, desde 2003, o Curso Internacional de Capacitação e Aproveitamento e Utilização de Água da Chuva, na capital de província, em Lanzhou. Mais tarde, o Ministério da Ciência e Tecnologia da China continuou até em apoiar o projeto de formação de cooperação com o PNUMA para patrocinar oficinas de capacitação para os países africanos. Até agora, havia 12 cursos organizados por GRIWAC com mais de 350 participantes da África, Ásia, América do Sul e do Caribe. Além disso, a convite dos países relevantes, a equipe GRIWAC foi para a Arábia Saudita, o Caribe, a África do Sul, o Quênia, a Uganda e a Jordânia para a realização de oficinas de capacitação de água de chuva. Um livro em Inglês com o título “Rainwater Harvesting”, baseado no currículo das atividades de formação foi publicado pela China Anhui Publishing House, em 2007, e será atualizado, em 2014.

## **7 EXPERIÊNCIAS E LIÇÕES PRINCIPAIS**

Constatadamente, há uma série de razões para o grande sucesso do projeto de captação de água da chuva em Gansu. O primeiro é que a captação de água da chuva se adapta as situações reais na área do loess de Gansu. Como apontado antes, a chuva é a fonte de água com mais potencial e facilidade de ser explorada no planalto de Loess. A captação de água de chuva é a melhor escolha para as pessoas locais para alterar as condições fundamentais de sua vida e da produção agrícola. Por outro lado, há também razões relacionadas com a mobilização, organização e execução do projeto.

### **7.1 Uma vontade política saudável é essencial**

O mais importante dos fatores que fizeram a captação de água da chuva progredir tão rapidamente e em tão grande escala, é o apoio do governo para os projetos. A decisão de execução dos Projetos 1-2-1 e os Projetos de Captação de Água de Chuva de Irrigação foi a cargo do governo provincial, que tem feito grandes esforços para financiar fundos em prol dos projetos; as lideranças do governo, sejam do nível da província

ou dos níveis municipais foram envolvidas na implementação dos projetos; depois que o vice-governador foi nomeado responsável pela gestão da implementação do projeto, as agências governamentais relevantes para os níveis provincial, conselhos e distritos municipais, foram mobilizadas para a organização dos projetos.

### **7.2 A motivação das famílias é a base do sucesso**

Para cumprir o enorme trabalho de construção de tão grande quantidade de superfícies de captação (telhados com telhas e pátios com concreto) e cavernas d'água dentro do período de um ano e meio, o único caminho possível era mobilizar todas as famílias que participavam na implementação do projeto. Na verdade, quase todos os projetos foram construídos pelos próprios agricultores sem envolver qualquer equipe de construção profissional. Esta é também a razão pela qual o custo de construção de sistema de captação de água da chuva é muito baixa em Gansu. Uma vez que os habitantes locais têm sofrido com tanta sede, eles levavam a construção do sistema de captação de água da chuva tão sério como a construção de suas casas. A política estabelecida pelo governo de que a propriedade do sistema de captação de água da chuva pertence à família que a construiu e apoia a implementação do projeto com certa quantidade de subsídios tem estimulado muito a motivação das famílias.

### **7.3 A preparação da base científica para os projetos**

Os projetos de investigação e demonstração realizados pelo GRIWAC forneceram uma base técnica sólida para a implementação do projeto. Em virtude da investigação e demonstração de 4 anos, as autoridades e as pessoas locais constataram, in loco, os benefícios de captação de água da chuva e, portanto, também a aceitaram. Por meio de práticas durante anos, o "layout" e o "design" do sistema de captação de água da chuva para as diferentes condições de clima e solo estavam prontos para sua aplicação. Equipes técnicas dos condados e municípios foram capacitadas através dos projetos-piloto e tornaram-se os instrutores para os agricultores para construir seus sistemas; enfim, a técnica foi baseada na tradição, com modificações de projeto menores, por isso era facilmente compreensível para os agricultores.

### **7.4 A lição a aprender é dar mais atenção ao manejo da manutenção**

A construção da captação de água da chuva tem sido muito bem sucedida, mas, parece que o acompanhamento de gerenciamento do projeto não foi tão bem feito. No abastecimento de água doméstica, o monitoramento da qualidade e a melhoria são os pontos fracos. Embora os agricultores sejam muito cuidadosos em limpar o pátio antes da chuva, cuidar da captação e do armazenamento das chuvas, bem como manter as cavernas d'água em bom estado, eles não se importaram bastante com o problema de qualidade. Às sugestões para melhorar a qualidade da água não foi dada atenção suficiente por parte dos usuários; quanto ao aspecto de irrigação, a utilização generalizada de projetos de irrigação não era satisfatória devido a um problema de gestão. Os agricultores locais na área estão acostumados à agricultura de sequeiro, contando apenas com a chuva natural; a irrigação é algo completamente novo para eles, os quais são, muitas vezes, conservadores em aceitar novas ideias. Apesar dos inúmeros exemplos feitos pelas "famílias científicas" que mostram como a água da chuva valiosa pode ajudar ao agricultor na melhoria da produtividade das culturas e na geração de renda como o seu ditado: "A água é igual à comida, a água é igual ao dinheiro", estes casos não eram bem conhecidos pela maioria dos agricultores, faltando fazer uma sensibilização efetiva sobre irrigação com sistema de captação de água da chuva entre eles.

## 8 DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Embora tenha sido alcançado um grande progresso, Gansu ainda enfrenta grandes desafios com os projetos de captação de água da chuva.

### 8.1 O fornecimento de água doméstica

O abastecimento de água com o projeto de captação de água da chuva não pode satisfazer plenamente os critérios de “abastecimento rural de água seguro” tanto em quantidade e qualidade, criado pela Secretaria Estadual de Recursos Hídricos. Em áreas onde a precipitação anual é inferior a 500 mm, a capacidade de muitos sistemas de captação de água da chuva é insuficiente para garantir a confiabilidade e a quota de abastecimento de água estipulado nestes critérios.

A qualidade da água para uso doméstico não pode satisfazer o padrão nacional de saúde, principalmente nos índices biológicos. Algumas medidas eficazes para a gestão da qualidade como o desvio da primeira água, o uso da calha etc, não foram adotadas, e o fogão solar, muitas vezes, não está em uso. Alguns problemas surgem devido ao problema dos fundos financeiros e alguns são devido à falta de educação sanitária. Parece urgente ajudar aos agricultores a compreender a necessidade de melhorar a qualidade da água.

### 8.2 Projeto de irrigação

Parte dos sistemas de irrigação com captação de água da chuva não foi executada plenamente; a conscientização e a capacitação sobre o uso de água da chuva para irrigação de muitos agricultores ainda é insuficiente; demonstrações para os líderes das aldeias e os agricultores são urgentemente necessárias, mas, muitas vezes se lhes presta menos atenção em comparação com a construção do projeto.

A falta de fornecimento de água e equipamento de irrigação é uma das razões para a baixa taxa de utilização do projeto de irrigação de captação de água da chuva. Os agricultores não têm condições de comprar o equipamento antes de sua renda aumentar com a adoção da irrigação de captação de água da chuva. Um micro crédito e o apoio do governo são necessários.

### 8.3 O serviço técnico pós-crédito

A assistência técnica pós-projeto é um ponto fraco. Falta o monitoramento da qualidade da água de escoamento de diferentes captações. A observação sobre os fatores que afetam a qualidade da água, como a temperatura, a luz, o método de armazenamento, bem como o custo do tratamento eficaz de qualidade são necessárias; contudo, o apoio a estas atividades não está disponível.

O conjunto completo de equipamentos e materiais para a construção do projeto de captação de água da chuva (doméstico e irrigação) não está disponível no mercado. Precisa-se urgentemente melhorar o serviço de extensão para os usuários através da concepção e fabricação de produtos padronizados e completos para o sistema de captação de água da chuva.

## 8.4 Perspectivas

Recentemente, o Ministério de Recursos Hídricos da China decidiu levar a cabo o programa de construção de sistemas de abastecimento de água centralizados para ambas as áreas urbanas e rurais, de forma integrada; algumas das aldeias que usavam a água da chuva já têm agora um sistema de abastecimento de água integrado, porém, em áreas onde uma fonte de água para a construção de sistema de água via tubo centralizado não está disponível, o sistema de captação de água da chuva ainda será a forma insubstituível para o abastecimento doméstico rural. Além disso, mesmo quando os agricultores têm acesso ao sistema de tubulação, ainda iriam usar ou parcialmente usar a água da chuva uma vez que esta fonte é gratuita. Estima-se que, no futuro, para 2 a 3% da população rural total de chineses, a captação de água da chuva ainda será a principal fonte de seu uso doméstico.

Em comparação com a irrigação convencional, a captação de água de chuva de irrigação tem suas características únicas: baixo investimento por parte do governo, economia no consumo de água, alta produtividade de água e eficiência. Ela será capaz de melhorar a agricultura de sequeiro para um novo nível. Em Gansu, a área de agricultura de sequeiro equivale a 70% das terras cultivadas. A captação de água da chuva de irrigação terá papel importante no aumento do nível de agricultura na área de loess de Gansu.

Nos últimos 25 anos as experiências em Gansu mostraram que a captação de água da chuva é o caminho sustentável para o desenvolvimento rural integrado, especialmente na área montanhosa com escassez grave de água. A captação de água da chuva é uma solução descentralizada de gestão da água e se adapta a maneira dispersa da condição de habitação local. A tecnologia adota se baseia na tradição e, portanto, é fácil de ser aceita pela população local. Não como grandes projetos, centralizados, muitas vezes associados a muitos problemas ambientais, a captação de água da chuva usa os recursos naturais, a água da chuva disponível em todos os lugares, e não terá qualquer impacto negativo para as outras áreas. Por isso, é um projeto favorável ao meio ambiente. O investimento inicial e os custos de operação e manutenção são baixos e acessíveis por parte do governo e das famílias. A propriedade da maioria dos sistemas de captação de água da chuva em Gansu pertence às famílias, o que é a principal razão que os projetos tenham seu pleno apoio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ministério de Recursos Hídricos, Código Técnico de Boas Práticas para a Captação de Água da Chuva, Armazenagem e Utilização (atualizado), China Água e Energia Press, Pequim, 2010 (em chinês).
- Qiang, Z. Effects of rainwater harvesting on dry farming, Proceedings of the 10th International Rainwater Catchment System Conference, Mannheim, 2001.
- Qiang, Z; Fuxue, W. Rainwater catchment and utilization in the arid and semi-arid area in Gansu, China, Proceedings of 7th International Rainwater Catchment System Conference, v.1, Beijing, 1995a.
- Qiang, Z; Fuxue, W. A lifeblood transfusion: Gansu's new rainwater catchment systems, Waterlines, Vol. 14 No.2 October, Intermediate Technology Publication, 1995b.
- Qiang, Z; Yuanhong, L. Rainwater harvesting for survival and development: A Revolution in Dryland Farming in Gansu China, Waterlines, v.18, p.11-14, 2000.
- Qiang, Z; Yuanhong, L. Drought-proofing villages in Gansu Province, LEISA Magazine, 2003, pp. 14-16.

Qiang, Z; Yuanhong, L.; Ma, Chengxiang (ed.), Rainwater harvesting, Anhui Education Publishing House, Hefei, China, 2007.

Qiang, Z.; Yuanhong, L.; Gould, J. Every last drop - Rainwater harvesting and sustainable technologies in Rural China, 2012, Practical Action Publishing, UK.



# SETOR URBANO E INDUSTRIAL





# CAPÍTULO 7

## VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO MEIO URBANO

Luciano Zanella

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

# **VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO MEIO URBANO**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	149
<b>2 DESENVOLVIMENTO</b>	149
<b>3 ESFERAS DE ANÁLISE</b>	149
<b>4 VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA</b>	151
<b>5 VIABILIDADE TÉCNICA</b>	155
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	166
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	167

## 1 INTRODUÇÃO

Muitas vezes o aproveitamento de água de chuva é encarado como sendo uma técnica bastante simples, barata, facilmente aplicável e que permite obter água de boa qualidade. Esta simplicidade aparente leva, no entanto, ao conceito equivocado de que não são necessários nem o conhecimento específico para sua aplicação, tampouco, grandes investimentos para sua realização. Apesar da simplicidade aparente, a utilização de água de chuva carece da verificação da viabilidade técnica e econômica para a implantação, não sendo raras as situações em que o sistema se mostra dificilmente viável, seja tecnicamente – principalmente quando aplicado a edificações já existentes, seja economicamente – sobretudo, quando avaliado a partir dos interesses financeiros de potenciais usuários considerados individualmente, como famílias de moradores, empresários ou mesmo órgãos ou entidades públicas.

Apesar da importância primordial da viabilidade técnica, não raramente a viabilidade econômico-financeira é considerada mandatória quanto à opção pela utilização ou não dos sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva no meio urbano mas a abrangência da análise realizada pode não ser suficiente para estimar, de forma adequada, os benefícios deste sistema, visto que toda decisão, seja técnica ou econômica, leva em conta o ponto de vista do interessado sobre o sistema.

## 2 DESENVOLVIMENTO

A opção pela instalação ou não de um sistema de aproveitamento de água de chuva pode ser avaliada a partir de diversas esferas de análises, considerando-se diferentes interessados que, apesar de se utilizarem do mesmo objeto, o encaram com finalidades distintas obtendo, em última análise, resultados de viabilidade que podem ser divergentes quanto à implantação do sistema.

## 3 ESFERAS DE ANÁLISE

O aproveitamento de água de chuvas ressurgiu nos grandes centros urbanos devido não à necessidade de economia dos recursos pagos pela água pelos usuários, mas segundo duas vertentes de motivação: a conservação de água no abastecimento público e a obrigatoriedade de acúmulo de água de chuva em locais com grandes áreas impermeabilizadas como tentativa de evitar picos de cheias durante eventos de chuvas intensas. Ambas as vertentes denotam, claramente, que a esfera de análise utilizada e que tornou esta prática possível foi a do gestor do sistema de águas urbanas, visão diferente daquela relativa ao usuário individual da água.

Apesar do objeto final de análise ser o mesmo: a retenção da água de chuva, a finalidade da retenção (aproveitamento x combate às cheias), as esferas ou âmbitos de análise (usuário final x gestor do sistema) e os objetos focais (edificação x bacia hidrográfica), dentre outros, são diferentes (Tabela 1) e podem levar a diversas respostas quanto à viabilidade e à tecnologia necessária.

Tabela 1. Principais esferas de análise para o sistema de aproveitamento de águas de chuva

## Esferas de análise

Foco	Bacia Hidrográfica	Edificação
Agente	Gestor das águas urbanas; Gestor do território urbano;	Usuário do sistema de aproveitamento de água de chuva
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução dos riscos de inundação e alagamento;</li> <li>• Redução dos riscos de desabastecimento;</li> <li>• Adiantamento de busca de novos mananciais               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Combate a poluição difusa</li> <li>• Melhoria dos padrões urbanísticos</li> <li>• Melhoria das condições de saúde pública</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complementação da fonte de abastecimento;</li> <li>• Redução da conta de água</li> </ul>
Benefício	Coletivo	Particular

Considerando uma abordagem simplificada, o aproveitamento de água de chuva pode ser observado a partir de diferentes focos principais, objetos de aplicação e benefícios a serem alcançados (Cilento et al., 2012 a):

- Por parte do usuário do sistema de aproveitamento de água de chuva: a utilização de sistemas de coleta e aproveitamento de água de chuva desponta como uma iniciativa, dentre várias possíveis, a ser implantada quando se busca a conservação de água em edificações. Sua disseminação é calcada na ideia comumente aceita, mas nem sempre verdadeira, da facilidade de instalação do sistema de captação e tratamento dessas águas, dos custos relativamente baixos envolvidos na construção do sistema e da possibilidade de redução do desembolso pela conta de água. O objeto focal é a edificação e o benefício a ser alcançado é aquele individual com a complementação da fonte de abastecimento de água e redução do valor gasto com água potável. Quanto à utilização de sistemas de captação, tratamento e aproveitamento de água de chuva, a iniciativa deve partir do próprio usuário do sistema de aproveitamento de água de chuva.

- Por parte do gestor das águas urbanas e do território: o interesse inicial pode ser a possibilidade de redução de picos de enchentes, principalmente em áreas de risco, por meio de ações governamentais que incentivem à redução do volume de água de chuva que ultrapasse os limites do lote. Em algumas regiões também existe a necessidade da promoção do uso mais eficiente da água ou mesmo de redução no consumo de água potável da rede pública de abastecimento pela substituição de parte da água potável consumida por água de chuva em fins não potáveis, como forma de postergar a necessidade de investimentos em novos sistemas de captação, tratamento e distribuição de água. Como um objetivo que mais recentemente tem despertado interesse tem-se, ainda, a possibilidade de redução de poluição difusa que chega aos corpos d'água pelo aumento da retenção de água dentro dos lotes e consequente redução do escoamento das águas poluídas. Para todos esses casos o objeto focal é a bacia hidrográfica e o benefício a ser alcançado é coletivo: a redução nos riscos de desabastecimento ou de enchentes. A opção pela captação, retenção e utilização ou não das águas de chuva depende de políticas públicas fomentadas pelos gestores do sistema (prefeituras, concessionárias dos serviços de saneamento, Estado, comitês e agências de bacia etc).

Quaisquer que sejam os objetivos e a natureza dos benefícios esperados há de se ter em mente que as técnicas atualmente empregadas dependem da instalação de equipamentos e sistemas individuais que propiciem a captação de água nas residências e permitam seu aproveitamento, retenção<sup>1</sup> ou detenção<sup>2</sup>.

Segundo Vivacqua (2005) o potencial do consumo residencial domiciliar de água com uso não potável na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) está na faixa de 30 a 40% do consumo total; índice semelhante é esperado para outras áreas urbanas brasileiras, o que incentiva fortemente a captação e o uso de água de chuva para fins não potáveis em cidades com problemas no abastecimento público e índices pluviométricos não restritivos.

1 - Retenção: o volume coletado permanece no limite do lote – exemplo: bacias de infiltração;

2 - Detenção: o volume coletado é temporariamente contido e posteriormente liberado

Sob qualquer foco de análise a captação, tratamento, reservação e utilização da água de chuva exigem alterações de padrões construtivos vigentes para a introdução dos sistemas de tratamento, armazenamento e distribuição da água, alterações nem sempre fáceis ou mesmo possíveis de serem realizadas, o que traz à tona a necessidade da avaliação da viabilidade técnica e econômico-financeira do empreendimento.

## 4 VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA

Tradicionalmente, o aproveitamento de água de chuva em meio urbano é encarado do ponto de vista do usuário da edificação e a análise econômica de viabilidade é corriqueiramente realizada considerando-se a capacidade de pagamento deste usuário pelo sistema de aproveitamento de água de chuva, frente à economia gerada pela substituição de parcela da água potável que deixa de ser consumida pela água proveniente da chuva.

Um dos métodos que podem ser utilizado para verificar a viabilidade econômico-financeira de instalação do sistema é a comparação entre a rentabilidade obtida a partir do montante necessário para cobrir os custos com vista à implantação do sistema, caso este valor fosse aplicado no mercado financeiro com o valor economizado na conta de água pela substituição da água potável pela água de chuva nos usos possíveis. Outra forma bastante utilizada para verificação da viabilidade econômica é a verificação do tempo necessário para que o valor monetário investido no sistema de aproveitamento de água de chuva seja recuperado com base na economia gerada na conta de água pela substituição de fontes.

Em ambos os casos, são desprezados aspectos mais amplos, como os impactos associados à coleta direta e o aproveitamento de água de chuva em edificações, que poderiam colaborar para tornar o sistema individual mais atraente pelos benefícios que propicia ao meio urbano; parâmetros que só são devidamente considerados quando o foco de análise é ampliado, alterado do benefício individual, facilmente identificado pelo usuário do sistema para o benefício coletivo que o sistema tem potencial de atingir, mas que dificilmente poderia ser considerado por um usuário individual.

Mantendo o foco no usuário do sistema e na edificação, Ayub (2007) desenvolveu uma metodologia para comparação dos ganhos advindos da economia gerada na conta de água pela instalação de um sistema de reservação de água de chuva com os ganhos alcançáveis com o investimento do mesmo valor em aplicações econômico-financeiras (caderneta de poupança, CDB e CDI). Considerando a pluviosidade, os preços dos reservatórios e as taxas de remuneração dessas aplicações para o mesmo montante despendido para a instalação do sistema de água de chuva praticados na época da elaboração do trabalho no município de São Paulo, os resultados baseados na análise puramente econômico-financeira mostram que as aplicações financeiras são mais vantajosas que a instalação dos sistemas de aproveitamento de água de chuvas para residências de pequena área de captação (até 100 m<sup>2</sup> de área de telhado).

Segundo as simulações realizadas, a situação se inverte para residências com áreas de telhado superiores a 300 m<sup>2</sup> onde aproveitamento da água de chuva se mostra mais vantajoso. Ressalta-se, conforme comentado pelo supracitado autor, que o método necessita de refinamento já que não considera tópicos importantes como as variações de demanda de água e baseia a análise do investimento necessário somente nos custos de construção de reservatórios de águas de chuva. A seleção do reservatório como ponto crítico de análise é devida ao fato de que este componente é um dos itens de maior custo em sistemas simples de aproveitamento de água de chuva; observe-se, também, que o método de análise desenvolvido deixa em aberto a variável tempo de amortização do capital investido e não faz considerações sobre a “conta mínima” correspondente ao valor fixo pago pelo consumo dos primeiros 10 m<sup>3</sup> mensais, mas considera nos cálculos os custos médios de água potável por volume consumido.

Ainda mantendo o foco no usuário final, além dos custos de instalação de um sistema, a análise da viabilidade econômico-financeira deve levar em conta os custos de operação e manutenção do sistema.

Os sistemas de aproveitamento de água de chuva permitem a seleção de uma série de dispositivos e configurações que serão tanto mais complexas quanto piores as condições ambientais no local da coleta ou quanto mais exigentes os usos que se pretende dar à água coletada. Em ambientes urbanos a configuração mais usual para esses sistemas é composta por um reservatório inferior, usualmente enterrado, além de um reservatório superior, de pequeno porte, responsável pela distribuição, por gravidade, da água coletada nos pontos de utilização. Esta configuração exige a utilização do bombeamento da água do reservatório inferior ao superior agregando um custo extra à operação do sistema – a energia elétrica.

Em muitos casos o valor gasto com energia elétrica pode ser superior ao economizado com a substituição da água potável pela água de chuva, o que pode inviabilizar o sistema quando analisado de forma puramente econômico-financeira a partir do ponto de vista do usuário final, quando não é considerada a falta de outra fonte de água nem a existência de demanda reprimida.

Jó (2011) avaliou o balanço hídrico e energético de um sistema predial experimental de aproveitamento de água de chuva e obteve a relação água/energia média de  $3,17 \text{ kWh/m}^3$ , considerada alta quando comparada com a dos sistemas públicos de abastecimento com relação variável entre  $0,33 \text{ kWh/m}^3$  e  $1,24 \text{ kWh/m}^3$  (Gonçalves et al., 2009). A autora destaca que sistemas de aproveitamento de água de chuva de pequeno porte descritos na literatura (Kiperstok, 2008) apresentam relações de consumo de energia elétrica por volume de água aproveitado por volta de  $0,05 \text{ kWh/m}^3$ , valor bastante inferior àquele obtido para o sistema avaliado. Esta diferença entre o índice de energia consumida por  $\text{m}^3$  e os valores médios relatados na literatura se deve às especificidades do sistema de tratamento utilizado na instalação experimental cuja água era destinada à lavagem diária do piso de uma cozinha industrial e de um refeitório, o que exigia a garantia de segurança sanitária rigorosa e, portanto, um sistema adequado de desinfecção, responsável pelo consumo de parcela da energia elétrica computada. Ainda de acordo com Jó (2011) o período de retorno do investimento estimado para o sistema alvo da análise foi de cinco a seis anos.

Cecin (2012) propôs a utilização de sistema de aproveitamento de água de chuva em uma escola de ensino básico, no município de São Bernardo do Campo - SP, com o objetivo de substituir parte das águas utilizadas nas descargas dos vasos sanitários por água de chuva. A análise econômico-financeira realizada indicou que os custos de implantação do sistema, conforme fora concebido, seriam de cerca de R\$ 59.000,00 (calculado a partir dos custos unitários praticados pela Prefeitura Municipal de São Paulo – ano 2012) para um volume de reservação de  $15 \text{ m}^3$  e cerca de R\$ 63.000,00, para reservação de  $20 \text{ m}^3$ . Ao custo de implantação, segundo o autor, deve ser somado o valor aproximado de R\$ 1.300,00 por ano para operação e manutenção preventiva do sistema. Ressalta-se que os custos foram calculados para uma escola existente que segue o padrão arquitetônico adotado no município para escolas desse tipo e porte, o que exigiria reforma. O custo de implantação pode ser reduzido no caso de incorporação do sistema de água de chuva na etapa de projeto de uma nova escola. Pela estimativa realizada, o sistema permitiria a economia de 56,9% do volume de água destinada a fins não potáveis utilizado na unidade ao longo de um ano com a utilização do reservatório de  $15 \text{ m}^3$ , com tempo de retorno do investimento de 5,12 anos e 59,6% de economia, quando considerado o reservatório de  $20 \text{ m}^3$  com tempo de retorno de 5,17 anos. A proposição difere tecnicamente de outras proposições de sistema de aproveitamento de água de chuva por não dimensionar um reservatório com volume suficiente para suprir com água de chuva 100% do uso pretendido, o que inviabilizaria a implantação.

Os casos descritos por Jó (2011) e Cecin (2012) são exemplares em relacionar a viabilidade econômico-financeira à viabilidade técnica levando em conta, no primeiro caso, a qualidade da água necessária ao uso pretendido e no segundo caso a quantidade ótima de água armazenada para melhorar a viabilidade econômico-financeira do sistema. Como os sistemas de aproveitamento de água de chuva permitem boa

variação de configurações, existem aquelas mais propensas a originar resultados econômico-financeiros diretos positivos; via de regra, soluções adotadas ainda na fase de projeto da edificação trazem melhores resultados que aquelas provenientes de adaptações e reformas devido à possibilidade de incorporação de soluções que visem ao aproveitamento de água de chuva na arquitetura do edifício evitando, por exemplo, o uso de bombeamento.

O aproveitamento da água de chuva e a conseqüente redução na conta de água potável são fatores mais diretos e fáceis de serem verificados como vantagens para a instalação de sistemas de aproveitamento de água de chuva mas, dependendo do âmbito de análise, isto não é, necessariamente, o mais interessante.

A quantidade de água de chuva drenada por ruas e galerias aumenta de forma permanente com o desenvolvimento da cidade; concomitantemente, a qualidade desta água decai com o desenvolvimento do processo de urbanização em razão da proliferação de superfícies impermeáveis como: ruas, calçadas, passeios públicos, ciclovias, estradas, telhados e quadras esportivas, que reduzem ou impedem a infiltração das chuvas e do escoamento para o subsolo. Quanto maior a área urbana impermeabilizada, maiores também serão as vazões de água escoadas para uma mesma intensidade de chuva e maior a facilidade das águas carrear os poluentes e sedimentos para fora do seu local de origem. Valores crescentes de picos de vazão dão origem às inundações e alagamentos.

A captação de água das chuvas é considerada uma das boas práticas de drenagem que, segundo Fletcher et al. (2008) têm recebido, em conjunto com uma série de outras medidas estruturais ou não, denominações diversas como “melhores práticas para a gestão de águas de drenagens urbanas” (Europa), “sistemas de desenvolvimento de baixo impacto” (EUA), “projeto urbano sensível à água” (Austrália) e “sistemas de drenagem urbana sustentável” (Reino Unido). Uma visão mais avançada da drenagem urbana tem sido considerada pelos australianos que veem as águas de escoamento urbano não mais como um problema mas como uma nova fonte de água e já desenvolvem estratégias para seu uso.

Esta forma de manejo das águas de chuva faz sentido no âmbito de análise da bacia hidrográfica, sob o foco dos gestores de águas urbanas que devem fomentar políticas públicas de incentivo à captação e utilização de água de chuva nos lotes ou, pelo menos, de detenção ou retenção. O benefício mais imediato conseguido é a redução das vazões de água escoada, uma forma de compensação pela impermeabilização do terreno.

Com a captação, detenção ou retenção da água da chuva, o fluxo de água escoado pelas ruas e calçadas tende a diminuir, o que reduz a capacidade de arraste de material pelas enxurradas e colabora para a redução da poluição difusa dos recursos hídricos.

Deve-se considerar, portanto, os seguintes aspectos positivos na avaliação de sistemas de aproveitamento de água de chuva quando analisados no âmbito da bacia hidrográfica:

- redução da demanda de água potável do sistema público de abastecimento (substituição de fontes – prática de conservação de água);
- redução dos picos de vazão que provocam inundações e riscos de alagamento quando aplicada em larga escala e de forma planejada, segundo aspectos técnicos a serem abordados na sequência deste capítulo;
- atenuação da poluição difusa que chega aos corpos d’água especialmente quando os sistemas de aproveitamento de água de chuva são utilizados em conjunto com outras medidas que visem a este fim.

A captação de água de chuva com essas finalidades é uma prática difundida em países como Alemanha e Japão (Furumai, 2008; Steffen et al., 2013). Segundo Kreska (1993, apud Herrmann & Schmida, 1999), prefeituras, como a de Hansestadt Hamburg (Alemanha), promovem incentivos ou subsídios para a disseminação do uso desta tecnologia, especialmente em locais onde existe o sistema coletor unitário para águas pluviais e esgotos.

Ainda na Alemanha e segundo dados da United Nations Environment Programme (UNEP), em 1998, um sistema de aproveitamento de água de chuva foi introduzido em Berlim como parte da reestruturação em larga escala da Daimler Chrysler Potsdamer Platz com o objetivo de controle de inundações, economizar água e criar um microclima urbano melhor, com a utilização das águas captadas a partir de 32.000 m<sup>2</sup> de telhados de 19 edificações.

Furumai (2008) destaca que a captação de água de chuva em Tóquio é realizada não apenas em escala individual mas também em larga escala para um amplo espectro de usos distintos, como a descarga de vasos sanitários, sistemas de refrigeração, recarga de lençol freático e reservas de água para emergências.

Vem de Tóquio um exemplo de sistema público de captação de águas de chuva com escala impressionante, conhecido como “Sistema de drenagem da área metropolitana” ou “G-Cans”. O sistema não foi concebido como um sistema de aproveitamento de água de chuva, mas como um sistema de manejo de águas pluviais com o objetivo de reduzir o risco de enchentes. Este sistema é composto por 6,4 km de túneis que ligam cinco reservatórios, de 65 m de altura e 32 m de diâmetro cada um, a um tanque de dimensões impressionantes (25m x 177m x 78m) a partir de onde é realizado o bombeamento da água acumulada para o rio Edo.

Quando observada fora do âmbito local, a importância da análise da viabilidade econômico-financeira dos sistemas de aproveitamento ou manejo de águas pluviais quer, seja de grande porte, como o caso de Tóquio, ou de pequeno porte, como aqueles utilizados para complementação do abastecimento predial aplicados em larga escala, pode ser estimada com base na dimensão dos valores implícitos nos prejuízos causados por alagamentos e inundações justificando, assim, a execução de grandes investimentos, quando necessário for.

O artigo veiculado pela Agência FAPESP (2013) citando estudo realizado por Haddad e Santos, da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP, estima o prejuízo causado pelas inundações em São Paulo: “cada ponto de alagamento formado na cidade de São Paulo após uma chuva forte um prejuízo diário de mais de um milhão de reais. Com 749 pontos de alagamento identificados na cidade, as perdas anuais no âmbito do município chegam a quase R\$ 336 milhões o espraçamento dos efeitos pelas longas cadeias de produção e renda, o prejuízo vai a mais de R\$ 762 milhões, em escala nacional.”

A adoção em larga escala de captação de água nas edificações é uma das práticas que podem colaborar no manejo das águas de drenagem em ambientes urbanos, no sentido de reduzir a necessidade da captação de águas de drenagem em sistemas públicos de atenuação de picos de cheia, como reservatórios de detenção (piscinões).

O grande incentivo para a realização deste tipo de ação deve ser proveniente da articulação institucional das esferas de governo com os gestores das águas urbanas, como as agências de bacias, comitês de bacias e prestadores dos serviços de saneamento. Atuando de forma associada, essas instituições podem estabelecer programas abrangentes e propiciar diversas formas de incentivo aos usuários prediais, dentre os quais a redução de impostos, tarifas e taxas para incentivar a captação, detenção ou retenção de água nos lotes.

Por outro lado, legislações que tornem compulsório o aproveitamento predial de água de chuva podem esbarrar em riscos diversos, principalmente quando incidem sobre edificações existentes, além de impossibilidades técnicas que dificultam a implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva em ambiente urbano, de forma ampla e facilitada.

A implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva deve ser baseada na avaliação de viabilidade técnica específica pertinente a cada imóvel, consideradas as condições particulares. Na ótica do benefício coletivo se amplia a complexidade do estabelecimento de conjunções genéricas pois há, neste caso, que combinar o benefício coletivo e o particular a fim de que as ações alcancem benefícios efetivos para a coletividade.

## 5 VIABILIDADE TÉCNICA

Um sistema urbano usual de captação e aproveitamento de água de chuva em edificações é composto por uma área de captação, usualmente um telhado ou laje de cobertura; elementos de condução da água até o ponto de tratamento – calhas e tubos de queda; sistema de tratamento da água coletada; um sistema de reservação que pode ser composto por reservatórios subterrâneos para água de chuva, sistemas de bombeamento, reservatório superior de água de chuva, sistema de alimentação do reservatório de água de chuva por água potável em casos de estiagem e um sistema de distribuição da água de chuva até os pontos definidos pelo projetista para oferta de água de uso não potável.

A maioria dos elementos constituintes do sistema de aproveitamento de água de chuva pode ser encarada como inexistente em uma edificação convencional. As diretrizes de projeto disseminadas no meio técnico têm como base a possibilidade de definição do sistema ainda em fase de projeto, ou seja, preveem a utilização de sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações ainda não existentes, caso em que há certa liberdade de atuação do projetista em relação aos sistemas prediais hidráulico-sanitários o que inclui a determinação do local de instalação de sistemas de reservação e tratamento das águas de chuva. Tem-se, como principais obstáculos técnicos para este caso, a manutenção do padrão arquitetônico definido e a disponibilidade de área/local para implantação dos diversos componentes do sistema.

A análise da viabilidade técnica de implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva se torna mais complexa quando sua instalação não é proposta para uma edificação nova, ainda em fase de projeto, mas sim, como para a grande maioria dos casos, em edificações existentes e que não incorporaram a possibilidade da utilização desse sistema em seu projeto original.

No município de São Paulo, como na grande maioria dos municípios do Brasil, os padrões arquitetônicos utilizados em edificações existentes são os mais variados possíveis. Podem ser encontradas casas construídas de forma isolada em seus terrenos, com recuos frontais, laterais, jardins e quintais (Figura 1) e, em contrapartida, também são comuns outras tipologias construtivas como, por exemplo, casas ou sobrados geminados sem recuo frontal com uma área mínima livre, usualmente nos fundos do lote (Figura 2), o que pode tornar bastante complexa a tarefa de implantar reservatórios para o acúmulo de água de chuva.



Figura 1. Edificações isoladas - tipologia mais facilmente adaptável à instalação de sistemas de aproveitamento de água de chuva  
Foto: Luciano Zanella



Figura 2. Edificações geminadas – ausência de área para instalação de reservatórios para águas de chuva  
Foto: Thiago Salaberga Barreiros

Esta diferença de tipologias arquitetônicas é um dos pontos que devem ser analisados quando se busca verificar a viabilidade técnica da instalação de um sistema de captação de água de chuva.

Pode-se destacar, de forma geral, como alguns dos principais pontos que devem ser observados de modo a nortear a possibilidade de instalação de um sistema de captação, tratamento e aproveitamento de água de chuvas em edificações:

- formas de ocupação do terreno – existência de recuos e espaços livres não utilizados que possam ser aproveitados para instalação do sistema de tratamento, reservação e bombeamento das águas captadas;
- existência de espaço livre suficiente para abrigar as instalações necessárias – a instalação de um sistema de aproveitamento de água de chuva traz consigo a necessidade de instalação de uma série de equipamentos, dentre eles os reservatórios – usualmente um inferior de maior capacidade e um superior, de menor capacidade – unidades de grande volume e que necessitam de áreas adequadas de instalação.
- configuração de telhados – área do telhado, número de águas, material de confecção das telhas, existência de calhas, número de pavimentos, posição relativa do telhado etc;
- sistema construtivo empregado – a edificação deve ter resistência mecânica suficiente para suportar a instalação de equipamentos e dispositivos de captação, transporte, tratamento e armazenamento da água captada;
- capacidade estrutural de suporte da carga extra gerada por um novo reservatório – muitas vezes a edificação não tem capacidade para suportar um reservatório superior, necessário à distribuição da água de chuva por gravidade nos pontos de consumo, necessitando, portanto, de reforço estrutural adequado;
- Possibilidade de isolamento das linhas de abastecimento de água que serão supridas com água de chuva, de forma que não exista a conexão cruzada (interligação da tubulação que conduz água de chuva com aquela que conduz água potável).

Ainda devem ser considerados pontos de análise os fatores relativos à qualidade e quantidade de água possível de se obter. Deve ser observado o regime pluviográfico da região na qual se deseja instalar o sistema de aproveitamento de água de chuva de maneira a identificar a oferta de água disponível e os requisitos dos usos não potáveis pretendidos.

Para boa parcela da região sudeste, por exemplo, apesar do alto volume médio anual de chuvas, (1376 mm anuais para a cidade de São Paulo, segundo o CEPAGRI ), o regime pluviográfico é caracterizado por um período de chuvas intensas concentradas nos meses de verão (dezembro a março) e um período de chuvas escassas durante os meses de inverno (julho a setembro) (Figura 3).

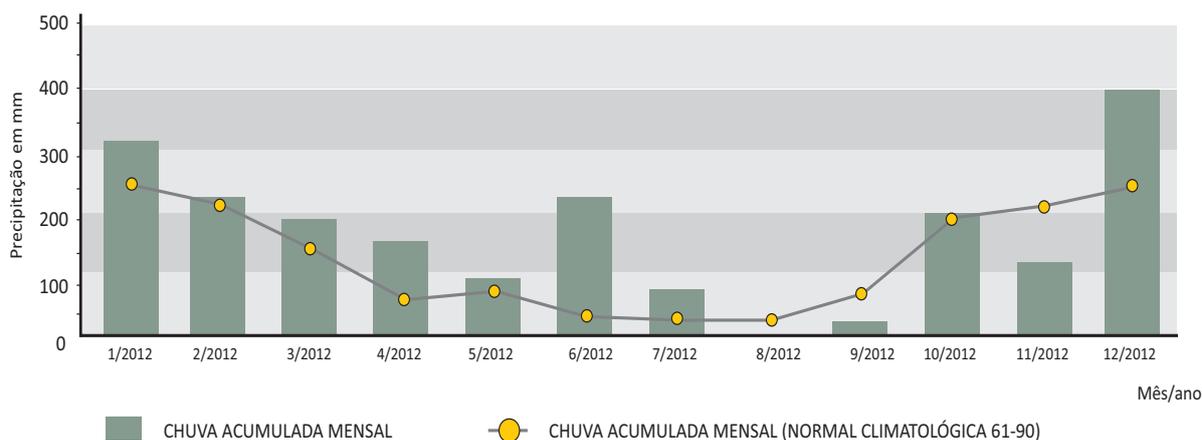


Figura 3. Chuva acumulada mensal X Chuva Normal Climatológica (61-90) para o ano de 2012 (São Paulo)

Fonte: INMET [http://www.inmet.gov.br/sim/gera\\_graficos.php](http://www.inmet.gov.br/sim/gera_graficos.php) acesso em 13/09/2013.

A concentração das chuvas em um curto período de tempo e a ocorrência de diversos dias seguidos de estiagem dificultam a reservação de quantidade suficiente de água para suprir as demandas selecionadas ao longo de todo o ano. Como as chuvas se concentram em alguns meses do ano, os reservatórios teriam, para a opção de abastecer integralmente determinada demanda com água de chuva, que ser grandes o suficiente para acumular água durante o período de chuvas intensas de forma a suprir a demanda nos meses de seca; entretanto, nem sempre esta solução será tecnicamente viável em razão das grandes capacidades requeridas para os reservatórios, as dificuldades de manutenção da qualidade da água armazenada por períodos relativamente longos e outros aspectos, como disponibilidade de espaço, capacidade estrutural etc. Além disto, soluções que requeiram grande capacidade de reservação podem não ser viáveis, como já mencionado, sob a ótica econômica.

Aspectos naturais relativos ao clima do local, como a direção e a intensidade dos ventos, proximidade ao mar, presença de vegetação no entorno e os períodos de estiagem, apresentam impacto sobre a quantidade e qualidade da água possível de ser obtida.

Períodos extensos de estiagem, por exemplo, possibilitam o acúmulo sobre as superfícies de captação, de contaminantes que são carreados pelas primeiras chuvas após a estiagem para o sistema de aproveitamento de água de chuva, justamente quando as cisternas estão vazias ou com grande volume disponível para receber as águas. Para evitar que a água de baixa qualidade contamine o sistema, deve ser prevista uma etapa de tratamento.

Além das condições climáticas as atividades realizadas no entorno do ponto de captação têm grande influência na qualidade da água obtida. Em zonas urbanas mais adensadas existe a tendência da água obtida ser de qualidade inferior necessitando, assim, de um sistema de tratamento mais complexo. Tráfego intenso, atividade industrial e grandes movimentações de terra, são algumas das atividades que exercem impacto na qualidade da água obtida.

Em pesquisa realizada por Zanella et al., (2009) constatou-se variação significativa na qualidade da água de primeira chuva após período de estiagem para três pontos de coleta dentro do município de São Paulo, distantes de 2 a 4 km entre si. A opção dos autores pela avaliação das águas de primeira chuva após o período de estiagem foi motivada por se tratar de uma das piores condições ambientais possíveis de serem enfrentadas por um sistema de captação de água de chuva: a ausência de tratamento e a captação após período de estiagem mínimo de 5 dias, quando existe volume vazio a ser preenchido na cisterna.

Os pontos selecionados para a verificação apresentavam características do entorno bastante diferentes, apesar da proximidade, conforme (Zanella et al., 2009):

- Ponto 1 – localizado no campus do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, recebia a água de um telhado confeccionado em telhas de fibrocimento instalado em uma edificação térrea em local de circulação média de veículos e cercada por árvores;
- Ponto 2 – localizado na CEAGESP - Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo, recebia água de um telhado de fibrocimento instalado em uma edificação térrea nas proximidades de vias de intenso tráfego de veículos;
- Ponto 3 – edificação residencial assobradada com cobertura em telhas cerâmicas, localizada no bairro Alto de Pinheiros, em região predominantemente residencial, parcialmente arborizada, com predominância no entorno próximo de edificações residenciais térreas ou assobradadas e em região com pouco movimento veicular.

O aspecto das amostras coletadas pode ser observado na Figura 4.



A. Amostra de água ponto IPT  
6 dias sem chuva



B. Amostra de água ponto CEAGESP  
26 dias sem chuva



C. Amostra de água ponto Residência  
15 dias sem chuva

Figura 4. Aparência das amostras de água de primeira chuva

Fonte: Zanella et al. (2009)

Segundo os supracitados autores, ocorre grande variabilidade entre as características da água de chuva coletadas de região para região, inclusive dentro da mesma cidade, dependendo das características e das atividades desenvolvidas no entorno do ponto de captação. A análise da água de primeira chuva apresentou características próximas às do esgoto sanitário indicando a necessidade de se realizar o tratamento das águas de chuva, em especial o descarte de primeira chuva (first flush), considerado fundamental em um sistema de aproveitamento de água de chuva em região urbana.

A norma NBR 15527 - Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisito (ABNT, 2007) recomenda que, na ausência de outra fonte de informação mais precisa, se utilize o descarte dos primeiros 2 mm de cada chuva. Pesquisas realizadas no âmbito do ProSab – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (Gonçalves, 2006) sugerem o descarte do primeiro milímetro de cada chuva. Em ambas as referências está implícito que o descarte de primeira chuva deve ser realizado de forma permanente, isto é, para todos os eventos de precipitação, independentemente do evento ocorrer após longo período de estiagem ou no em período de precipitações frequentes.

O mercado nacional de componentes e equipamentos industrializados para tratamento de águas de chuva é bastante restrito e não conta com uma linha completa de produtos disponíveis para descarte, filtragem, desinfecção e armazenamento de água de chuva para uso específico em edificações existentes. Os produtos comercializados são, em sua maioria, idealizados para instalação em edificações nas quais o sistema é concebido de forma integrada ao projeto arquitetônico e hidráulico-sanitário baseado na utilização de um sistema de tratamento das águas logo após sua captação e de dois reservatórios, um inferior enterrado e outro superior além de um sistema de bombeamento de água que propicia o abastecimento do reservatório superior e a distribuição da água de chuva por gravidade, para os pontos de interesse. Este modelo convencional exige significativas obras civis e hidráulicas para ser instalado em imóvel existente.

A instalação dos sistemas em edificações existentes leva a duas possibilidades quanto ao tipo de intervenção no edifício, em especial quanto às intervenções necessárias ao sistema hidráulico, baseado no uso que se queira dar à água de chuva.

A forma mais radical de intervenção consiste na adoção da prerrogativa do atendimento da maior demanda possível pela substituição da água potável pela água de chuva para fins não potáveis, o que significa, para um edifício residencial, a utilização da água de chuva para usos externos, como rega de hortas e jardins e lavagem de pisos e veículos e para o uso interno em descargas de bacias sanitárias e, eventualmente, em lavagem de roupas. Este uso interno da água de chuva à edificação exige alterações na instalação predial de distribuição de água, minimamente pela separação das prumadas de água potável que seguem para pias, lavatórios, tanques, chuveiros, daquela do vaso sanitário que deverá ser abastecida pela água de chuva. Intervenção desse tipo também exige, pelo menos, a colocação de um reservatório superior extra que sirva à prumada de água de chuva, e um sistema de tratamento, ou seja, baseia-se na aplicação do modelo convencional de sistema de aproveitamento com todos os seus componentes, em uma edificação existente. É um tipo de instalação com necessidades consideráveis de obras civis e intervenções. A adaptação desses sistemas e estruturas em edificações já existentes se mostra como complicador na difusão da aplicação da prática do aproveitamento de água de chuva em larga escala, quer seja para proporcionar uma fonte complementar de água, quer seja como uma política pública de incentivo de redução de inundações e alagamentos.

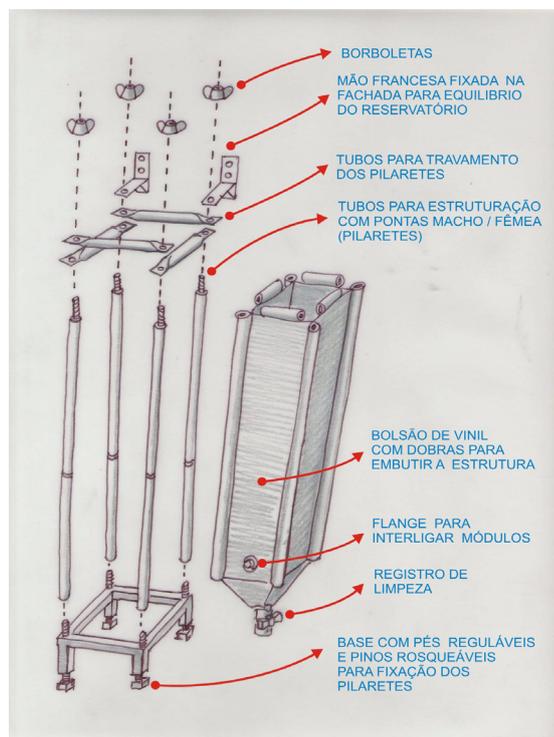
A segunda possibilidade considera somente a água de chuva para os usos externos e leva ao sacrifício do uso interno da água de chuva para descarga de bacias sanitárias em substituição da água potável diminuindo a intervenção necessária no sistema de distribuição de água no interior da edificação. Tal alternativa consiste na criação de um sistema independente de água não potável instalado, muitas vezes, de modo aparente

nas edificações já existentes sem a necessidade de demolições ou grandes obras como a construção de um reservatório enterrado e sem prejudicar espaços funcionais, minimizando o custo de implantação e encorajando uma mudança na rotina do uso da água nas residências. Este sistema, de forma a manter sua independência em relação à rede hidráulica potável existente, pode abranger os usos externos à edificação como irrigação e limpeza, de modo geral (veículos, fachadas e pisos etc.).

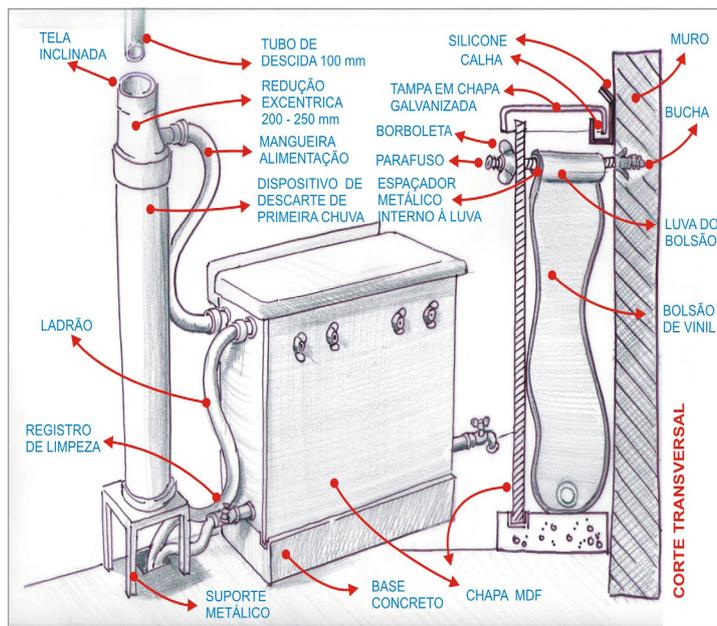
A utilização da água de chuva somente para os usos externos permite montagens mais simplificadas e mais baratas. Concepções de equipamentos para esta finalidade foram desenvolvidas por Cilentto (2009) baseadas em pesquisas de campo realizadas na zona oeste de São Paulo em que foram verificados os espaços livres disponíveis em casas existentes para a instalação de sistemas de aproveitamento de água de chuva.

Foram desenvolvidas concepções de reservatórios simples e um equipamento compacto de filtração e descarte de água de primeira chuva que pudesse ser colocado facilmente nas áreas livres existentes nas edificações para a alimentação de usos externos.

Os sistemas de reservação desenvolvidos por Cilentto (2009) tomaram, por princípio, a necessidade de menores volumes de armazenagem de água e a possibilidade de sua reservação de forma modular, o que visa facilitar a viabilidade técnica da instalação dos sistemas. Algumas das concepções desenvolvidas para reservação de água de chuva podem ser vistas nas Figuras 5 e 6.



A. Concepção vertical



B. Concepção horizontal

Figura 5. Concepção de reservatórios modulares esbeltos para aproveitamento de água de chuva para uso externo em edificações existentes em meio urbano

Fonte: Cilentto (2009)



Figura 6. Sugestões de posicionamento de reservatórios modulares esbeltos para aproveitamento de água de chuva para uso externo em edificações existentes em meio urbano

Fonte: Cilentto (2009)

Ressalta-se, mais uma vez, que a capacidade de suportar o peso extra do reservatório e da água deve ser alvo de avaliação para cada edificação antes da utilização de reservatórios elevados ou suspensos. Quando a edificação não apresentar características de resistência suficiente uma solução diferente deve ser adotada de forma a não comprometer a segurança dos moradores; não havendo atendimento a tal requisito deve-se concluir, para o caso, pela não viabilidade técnica de instalação do sistema de aproveitamento de água de chuva.

Os reservatórios esbeltos são facilmente encontrados no mercado de equipamentos para aproveitamento de águas de chuva em países como Austrália e Alemanha, mas ainda são raros no mercado brasileiro.

Um conceito interessante para armazenamento de água para áreas com pouco espaço disponível foi elaborado por José Vicente da Silva (UNICAMP, 2005), conforme pode ser observado na Figura 7. O reservatório é fixado de forma suspensa junto às paredes da edificação e proporciona altura suficiente para sua utilização direta nos usos externos sem necessidade de bombeamento.

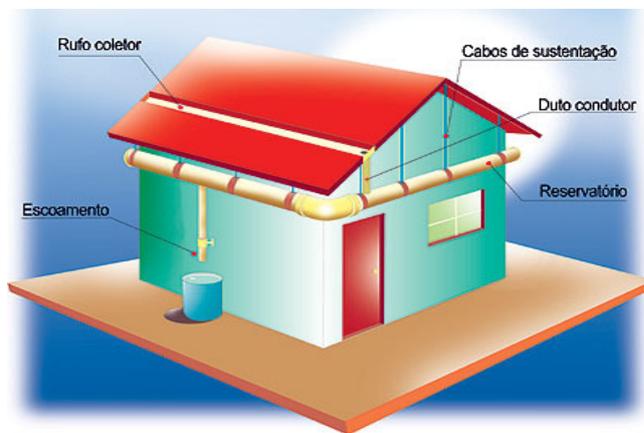


Figura 7. Representação esquemática de reservatório horizontal elevado para água de chuva

Fonte: Unicamp (2005)

A viabilidade técnica de um sistema, além da abrangência dos usos e da forma de instalação, passa pela seleção dos equipamentos mais adequados para o tratamento da água, pelo dimensionamento dos volumes e formas de reservação. Fatores que têm importância primordial no tipo de água que será obtida no ponto de utilização e impactam o custo final do sistema refletindo na viabilidade econômico-financeira do sistema.

Diversos autores apontam o reservatório como peça de fundamental importância na viabilidade técnica e econômica dos sistemas de água de chuva. Existem alguns métodos mencionados pela norma NBR 15527 (ABNT, 2007) além daqueles sugeridos por pesquisadores (Gonçalves 2006; Mierzwa et al. 2007, Cecin, 2012) como alternativas de auxílio ao projetista para o dimensionamento do reservatório. A seleção do método mais apropriado fica a critério do projetista e pode levar a reservatórios de volumes bastante diferentes. Alguns dos métodos existentes são empíricos, outros baseados na regularização do volume a ser fornecido ao longo do ano, outros ainda baseados no número de dias consecutivos sem chuvas que o sistema deve suprir. Os métodos que associam a disponibilidade de águas de chuva à demanda efetiva por usos não potáveis são os que racionalizam, de maneira mais adequada, o volume de reservação de água de chuva a ser implantado.

O método de dimensionamento de reservatórios para sistemas de aproveitamento de água de chuva proposto por Cecin (2012), a partir de uma adaptação do método proposto por Mierzwa et al. (2007), apresenta algumas diferenças interessantes em relação aos métodos citados pela norma NBR 15527 (ABNT, 2007). O método é baseado na relação oferta e demanda de água e também leva em conta a viabilidade financeira da adoção do sistema de aproveitamento. Um dos principais pontos de diferença é que o método proposto considera que o sistema de aproveitamento de água de chuva é dimensionado para reduzir o consumo de água potável e não para criar uma nova fonte de abastecimento, de forma que o volume de reservação não precise suprir a demanda de água para uso não potável de forma integral ao longo do tempo, prevendo que, em parte do ano quando ocorre o período sem chuvas, a demanda deva ser suprida por água do sistema público de abastecimento.

A opção pela reservação do volume de água de chuva suficiente para abastecer os usos pretendidos durante todo o ano não se tem mostrado como a melhor opção possível para os regimes de chuva encontrados em boa parte do Brasil. A reservação de volumes menores de água, mesmo fazendo com que seja, em parte do ano, necessário recorrer ao uso de água potável, tem se mostrado a melhor opção técnica e econômica.

Resultados obtidos por Cecin (2012) indicam que, para a utilização de água de chuva em uma escola no município de São Bernardo do Campo, o atendimento de cerca de 50% do consumo anual é a melhor opção com base em critérios econômico-financeiros.

Nos períodos de estiagem deve-se realizar a alimentação do reservatório de água de chuva com água potável, segundo Alves et al. (2009) atentando-se, porém, para os devidos cuidados a fim de evitar uma contaminação cruzada do sistema predial de distribuição de água potável. A forma mais indicada para a complementação da alimentação por água potável é seu fornecimento diretamente no reservatório superior de água pluvial, seja por gravidade a partir do reservatório superior de água potável que deve ser posicionado em uma altura superior ao reservatório de água pluvial ou, ainda, através do bombeamento da água potável para o reservatório de água de chuva. Em ambos os casos ou qualquer solução adotada, deve ser observada a norma brasileira NBR 5626 – Instalação predial de água fria (ABNT, 1998) que exige uma separação atmosférica de no mínimo 5 cm entre o tubo de alimentação de água potável e o reservatório de águas pluviais.

É no dimensionamento do reservatório que também reside um ponto chave referente ao agente beneficiado pelo sistema de aproveitamento de água de chuva. Usualmente, todo o sistema é pensado para satisfazer as necessidades do usuário final, ou seja, salvo condição específica de projeto, manter o reservatório com água de chuva pelo maior tempo possível para suprir as demandas de usos não potáveis. Entretanto, o

sistema de aproveitamento de água de chuva pode ser desejado para suprir o benefício coletivo de redução dos riscos de alagamentos e, para tanto, deve ter volume vazio disponível para ser preenchido pela água de chuva assim que ocorre a precipitação. A superação desta dualidade de necessidades pode ocorrer pelo dimensionamento de reservatórios maiores em que uma parcela do volume de reservação é projetada para suprir as demandas do usuário e uma parcela adicional é projetada para capturar a água de chuva visando à redução das cheias. Esta parcela adicional deve ser descartada após a ocorrência da chuva, de maneira que o reservatório mantenha um volume livre para receber nova chuva, assim que ela ocorra.

Como já mencionado o reservatório é considerado, por muitos autores, a parte mais cara do sistema de aproveitamento de água de chuvas. O superdimensionamento do reservatório para receber, de forma constante, as águas de chuva para evitar os alagamentos, implica em um custo adicional ao sistema que pode ser atenuado por meio de políticas públicas ou através de programas de incentivo, como desconto nas contas de água, nas taxas ou tarifas relativas aos serviços urbanos de drenagem ou nos impostos territoriais urbanos, por exemplo.

A água coletada de forma a atenuar as cheias também deve ser submetida ao sistema de tratamento das águas de chuva para que sua introdução no reservatório não contamine a água armazenada para o consumo.

Como sistema mínimo de tratamento recomenda-se a separação da água de primeira chuva e a utilização de um filtro de sólidos grosseiros que impeça a entrada na cisterna de folhas, gravetos, insetos, penas e pelos de animais etc.

Não foi encontrado ainda, no mercado nacional, um sistema de separação da água de primeira chuva que possa ser facilmente adquirido pelos consumidores finais. A concepção mais utilizada para esse tipo de solução pode ser visualizada de forma esquemática, na Figura 8. Este equipamento é formado por um reservatório devidamente dimensionado para descartar um volume predeterminado de água, baseado no tamanho da área de captação. No interior do reservatório é colocada uma esfera com densidade menor que a da água e tamanho suficiente para barrar a entrada de água no reservatório quando o volume de descarte for atendido. Uma variação do sistema pode usar torneira de boia.

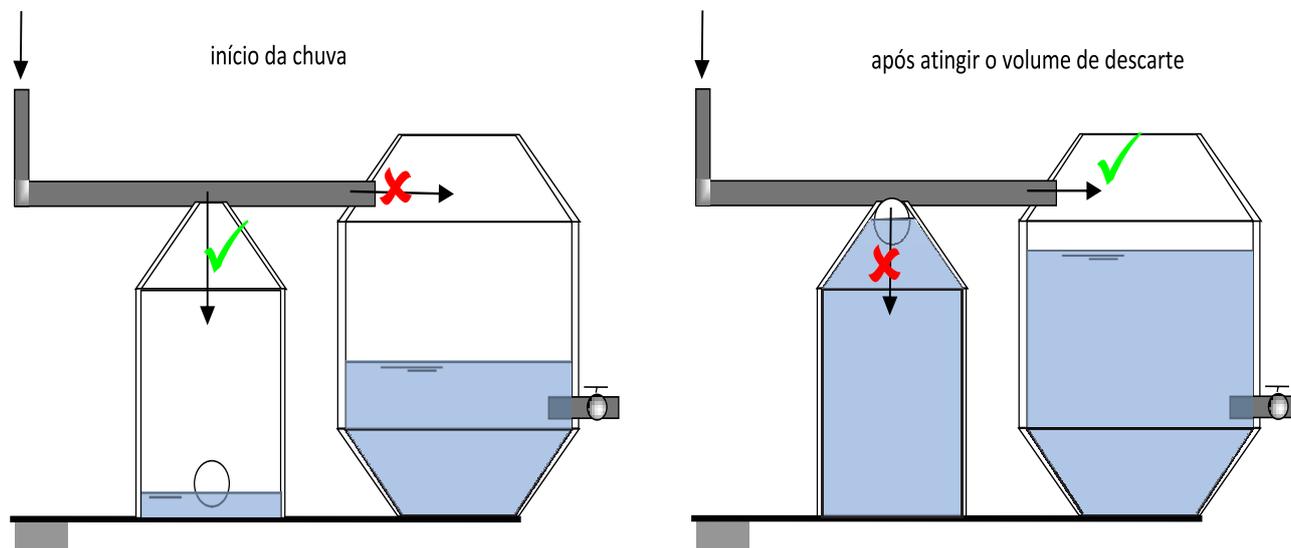


Figura 8. Representação esquemática do sistema de separação de água de primeira chuva  
 Fonte: Zanella (2008)

Cilento (2009) desenvolveu e patenteou um sistema híbrido de separação de água de primeira chuva e separação de sólidos grosseiros. O sistema compacto foi concebido para instalação em edificações já existentes e para o aproveitamento de água de chuva para usos externos (Figura 9).

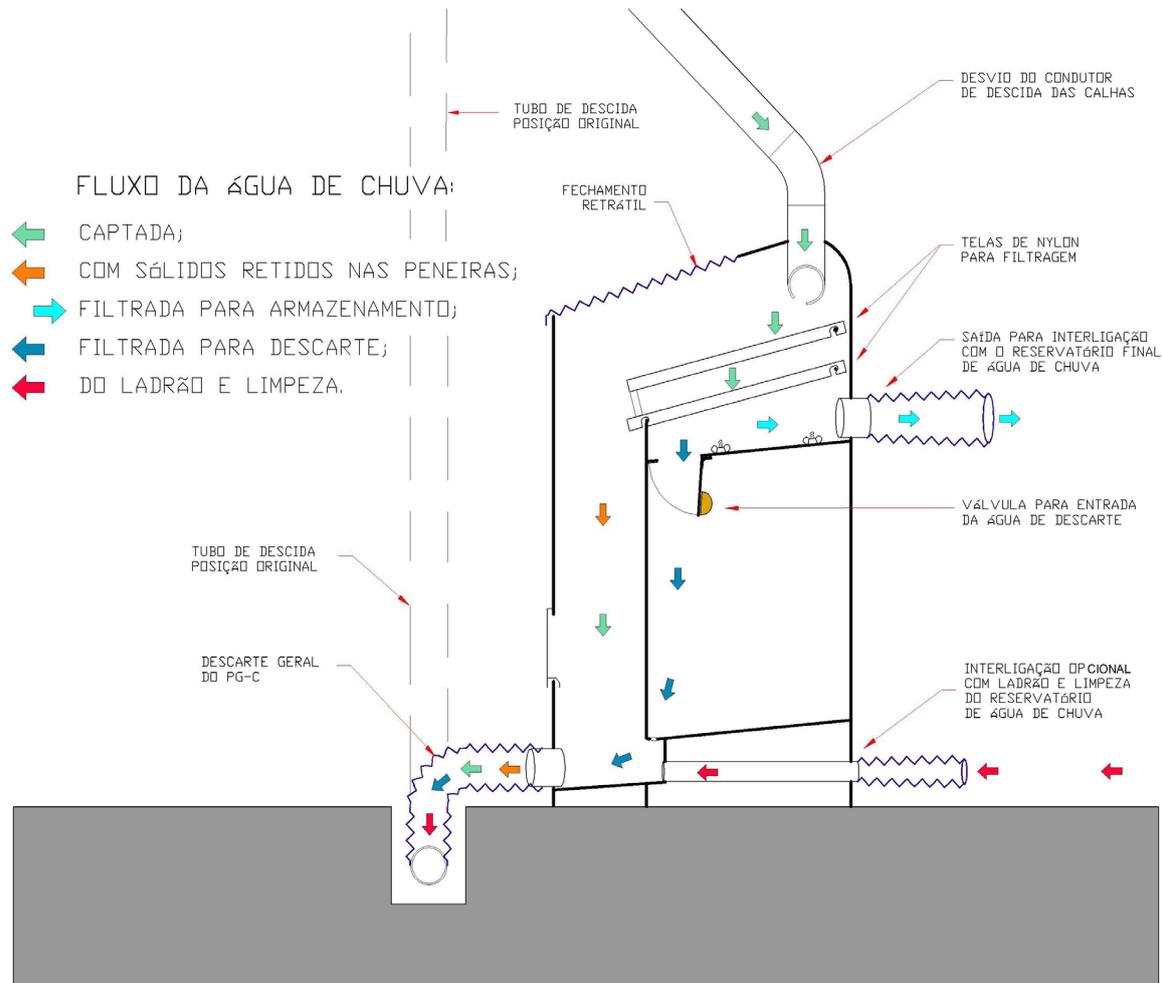


Figura 9. Representação esquemática do dispositivo de separação de água de primeira chuva e remoção de sólidos grosseiros PG-C  
Fonte: Cilento et al. (2012 b)

O sistema de tratamento para a água de chuva permite variações de concepção desde aquelas bastante simplificadas até arranjos com elevado grau de complexidade dependendo dos usos não potáveis pretendidos e do entorno do local onde será feita a captação.

Consideram-se os seguintes processos na concepção de um sistema de tratamento de água de chuva para meio urbano:

- descarte de água de primeira chuva – realizado por equipamentos ou dispositivos de descarte de um volume de água calculado com base na área de captação. É o responsável pela remoção das águas mais poluídas que arrastam os contaminantes depositados sobre as superfícies de captação e em suspensão no ar;

- filtração de material grosseiro – realizado por filtros de material grosseiro, equipamentos que contam com telas, grelhas ou malhas responsáveis pela remoção de galhos, folhas, pedriscos, insetos, penas, areia ou outro tipo de material particulado que se deposite sobre as superfícies de captação. Equipamento que pode ser encontrado no mercado.

- filtração de material fino – realizado por filtros de areia ou filtros de cartucho ou filtros de carvão, entre outros. É o responsável pela remoção de material particulado finamente suspenso na água, como fuligem ou determinadas partículas de poeira ambiental.

- floto-decantação – fenômeno físico que ocorre dentro das cisternas onde o material mais denso que a água se deposita junto ao fundo da cisterna e aquele menos denso permanece boiando junto à superfície. Para que ocorra de forma adequada, tanto a entrada quanto a retirada de água da cisterna devem ser bem projetadas, de forma a diminuir a ocorrência de turbulências que possam provocar ressuspensão desses materiais. Recomenda-se que o mínimo possível de material particulado alcance a cisterna.

- desinfecção – destina-se à remoção de contaminação biológica que pode ocorrer nas águas. As principais tecnologias aplicáveis aos sistemas de aproveitamento de águas de chuva são a adição de cloro e seus compostos, utilização de radiação ultravioleta e aplicação de ozônio.

A combinação desses processos, dentre outros possíveis, permite a obtenção de água de qualidade adequada aos usos propostos.

O sistema de tratamento tem impacto na viabilidade técnica e econômica das aplicações de sistemas de aproveitamento de águas de chuva de formas distintas:

- quanto à qualidade da água obtida – quanto mais eficiente o sistema de tratamento melhor a qualidade da água obtida e, conseqüentemente, mais usos não potáveis poderão ser atendidos por esta água.

- quanto à quantidade de água obtida – são vários os equipamentos destinados ao tratamento das águas que ocasionam perdas de água no sistema de tratamento. Usualmente, quanto mais equipamentos são adicionados ao tratamento, maiores são os volumes de água perdidos. Cita-se o descarte de água de primeira chuva como exemplo de perda de água inevitável no sistema de tratamento.

- quanto às exigências de instalação e manutenção do sistema escolhido. Via de regra, quanto mais sofisticado o sistema de tratamento, também maiores serão os recursos financeiros necessários para sua instalação. Ressalta-se que, por mais simples que o equipamento seja, sempre haverá requisitos de manutenção necessários ao seu correto funcionamento.

Os filtros de sólidos grosseiros para água de chuva, componentes mais utilizados em sistemas de aproveitamento dessas águas em ambiente urbano, se não corretamente especificados podem ter impacto negativo quanto à quantidade de água aproveitada pelo sistema. Este tipo de equipamento tem a eficiência de aproveitamento hidráulico específico dependente de características de projeto do componente e variável em função da vazão recebida, ou seja, diferentes equipamentos proporcionam taxas diferentes de aproveitamento de água para um mesmo volume de chuva precipitada (Zanella, 2008).

Esses equipamentos não trazem informações a respeito das melhores faixas de vazão para sua utilização, o que dificulta sua seleção pelo projetista. Pesquisas desenvolvidas no IPT (Zanella, 2008; Gonçalves, 2009), dentro do programa PROSAB, indicam que uma especificação mal realizada pode resultar em aproveitamento de água próximo ao nulo, mesmo com a ocorrência de chuvas intensas, como ilustrado na Figura 10.

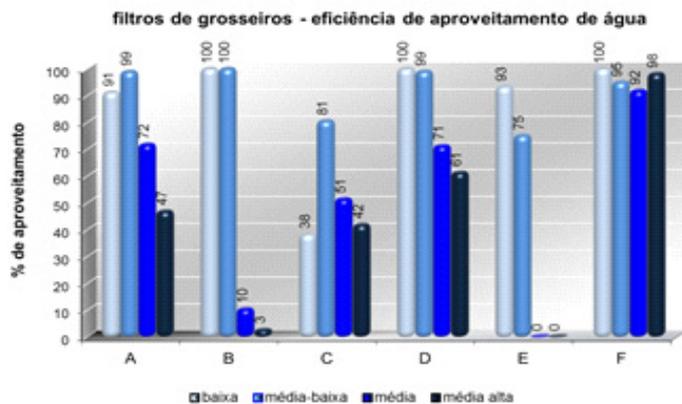


Figura 10. Percentual de água aproveitada por seis diferentes modelos de filtros de água de chuva quando submetidos a vazões padrão de teste  
Fonte: Zanella (2008)

sólidos retidos colmatavam rapidamente a superfície do filtro de forma que o aumento na perda de carga causada pelo componente levava à extravasão da água que entrava no sistema. Além disso, o filtro se tornava um elemento contaminante ao longo do tempo, tendo sido registradas situações nas quais a passagem da água pelo filtro levava à piora na sua qualidade. A manutenção do filtro de areia, para as condições encontradas na região, tinha que ser realizada a cada três ou quatro chuvas, o que se traduz em intervalos de poucas semanas, inaceitável tecnicamente para um sistema destinado a um usuário final residencial.

Em todo e qualquer sistema deve-se ressaltar que não somente a instalação deve ser avaliada, seja no aspecto econômico ou técnico. Para quaisquer sistemas, nos quais se incluem aqueles de captação e aproveitamento de água de chuva, devem ser previstas condições para sua manutenção. Recursos para reparos, substituição eventual de componentes, gastos com energia elétrica para o funcionamento da bomba e compra de eventuais produtos químicos, como aqueles necessários para desinfecção, devem ser previstos e levados em conta quando da opção pela utilização do sistema de aproveitamento de água de chuva. Os equipamentos instalados devem permitir o acesso para limpeza e verificação do funcionamento correto.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sistemas de aproveitamento de água de chuva podem apresentar múltiplos benefícios, tanto aos usuários das edificações quanto à coletividade, no caso de sua implantação em larga escala.

Apesar de sua implantação ser aparentemente simples e fácil, a viabilidade da utilização deste sistema deve ser avaliada caso a caso, tanto sob o aspecto econômico-financeiro quanto sob o aspecto técnico.

Quantidade e qualidade da água de chuva possíveis de se obter, usos pretendidos para a água obtida, equipamentos necessários ao tratamento, capacidade de reservação e gastos com operação e manutenção do sistema, são alguns dos aspectos que devem ser avaliados sob aspecto do usuário da edificação.

A instalação de equipamentos necessários ao correto funcionamento do sistema pode exigir mudanças no padrão arquitetônico-constructivo das edificações existentes que tornem sua utilização, em alguns casos, inviável. Cita-se a falta de espaço ou a falta de capacidade estrutural de suporte para reservatórios como

Além da eficiência de aproveitamento hidráulico também pode ser citada, como exemplo de viabilidade técnica do aproveitamento baseada na escolha do componente, entre tantos outros fatores, a manutenção exigida por determinados equipamentos. Durante experiências realizadas no IPT (Alves et al, 2009), no município de São Paulo, um filtro de areia foi utilizado para remoção dos sólidos finos presentes na água de chuva captada em região próxima a vias de grande circulação de veículos. A opção pelo filtro mostrou-se tecnicamente acertada, pois foi capaz de proporcionar a remoção dos sólidos finos mas o problema veio com poucos meses de uso. Os

alguns dos fatores com maior probabilidade de tornar tecnicamente inviável a instalação de um sistema de aproveitamento de águas de chuva em ambiente urbano.

Os equipamentos utilizados para o sistema de captação, transporte, tratamento e distribuição da água devem ser especificados e projetados corretamente, de forma a reduzir as perdas de água inerentes ao sistema.

Além dos benefícios diretos o sistema deve ser avaliado quando à possibilidade de ganhos indiretos e benefícios coletivos, como a possibilidade de auxílio às boas práticas de drenagem urbana, redução da necessidade de exploração de novos mananciais e como boa prática de manejo de águas de drenagem para a diminuição da poluição difusa, ou seja, as diversas esferas de análise possíveis podem ser consideradas para a tomada de decisão utilizando-se uma visão ampliada do assunto.

As especificidades do sistema sugerem que as políticas públicas ou os incentivos provenientes dos gestores das águas, seriam a melhor forma de disseminar o aproveitamento de água de chuva em meio urbano, enquanto a obrigatoriedade de sua utilização, por força de lei, poderia esbarrar em dificuldades técnicas muitas vezes intransponíveis e que poderiam colocar em risco a segurança do usuário.

Apesar da análise referente ao sistema ter sido embasada no presente capítulo, quanto à viabilidade econômico-financeira e técnica, existem vários outros aspectos, alguns dos quais de difícil quantificação, que podem ser levados em conta na opção pela instalação de sistemas de aproveitamento de água de chuva em meio urbano, como a sensação de segurança proporcionada ao usuário em relação à existência de uma fonte alternativa de água, os benefícios ambientais trazidos com a prática do aproveitamento de água de chuva, benefícios de imagem e até mesmo o resgate cultural de uma prática que há pouco tempo era comum e, em muitas localidades, foi abandonada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5626 - Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998. 41p.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527 - Água de chuva -Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007. 5p.
- Agência FAPESP. Prejuízo ao país com enchentes em São Paulo ultrapassa R\$ 762 milhões por ano. Agência FAPESP. <http://agenciafapesp.br/16968>. 20 Jan. 2013.
- Alves, W. C.; Zanella, L.; JO, A. C.; Soares, W. C. Procedimentos operacionais em sistemas de aproveitamento de água de chuva no IPI. In: Assembleia Nacional da ASSEMAE., 39. 2009, Gramado. Anais Eletrônicos... Gramado: ASSEMAE, 2009. 20p.
- Ayub, O. Método de análise preliminar de viabilidade econômica de implantação de sistema para aproveitamento de água de chuva em residências. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 2007. 114p. Dissertação Mestrado
- Cecin, J. A. Aproveitamento de água de chuva em escola municipal de ensino básico - Estudo de caso. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 2012. 110p. Dissertação Mestrado
- Cilento, F. C. Soluções para o aproveitamento de água pluvial em edificações existentes por meio do desenvolvimento de reservatórios de descarte e armazenamento. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 2009. 112p. Dissertação Mestrado
- Cilento, F. C.; Zanella, L., Alves W. C. Captação de água de chuva em construções existentes - estratégia de implantação em áreas sob risco de enchentes no município de São Paulo. In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais... 15, 2012, Belo Horizonte: IVIG, 2012a. CD Rom.

- Cilento, F. C.; Zanella, L., Alves W. C. Desenvolvimento de equipamento para remoção de sólidos e descarte da primeira chuva. In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e ambiental. Anais ... Belo Horizonte: IVIG, 2012b. CD Rom.
- Fletcher, T. D.; Deletic, A.; Mitchell, V. G.; Hatt B. E. Reuse of Urban Runoff in Australia: A Review of Recent Advances and Remaining Challenges. *Journal of Environmental Quality*. v.37, p.S-116 -S-127, 2008.
- Furumai, H. Rainwater and reclaimed wastewater for sustainable urban water use. *Physics and Chemistry of the Earth*, n.33 p.340-346, 2008.
- Goncalves, R. F. (org.). *Uso racional da água em edificações*. 1.ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 352p
- Goncalves, R. F. (org.). *Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água*. 1.ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 352p.
- Herrmann, T.; Schmida, U. Rainwater utilization in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. *Urban Water*, v.1, p.307-316, 1999.
- Jó, A. C. Balanço hídrico e energético de um sistema predial de aproveitamento de água de chuva. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2011. 152p. Dissertação Mestrado
- Kiperstok A. (org.). *Prata da casa: Construindo produção limpa na Bahia*. Salvador: [s.n.]. Rede de tecnologias limpas-Teclim/Universidade Federal da Bahia-UFBA. 2008. 446p.
- Mierzwa, J.C. Hespanhol, I.; Silva, M.C.C. da; Rodrigues, L. de B. Águas pluviais: Método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado. *Revista de Gestão de Águas da América Latina*, v.4, p.29-37, 2007.
- Steffen, J.; Jensen, M.; Poivierom, C. A.; Burian, S. J. Water supply and stormwater management benefits of residential rainwater harvesting in U.S. cities. *Journal of the American Water Resources Association*, v.49, p 810-824, 2013.
- UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. Trabalho de aluno do CESET é premiado. *Jornal da Unicamp*. Versão on line. [http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp\\_hoje/ju/maio2005/ju287pag8b.html](http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/maio2005/ju287pag8b.html) ano XIX, nº 287, p.8. 25 Nov. 2005.
- Vivacqua, M. C. R. *Qualidade da água do escoamento superficial urbano - revisão visando o uso local*. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005. 185p. Dissertação Mestrado
- Zanella, L. *Alternativas de aproveitamento de água de chuva visando conservação de água e energia*. Relatório FINEP-PROSAB - Edital 5, Rede 4. 2008. 100p.
- Zanella, L.; Alves, W. C.; Santos, M. F. L. Avaliação da qualidade da água de primeira chuva escoada de coberturas na zona oeste da cidade de São Paulo após período de estiagem. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25, 2009, Recife, Anais... Recife: ABES. 2009. CD Rom.

# CAPÍTULO 8

## EXPERIÊNCIA MEXICANA SOBRE CAPTAÇÃO, APROVEITAMENTO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA\*

José Arturo Gleason Espíndola

\* Traduzido do original em espanhol por: Johann Gnadlinger

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4

 **INSA**  
INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

# EXPERIÊNCIA MEXICANA SOBRE CAPTAÇÃO, APROVEITAMENTO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	171
<b>2 REVISÃO HISTÓRICA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA NO MÉXICO</b>	171
<b>3 ALGUMAS EXPERIÊNCIAS NO MÉXICO</b>	173
<b>4 ABORDAGEM TEÓRICA DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA</b>	174
<b>5 RESTAURAÇÃO HIDROLÓGICA NA ÁREA URBANA DE GUADALAJARA</b>	177
<b>6 RESTAURAÇÃO HIDROLÓGICA EM ÁREAS URBANAS: O CASO DA PARTE ALTA DA SUB-BÁCIA DO RIO SAN JUAN DE DIOS</b>	178
<b>7 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO EDIFÍCIO DE OFICINAS NO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARTE, ARQUITETURA E DESENHO (CUAAD) DA UNIVERSIDADE DE GUADALAJARA</b>	181
<b>8 SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA EM UMA CASA DE FAMÍLIA DE ALTA DENSIDADE HABITACIONAL</b>	184
<b>9 CONCLUSÕES</b>	185
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	186

## 1 INTRODUÇÃO

As áreas urbanas enfrentam problemas muito complexos, um deles é o problema da água que se reflete na incapacidade de fornecer água para as populações e nas inundações freqüentes. Isto leva a uma situação paradoxal: por um lado, há uma escassez de água e, pelo outro, não se sabe o que fazer com o excesso de água da chuva (Espíndola, 2005). Como conciliar as duas situações? De acordo com os fundamentos das novas abordagens do desenvolvimento sustentável, se afirma que a gestão integrada de recursos hídricos (GIRH) aplicada em cidades, onde é chamada de gestão urbana sustentável de água (GUSA), é necessária para poder reverter os problemas mencionados acima. Esta abordagem se baseia em ver a água da chuva como fonte alternativa de abastecimento e como uma medida de redução de inundações. Essas duas ações fazem parte do que se chama de restauração hidrológica, que tem como objetivo desenvolver estratégias que permitam a água da chuva a se infiltrar, a ser armazenada em casas e prédios, a ser retida em plantas, em tanques ou lagos artificiais. Com este enfoque se consegue fazer a transição da gestão da água baseada numa abordagem de engenharia que busca apenas a remoção da água da chuva em tempo hábil, para uma abordagem que busca o aproveitamento e a mitigação. No México, há diversos esforços dos quais se pode tirar conhecimento e ganhar experiência.

## 2 REVISÃO HISTÓRICA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO MÉXICO

Uma técnica aplicada com frequência pelos astecas era o terraço. Esta tecnologia consistia em captar a água da chuva que escorregava das colinas por meio de canais construídos nas encostas das mesmas ao longo de curvas de nível, permitindo assim reter água e manter o solo úmido durante um tempo após a precipitação para culturas. Não só os astecas implementaram este sistema, mas também os maias. Na Figura 1 se pode ver alguns terraços construídos.



Figura 1. Terraços de Netzahualcóyotl no Vale do México.  
Foto: Garduño, em FAO (2000)

Outra experiência inestimável de captação de água de chuva, é a qual os maias implementaram no estado de Yucatã, na aldeia de Oxkutzcab. A irrigação e o abastecimento de água para a população vinha da água de chuva, que foi captada numa área de 100 a 200 m<sup>2</sup>, conduzida através de canais e, em seguida, armazenada em tanques chamados “chultunes”. Estes tanques eram escavações subterrâneas cobertas com gesso (Figura 2). Exemplos semelhantes se encontram em Belize e Campeche que captam e distribuem a água para beber e para as culturas de irrigação durante a estação seca.



Figura 2. Chultun.  
Fonte: Calderon & Hermes (2004);

Infelizmente, essas tecnologias foram negligenciadas pelos espanhóis após a conquista, já que estes optaram por construir obras que se concentravam em armazenar água dos rios por meio de barragens e conduzir grandes quantidades sem se importar com o custo ambiental, de modo que os sistemas de captação de água da chuva foram substituídos pela construção de grandes aquedutos, poços e sistemas de irrigação. Por outro lado, as principais cidades a partir dos meados do século 20, experimentaram um crescimento urbano desordenado que terminou cobrindo a superfície do território com concreto, causando desde modo mais enchentes que prejudicaram o meio ambiente e a infra-estrutura das cidades.

Outra referência importante é a construção de galerias de infiltração pelo Padre Pedro Buzeta na área metropolitana de Guadalajara, no século XVIII. O padre foi contratado pela prefeitura desta cidade para projetar um sistema de abastecimento de água. O especialista notou que na zona Oeste existiam correntes subterrâneas que poderiam ser captadas por meio de uma tubulação que as cortaria transversalmente e que, por sua vez, cairiam para uma seção de tubulação semicircular para, em seguida, levá-las a uma cisterna que ainda funciona hoje. Na Figura 3 se observa a galeria em funcionamento.



Figura 3. Galeria filtrante em funcionamento.  
Foto: Vargas (2010)

### 3 ALGUMAS EXPERIÊNCIAS NO MÉXICO



Figura 4. Dr. Anaya com sua equipe em planta purificadora.  
Fuente: COLPOS

Hoje no México há vários esforços em todo o território nacional que buscam implementar vários tipos de sistemas de captação de água de chuva no contexto urbano. Aqui apresentamos alguns casos que nos darão uma visão geral sobre o estado destes sistemas em áreas rurais e urbanas.

Um dos esforços mais antigos e significativos é do Dr. Manuel Anaya Garduño, professor pesquisador do Colégio de Pós-Graduação (COLPOS), localizado em Texcoco, Estado do México. Ele e sua equipe projetaram sistemas de captação de água de chuva para saciar a sede de 150.000 comunidades rurais sem infra-estrutura de saneamento. O sistema consiste em captar água do telhado, armazená-la em tanques e depois conduzi-la para uma estação de tratamento onde é filtrada, engarrafada e

embalada para a venda. Na Figura 4, se observa a equipe do Dr. Anaya e a estação de purificação na parte de trás.

Outro exemplo é o caso de San Felipe, uma cidade no Estado de Guanajuato. Este lugar está localizado a uma altura de 2.140 m, com uma temperatura alta e clima de deserto. Neste município, o falecido agrônomo Hugo Velasco Molina, com o apoio da Divisão de Agricultura e Tecnologia de Alimentos, do Instituto Tecnológico de Monterrey, desenvolveu o projeto “Água e Vida”, que começou em 1996 com o armazenamento de água, já que para a população acontecem períodos de seca superior a dois meses. O primeiro desenvolvimento tecnológico era um sistema de aproveitamento de água da chuva que consistia num tanque de armazenamento de água com uma capacidade de 500 mil litros e numa área de captação coberta de laje de pedras. A obra seguinte foi construída na periferia da cidade e foi chamada de “Telhado-Bacia”, que consiste em dois pavimentos, com declives que se encontram em um canal que está ligado a um tubo que transporta a água para um reservatório com capacidade de armazenamento de 285.000 L, que foi chamado de “Casa da Água e da Vida.” Por meio deste reservatório a água é distribuída para as famílias. Vários edifícios institucionais como o jardim de infância e a escola municipal estão equipados com sistemas de armazenamento de água de chuva, que é usada para descarga de vasos sanitários, em banheiros, e para irrigação de jardins. Em seis anos o bairro se transformou e a maioria das suas necessidades de água foram atendidos por sistemas de aproveitamento de água de chuva (Ballen et al., 1996).



Figura 5. Sistema de captação de água de chuva na Cidade do México.  
Fonte: Isla Urbana

Existe uma organização não-governamental chamada de “Isla Urbana en la Ciudad de México”. Sua missão é assegurar um futuro sustentável na Cidade do México por meio da captação de água de chuva, já que todos os dias há mexicanos que não têm acesso à água limpa. A Isla Urbana tem como foco equipar a região metropolitana do México com sistemas de captação de água de chuva, com especial ênfase para áreas carentes como as situadas no sopé do morrode Ajusco que sofrem de escassez severa. Muitas vezes, as casas nesta área não são atendidas pelo serviço de abastecimento por semanas e quando são, a qualidade da água é ruim. A falta de boa qualidade de água obriga muitas famílias a comprar água de caminhões-pipa, a um custo elevado. A partir desta situação, os cidadãos têm desenvolvido uma verdadeira cultura de cuidado e conservação de água. Desde modo, temos agora sistemas de captação de água de chuva, que contribuem para saciar a sede do povo da área.

#### 4 ABORDAGEM TEÓRICA DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

No México, a Universidade de Guadalajara, propôs um modelo teórico que fornece um suporte para a captação de água de chuva nas cidades. Em primeiro lugar, se estabelece o conceito de desenvolvimento sustentável como conceito básico de referência. O termo desenvolvimento sustentável ou duradouro é aplicado para o desenvolvimento socioeconômico e foi formalizado pela primeira vez em um documento chamado Relatório Brundtland (WCED, 1987), também conhecido como “Nosso Futuro Comum”, que era o resultado do trabalho da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas (WCED), criado na Assembleia das Nações Unidas, em 1983. Este relatório afirmou que a pobreza do Sul e o consumismo extremo dos países do Norte são as causas da incapacidade de manter o desenvolvimento sustentável e da crise ambiental. Mais tarde, a comissão recomendou a convocação de uma conferência sobre estas questões, que foi realizada em Rio de Janeiro, em 1992. Nesta conferência se definiu o desenvolvimento sustentável no princípio 3º da Declaração do Rio (UNEP, 1992a) assim: “Atender às necessidades das gerações presentes sem comprometer as possibilidades das gerações futuras para elas satisfazerem as suas próprias necessidades”.

Desta conferência resultou a Agenda 21, que com relação à água coloca a necessidade de uma integração inter-relacionada que abrange todos os tipos de corpos de água doce, incluindo tanto águas superficiais e subterrâneas, e a devida consideração dos aspectos quantitativos e qualitativos da água. Deve-se acrescentar que o uso de recursos hídricos tem caráter multissetorial no contexto do desenvolvimento socioeconômico. Na seção II, relativo à conservação e gestão dos recursos, capítulo 18, seção A, no número iii se estabelece como estratégia: “...ampliar a oferta de água urbana e rural e estabelecer e ampliar sistemas de captação de água de chuva, particularmente em pequenas ilhas, além da rede de abastecimento de água (UNEP, 1992b).”

O desenvolvimento sustentável aplicado à água é chamado de gestão integrada de recursos hídricos (GIRH) e é uma resposta para as questões globais da água. A rede internacional para o desenvolvimento de capacidades na gestão integrada dos recursos hídricos define GIRH como um processo sistemático para o desenvolvimento, alocação e monitoramento dos usos de água, de acordo com objetivos sociais, econômicos e ambientais, que buscam o desenvolvimento sustentável. É uma abordagem que visa integrar o conhecimento a partir da consideração simultânea de uma variedade de sistemas, em diversas disciplinas, conceitos, conhecimentos, pesquisas, órgãos normativos e de gestão, instituições e usuários; se baseia também no entendimento de que a água é um elemento integrante dos ecossistemas, dos recursos naturais assim como um bem social e econômico (Figura 6)

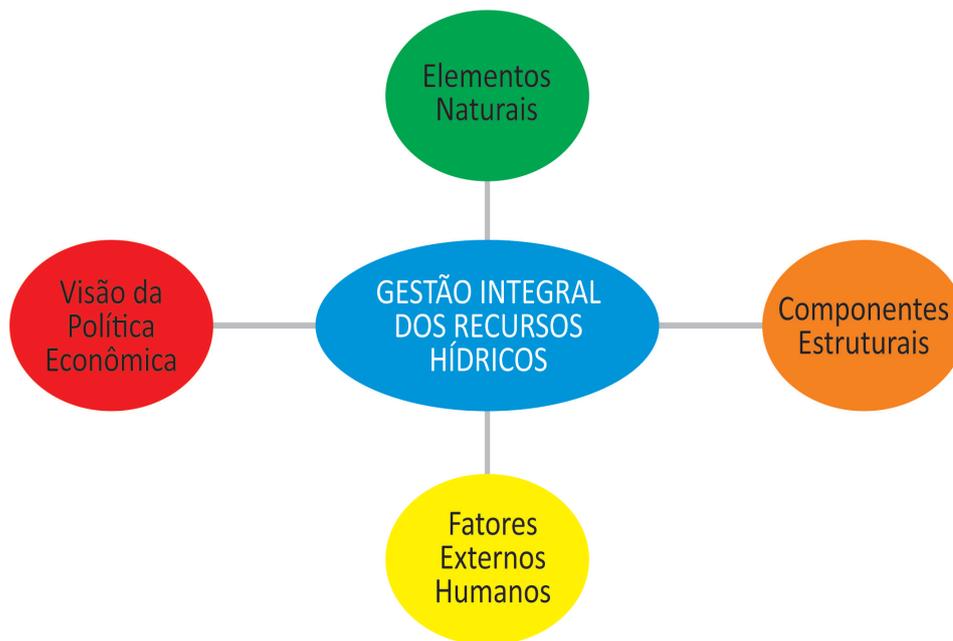


Figura 6. Integração transsetorial como elemento crucial na GIRH.  
Fonte: Integrated Water

A GIRH para cidades, chamada de Gestão Urbana Sustentável de Água (GUSA), é definida como a gestão integrada dos recursos hídricos aplicada a cidades. O Centro de Pesquisa para o Desenvolvimento Global (Global Development Research Center, GDRC) afirma que a GUSA é um processo de planejamento e implementação participativos com uma base científica sólida, reunindo os parceiros interessados para determinar como satisfazer as necessidades de água a longo prazo, garantindo os serviços ecológicos essenciais e os benefícios econômicos.

O GDRC afirma que este tipo de gestão tem componentes importantes que moldam e orientam a sua aplicação. Os componentes do ponto de vista tecnológico, são considerados da seguinte maneira:

Ao nível urbano:

- a) Melhoria das redes de abastecimento de água.
- b) Restauração da rede de coletores.
- c) Utilização de água de chuva vertida.

Ao nível familiar:

- a) Tecnologias para o uso eficiente da água.
- b) Reutilização de águas negras.
- c) Reutilização de águas cinzas.

d) Captação de água de chuva.

A projeção dos sistemas hidrosanitários deve levar em conta a GUSA para evitar prejuízos ambientais

e ao mesmo tempo alcançar a utilização integral dos recursos hídricos do edifício, conseguindo impactos positivos ao nível urbano. Por exemplo, se uma propriedade implementar um sistema de economia da água, diminui a exploração de fontes de águas superficiais e subterrâneas; se a água da chuva for captada em casas, diminui tanto a demanda por água potável como o volume de água jogada na rede de drenagem; e se se tratar o esgoto, diminui o fluxo conduzido para as estações de tratamento de águas residuais. Na Figura 7 se mostra o esquema GUSA, onde as interações entre os três setores de gestão da água são observados.

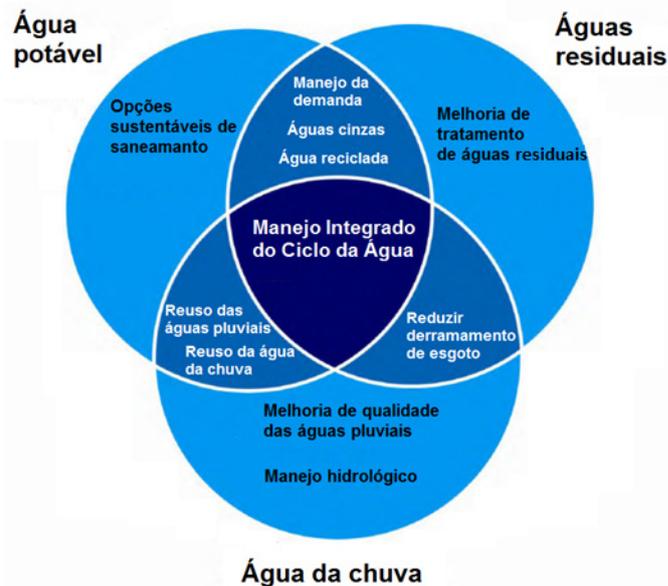


Figura 7. Gestão urbana sustentável da Água.  
Fonte: Hoban e Wong (2006)

Pode se ver na figura, a abordagem de três esferas; água de chuva, água potável e águas residuais (esgoto). Estas áreas têm vínculos entre si para alcançar uma gestão de água interdependente. Por exemplo, na área da água potável normalmente se considera em princípio que as opções de fornecimento devem ser sustentáveis, ou seja, que não agridem o meio ambiente e levam em conta a população e o fator econômico. Essas ações prevêm a diminuição da demanda, a partir do bom uso da água pelos cidadãos na implementação de equipamentos de economia de água. Também pode se ver, quando a área de água potável interage com o domínio de água de chuva, que pode haver um aproveitamento da água de chuva, captando-a nos edifícios e nos escoamentos superficiais tratados, aumentando, assim, a oferta de água. Por outro lado, quando a esfera da água de esgoto interatua com a água potável, os sistemas melhorados de re-utilização de águas residuais e de esgoto tratados aumentam a oferta de água. Além da implementação de sistemas de re-utilização, o fluxo de águas residuais tratadas reduz o custo operacional. Finalmente, quando os esgotos interagem com a água da chuva, se apresenta uma diminuição nos transbordamentos de águas combinadas (esgoto e água de chuva) que sobrecarregam os coletores e estações de tratamento.

Outro conceito fundamental que dá sentido para captar a água da chuva é a restauração hidrológica de bacias hidrográficas urbanizadas, que é um processo pelo qual as variáveis do ciclo hidrológico, que foram modificadas com a urbanização descontrolada, são restauradas por meio da implementação de tecnologias que permitam:

- 1 A água infiltrar e recargar aquíferos.
- 2 Expandir as áreas verdes por meio do plantio de flora que irão aumentar a evapotranspiração.
- 3 Captar água de chuva em edifícios para reduzir a oferta e o escoamento causando inundações.
- 4 Captar a água de chuva nas ruas para canalizar a água para a irrigação após um pré-tratamento.

Na Figura 8, o primeiro esquema mostra o balanço hídrico em condições naturais, e em seguida, depois da alteração das variáveis pela urbanização; e o terceiro esquema mostra como o ciclo pode ser restaurado. O terceiro esquema mostra como a água da chuva pode ser tratada e reutilizada ao invés de despejada imediatamente.

Por isso, a captação de água da chuva é uma estratégia para restaurar o ciclo da água em bacias hidrográficas urbanizadas sem controle, já que aumenta a oferta de água durante e depois de um temporal, assim como diminui o volume de água que entra nos coletores.



Figura 8. Ciclo da Água em três cenários.  
 Fonte: Hoban e Wong (2006)

## 5 RESTAURAÇÃO HIDROLÓGICA NA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

A Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), na parte ocidental do México, é a segunda maior concentração urbana após a área metropolitana da Cidade do México. Atualmente este centro urbano enfrenta grandes desafios na gestão da água. Por um lado, se deve cobrir o déficit no abastecimento da população, sanear as bacias hidrográficas e córregos, e abordar o problema das enchentes que se apresentam após cada temporal. Ainda mais aumenta a falta de água, causada por mudanças no clima, pelo aumento da demanda que exige a reestruturação do ciclo hidrológico por meio de práticas de reciclagem e reutilização das águas da chuva e das águas residuais. (Makropoulos et al., 2006). Mas de onde é que o problema vem? Existe alguma proposta? Dadas as abordagens teóricas, é necessário estabelecer uma linha de trabalho que nos permite colocá-las em um contexto particular. A Universidade de Guadalajara pelo Corpo Acadêmico 604 (UDG-CA-604) instalou a linha de pesquisa chamada de Gestão de Tecnologias para a Arquitetura e Urbanismo Sustentáveis, onde a restauração hidrológica torna-se uma ferramenta fundamental para compreender e resolver o problema. Assim, optou-se por começar a trabalhar com vários projetos:

a) “Restauração Hidrológica em áreas urbanas: o caso da parte alta da bacia do Rio San Juan Dios”, em que participaram mais de 60 alunos de diferentes centros temáticos da universidade, assim como 10 professores

que participaram como consultores deste referido projeto.

b) Projeto do sistema de captação de água de chuva do Edifício de Oficinas do Centro Universitário de Artes, Arquitetura e Desenho (CUAAD), da Universidade de Guadalajara.

c) A implementação de um sistema de captação de água de chuva instalado em uma única habitação de alta densidade habitacional.

A gestão urbana de águas na região metropolitana de Guadalajara se concentra apenas em atender a demanda do líquido vital, despejando os resíduos e o escoamento e tratando-os ocasionalmente.

Estes três trabalhos tem como objetivo promover uma série de ações de restauração em dois níveis: urbano e de construção. O primeiro nível é necessário para restaurar o ciclo hidrológico por meio de estratégias que permitam o escoamento, a infiltração e a captação em edifícios, na vegetação e nos tanques de regulamentação. Todos esses projetos devem considerar a participação do cidadão a partir do momento da concepção, desenho, organização, implementação e manutenção. Sem a participação dos cidadãos é quase impossível aplicar a restauração. Em seguida se descreve os projetos realizados.

## 6 RESTAURAÇÃO HIDROLÓGICA EM ÁREAS URBANAS: O CASO DA PARTE ALTA DA SUB-BACIA DO RIO SAN JUAN DE DIOS

A sub-bacia do Rio San Juan de Dios faz parte do Vale Atemajac, onde fica a cidade de Guadalajara, Estado de Jalisco. Infelizmente, com a expansão, nos últimos anos, o ciclo hidrológico foi alterado, causando, entre outras coisas, um acúmulo de água de chuva em cada temporal, diminuindo a infiltração de água e reduzindo a evapotranspiração pelo aumento das áreas impermeáveis que apagaram a vegetação quase do mapa. (Figura 9).

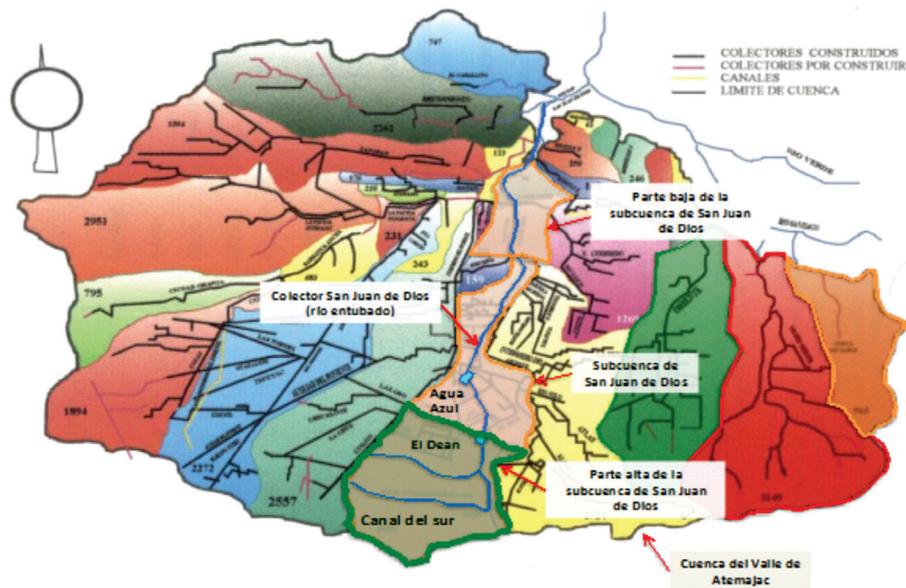


Figura 9 Partes da subbacia do Río San Juan de Dios.  
Fonte: Elaboração própria

A proposta consiste na realização de cinco projetos integrados desde o Cerro del Cuatro, a montante da sub-bacia, até o Parque Liberación, a jusante da sub-bacia, para permitir a restauração do ciclo hidrológico. O primeiro projeto envolve o reflorestamento da parte livre de urbanização do Cerro del Cuatro que contém tanques reguladores (pequenas lagoas), um anél periférico saindo da parte baixa até o topo do morro, onde os turistas podem apreciar o panorama da cidade de Guadalajara. Com este projeto se protege a zona de infiltração e se retém a água de chuva para retardar sua chegada na parte baixa. A Figura 10A mostra o topo do Cerro del Cuatro e a Figura 10B a mesma parte, mas restaurada.



Figura 10A. O topo do Cerro del Cuatro sem recuperação  
Fonte: Bernardo Garcia

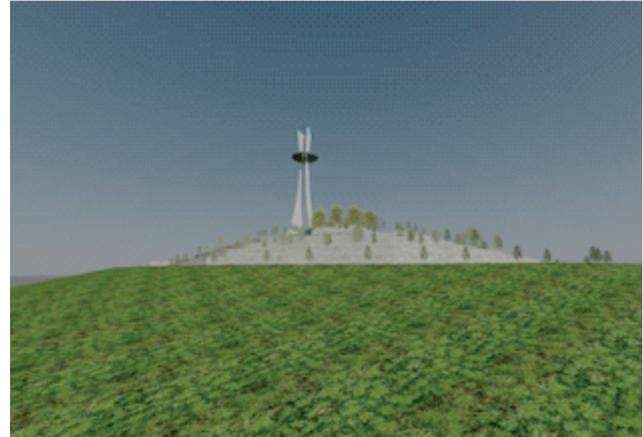


Figura 10B. A parte alta do Cerro del Cuatro restaurada  
Fonte: UDG-CA-604

O segundo projeto está localizado a jusante do primeiro e consiste em recuperar o tanque Balcones del Cuatro, que visa reter água, sanear a área de resíduos sólidos e de águas residuais (Figuras 11A e 11B). O terceiro projeto visa recuperar o Canal do Sul (que corre de Oeste para Leste) e transformá-lo em uma vala filtrante para absorver grandes quantidades de água e, assim, reduzir os volumes de águas de chuva.



Figura 11A. Vaso regulador Balcones del Cuatro  
Fonte: DOLMEN



Figura 11B. Vaso regulador Balcones del Cuatro restaurado  
Fonte: UDG-CA-604

O quarto projeto consiste em recuperar o Parque Liberación (El Dean). Neste parque se encontra uma fonte, cujas águas se misturam com o esgoto dos morros adjacentes (Figura 12A), que funciona também como tanque regulador durante um temporal, mas a sua capacidade de regulação é insuficiente para o elevado volume de escoamento, proveniente do Cerro del Cuatro. Se propõe separar a água de chuva do esgoto das drenagens, que descarregam diretamente para o tanque e limpá-lo para que continue recebendo os pássaros migatórios do Canadá e torná-lo um ponto de encontro social e recreativo permanente (Figura 12B)



Figura 12A. Estado atual do Tanque El Dean  
Fonte: UDG-CA-604

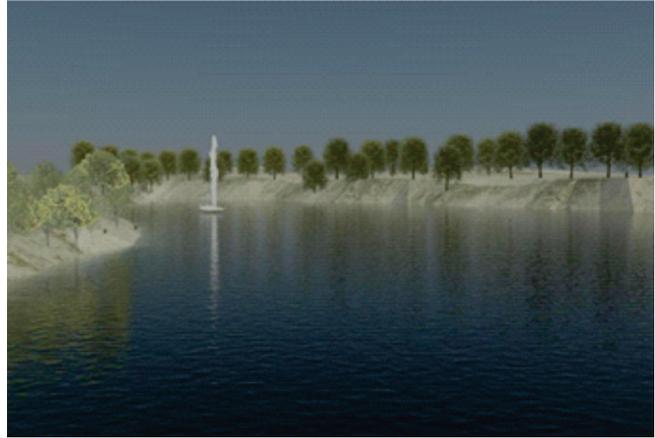


Figura 12B. Tanque El Dean restaurado  
Fonte: UDG-CA-604

O quinto projeto consiste em reflorestar toda a sub-bacia com espécies endêmicas na área, para absorver a água e infiltrá-la, e num programa para captar água da chuva nas casas da área que permite reter e utilizá-la para diversos fins domésticos, a construção de cisternas urbanas nos parques para armazenar a água da chuva vertida, e para o aumento de áreas de infiltração nas ruas e parques para a absorção de água. A Figura 13A mostra a bacia sem reflorestamento, e na Figura 13B se observa a sub-bacia com áreas verdes e pontos de armazenamento de água de chuva. Todos esses projetos devem levar em conta a opinião dos cidadãos e desafiar-los para participar para alcançar os objetivos que têm sido levantadas.



Figura 13A. Parte alta da sub-bacia do Rio San Juan Dios urbanizada  
Fonte: UDG-CA-604



Figura 13B. Parte alta do rio San Juan, sub-bacia Dios recuperada  
Fonte: UDG-CA-604

## 7 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO EDIFÍCIO DE OFICINAS NO CENTRO DE ARTE, ARQUITETURA E DESENHO (CUAAD), DA UNIVERSIDADE DE GUADALAJARA (UDG)

Como já vimos, é necessário captar a água da chuva (Sistema de Captación del Agua de Lluvia - SCALL) em edifícios para ajudar a restauração hidrológica de bacias hidrográficas urbanizadas. O grupo de pesquisa UDG-CA-604 projetou um SCALL para aplicar os conhecimentos teóricos na prática. Portanto, a equipe recebeu a tarefa de escolher o edifício mais adequado para desenvolver o projeto executivo. Se escolheu o Edifício de Oficinas porque fica na parte mais alta do prédio do CUAAD (Figura 14), e é aí onde são gerados os primeiros escoamentos que por gravidade se deslocam para a parte baixa e, em seguida, para a barranca de Huentitán. Além disso, foi estabelecido que a colocação da tubulação seja a menos complicada para modificar, tendo em vista os outros edifícios do centro universitário.

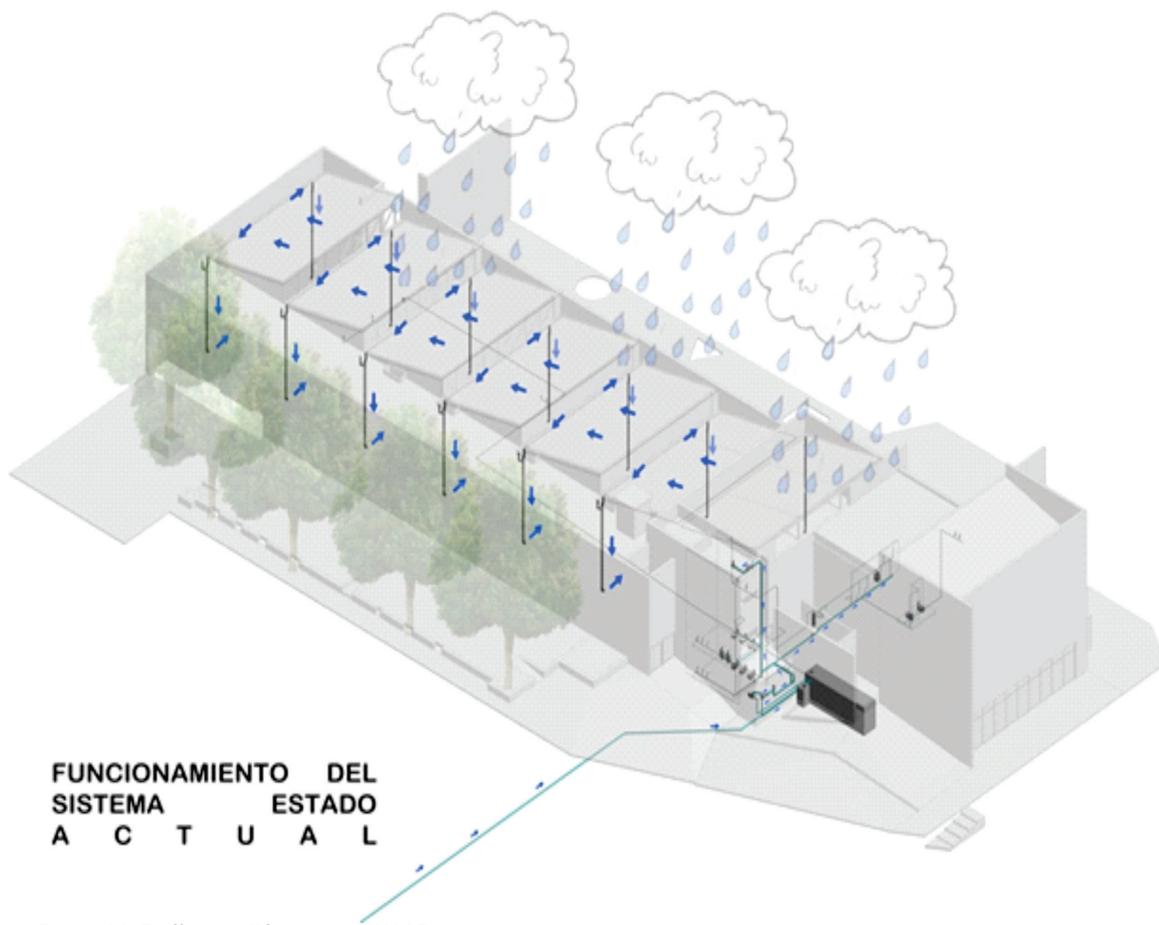


Figura 14. Edifício de Oficinas do CUAAD.  
Fonte: UDG-CA-604



Figura 15. Tanques das primeiras chuvas  
Fonte: UDG-CA-604

Este é um sistema que tem como objetivo captar a água de chuva do telhado do Edifício de Oficinas através de tubos de PVC para dois tanques chamados das primeiras chuvas, porque armazenam a água das primeiras chuvas, que normalmente limpam o telhado ou têm algum grau de poluição pelo ar (Figura 15). Este telhado capta 850.000 litros por ano.

Esta água pode ser utilizada para a limpeza das mesmas oficinas. Uma vez que os tanques estão cheios, a tubulação conduz a água por gravidade para quatro tanques de 25.000 litros estão na parte baixa das oficinas (Figura 16). Estes recipientes são ligados na parte de baixo de modo que eles possam ser enchidos ao mesmo tempo. Uma vez enchidos, a água será submetida a um processo de purificação a fim de torná-la segura para beber. O excedente dos tanques será utilizado para regar os jardins do Parque Central.



Figura 16. Tanques de Armazenamento  
Fonte: UDG-CA-604

Na Figura 17, se observa a o sistema em operação, bem como suas partes principais.



Figura 17. SCALL-CUAAD-01  
Fonte: UDG-CA-604

## 8 SISTEMA CAPTAÇÃO DE DE ÁGUA DE CHUVA EM UMA CASA DE FAMÍLIA DE ALTA DENSIDADE HABITACIONAL

O imóvel em questão está localizado na parte Sul da área metropolitana de Guadalajara, na bacia do Ahogado, no loteamento residencial Parques del Bosque, localizado na cidade de Tlaquepaque, Estado de Jalisco. A casa tem o tamanho de 10 x 6 m e tem dois andares, com sala, cozinha, três banheiros, quatro quartos, sala de serviço e jardim ao lado. (Figura 18).

Nesta casa vivem duas pessoas, com capacidade de acomodar até sete pessoas. O sistema de abastecimento de água da casa é direto, já que o sistema operador a faz chegar com pressão suficiente. O sistema sanitário combina água de chuva e águas residuais. O imóvel em questão está localizado em uma área de desenvolvimento de mais de 2.000 unidades. Não há SCALL no loteamento, de modo que seria o primeiro de seu tipo. A área de captação é de 86 m<sup>2</sup> porque este edifício capta também água da habitação vizinha porque compartilham a mesma calha. O potencial captação desta habitação é de 57.870 L ano<sup>-1</sup> e atende 100% da demanda por água durante o temporal e ainda uma semana após o fim do temporal.

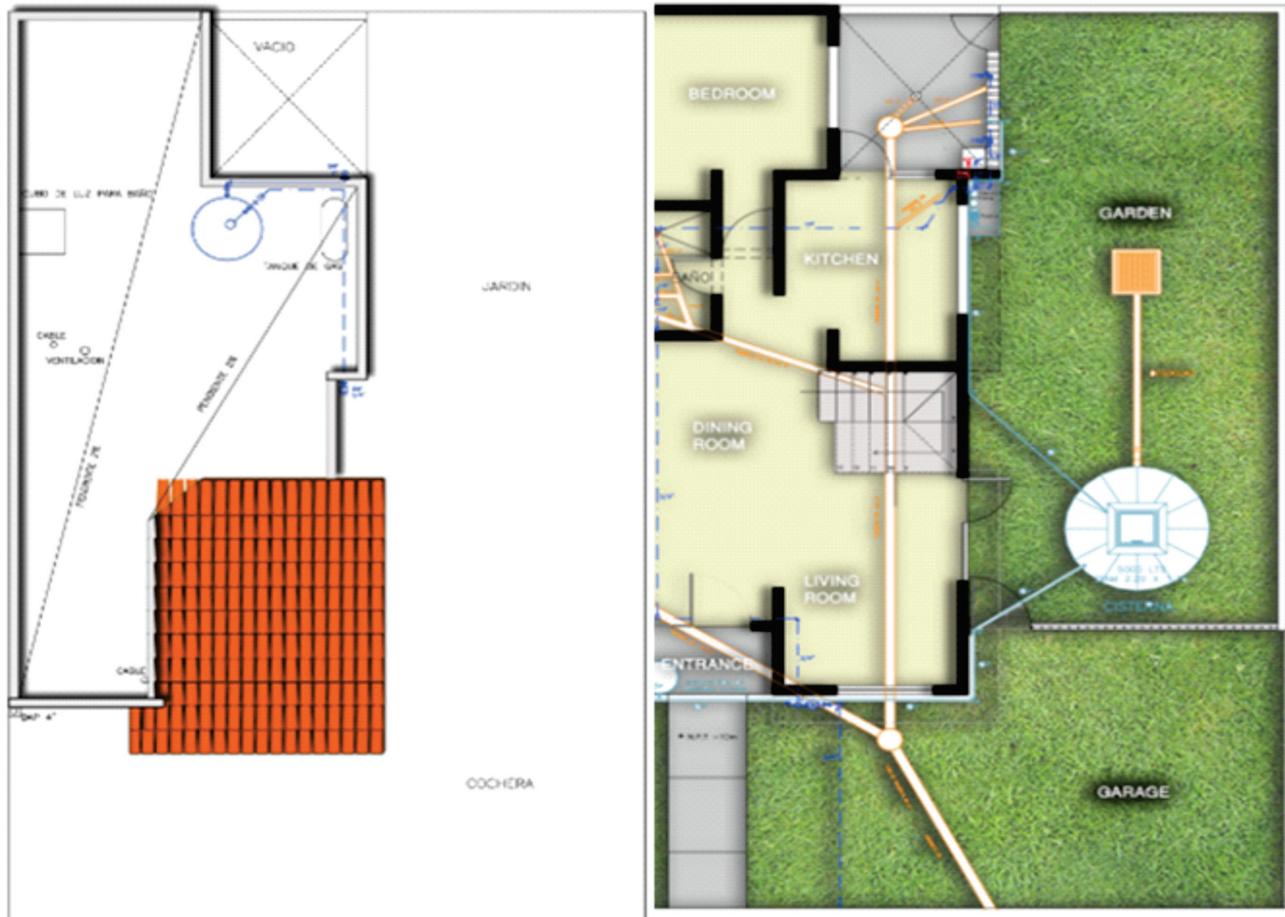


Figura 18. Plantas arquitetônicas a) Planta do telhado  
Fonte: UDG-CA-604

b) Térreo

Em seguida, se descreve o funcionamento geral do sistema (ver Figura 19), assim como suas respectivas partes:

1. É um sistema que tem como objetivo captar a água de chuva do telhado plano para conduzi-la por tubos de PVC ao tanque das primeiras chuvas.
2. O tanque das primeiras chuvas armazena a água das primeiras chuvas, que normalmente limpa o telhado ou têm algum grau de poluição do ar. Neste tanque os resíduos assentam no fundo. Esta água pode ser usada para a limpeza da casa.
3. Uma vez que o tanque está cheio, a tubulação leva a água por gravidade para um tanque de 5.000 litros que está localizado no jardim da casa. A água da chuva excedente será levada para um poço de infiltração com 1,20 m de diâmetro e 2,10 m de profundidade.
4. Depois de cheio, a água será bombeada por uma bomba com potência de meio cavalo para diversos filtros (de areia, de polietileno e de carbono ativado) para ser purificada para consumo da casa.
5. Depois dos filtros, a água é conduzida para o tanque de água (tinaco) de 750 litros.
6. Daí cai por gravidade para a entrada da frente da casa para ser distribuída a todos os pontos de serviço.

7. Por fim, se purifica a água para beber através de dois filtros de polietileno, carvão ativado e uma lâmpada de raios UV.

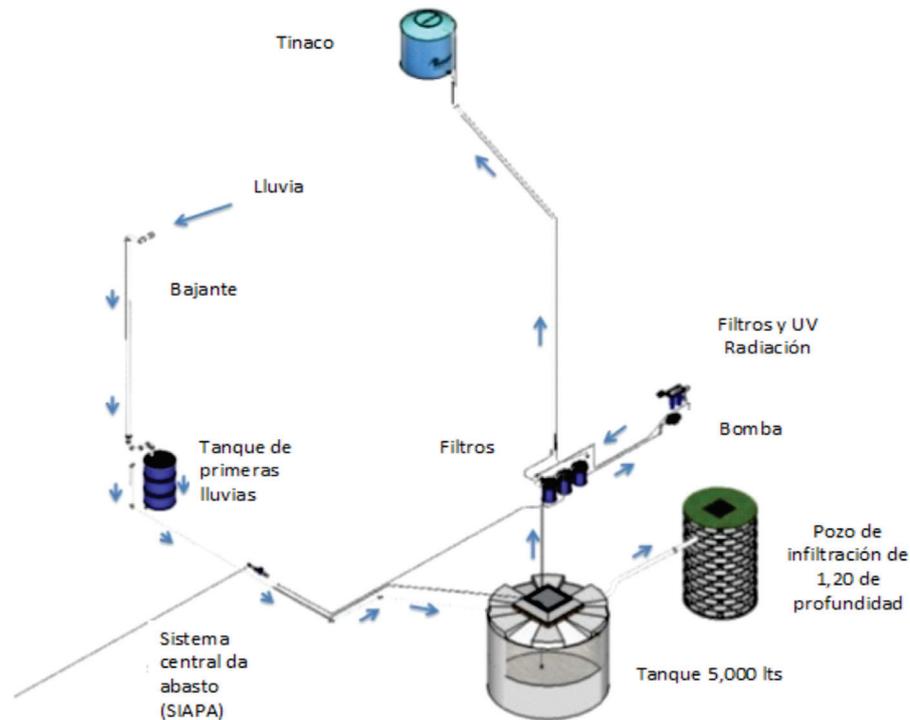


Figura 19. Partes do sistema de captação de água de chuva  
Fonte: elaboração própria

Este protótipo está sob monitoramento contínuo para a operação em diferentes condições. Assim, este modelo vai continuar fornecendo informações técnicas muito importantes para outros projetos em casas semelhantes.

## 9 CONCLUSÕES

A gestão de água nas cidades requer uma mudança fundamental. É essencial para iniciar uma transição da gestão da água de oferta orientada para uma gestão orientada pela demanda, ou seja, é necessário demandar menos água e não depender tanto das fontes atuais. A nova abordagem de gestão sustentável de água é chamada de Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) e sua aplicação nas cidades é a Gestão Urbana Sustentável de Água (GUSA). Esta abordagem contempla a captação de água de chuva como uma ação estratégica para alcançar a sustentabilidade.

A restauração do ciclo hidrológico é um conceito que precisa ser estudado com maior profundidade e aplicado nos diversos projetos. Para conseguir uma restauração hidrológica em bacias urbanizadas, é necessário tomar medidas ao nível da cidade e ao nível da construção, onde a captação de água de chuva é contemplada como uma ação de origem para contribuir para a oferta de água e na redução de inundações,

retendo certo volume de água de chuva que originalmente se despejaria para a drenagem. Portanto, não se justifica adiar o estudo dessas alternativas para enriquecer o conhecimento e as experiências e, assim, melhorar a sua implementação nos contextos urbanos. O caso da restauração do ciclo hidrológico na parte alta da sub-bacia do Rio San Juan de Dios estabelece ações concretas para restaurar o funcionamento parcial conforme as variantes do ciclo, tornando-se necessário continuar estudando em detalhes a viabilidade de cada uma das ações propostas.

O México, que muitos anos atrás já tem captado a água de chuva, infelizmente perdeu esta prática valiosa para dar lugar aos grandes sistemas de infra-estrutura que são custosos no investimento, na sua operação e na manutenção. O México está empreendendo esforços muito louváveis em lugares diferentes, mas se faz necessário uma maior divulgação e treinamento para que gradualmente este tipo de tecnologias faça parte da cultura dos mexicanos.

O potencial de captação de água de chuva tanto no Edifício das Oficinas como na habitação unifamiliar são volumes expressivos para contribuir para resolver a demanda por água no ZMG (Zona Metropolitana de Guadalajara). O monitoramento dos sistemas é necessário para enriquecer ainda mais o conhecimento e as experiências que podem ajudar a outras regiões do país e da América Latina.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adler, I., Carmona, G; Bojalil, J. A. Manual de captación de agua de lluvia para centros urbanos. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). México: International Renewable Resource Institute, 2008. 47p.
- Ballen, J; Galarza, M; Ortiz, R. Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia. In: Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua Joao Pessoa (Brasil), 6, 1996. Resumen.
- Calderon, Z. Hermes, B. Chultuns in the Surrounding Areas of the Yaxha Lagoon, Peten, em: La Porte, J. P.; Arroyo, P.; Mejía, H.E (ed.). Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala. Anales del XVIII. Guatemala: FAMSI, 2004. CD Rom.
- COLPOS, Colegio de postgraduados  
<http://www.colpos.mx/lluviatl/> set. 2014
- Espíndola, J. A. G. Manual de aprovechamiento de aguas pluviales en centros urbanos. Guadalajara: Universidad de Guadalajara, 2005. 92p.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia. Experiencias en América Latina, Santiago de Chile, 2000, 235p. [http://infoagro.net/archivos\\_Infoagro/CambioClimatico/TecnologiaInnovadora/ai128s00-andenes.pdf](http://infoagro.net/archivos_Infoagro/CambioClimatico/TecnologiaInnovadora/ai128s00-andenes.pdf)
- Hoban, A.; Wong, T. H. F., “WSUD resilience to Climate Change”, 1st International Hydropolis Conference, Perth WA, October 2006.
- Integrated Water. Blogspot, 3 de agosto de 2010  
<http://integratedwater.blogspot.com.br/p/introduction.html> Acesso em 24 de setembro de 2014
- Makropoulos, C. K.; Morley, M.; Memon, F. A.; Butler, D.; Savic, D.; Ashley, R. A decision support framework for sustainable urban water planning and management in new urban areas. Water Science & Technology, v.54, p.6-7, p.451-458, 2006.
- UNEP - United Nations Environment Program. Rio Declaration on Environment and Development, Rio de Janeiro: 1992a.

UNEP - United Nations Environment Program. Agenda 21, Chapter 18 Protection of the Quality and Supply of Freshwater Resources: Application of Integrated Approaches to the Development, Management and use of Water Resources, Rio de Janeiro, 1992b.

<http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm> Acesso em 24 de set. 2014

Vargas, J. M. Guadalajara, Sus problemas Hidrosanitarios y Propuestas de Solución. Manuscrito não publicado. 2001. Guadalajara, Jalisco. México.

WCED - World Commission on Environment and Development, Our Common Future. Published as Annex to General Assembly document A/42/427, 1987.



# CAPÍTULO 9

## MANEJO E QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA NO SETOR URBANO

Eduardo Cohim  
Silvio Orrico  
Denia B. Kieroncki

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4

 **INSA**  
INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

# MANEJO E QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA NO SETOR URBANO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	191
<b>2 ÁGUA DE CHUVA E AS ROTAS DE CONTAMINAÇÃO</b>	192
<b>3 QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA</b>	193
<b>3.1 pH</b>	194
<b>3.2 Turbidez</b>	195
<b>3.3 Sólidos dissolvidos e condutividade elétrica</b>	195
<b>3.4 Metais</b>	196
<b>3.5 Conclusão</b>	197
<b>4 QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE CHUVA E PROTEÇÃO SANITÁRIA DAS CISTERNAS</b>	198
<b>4.1 A qualidade microbiológica e sua variação temporal</b>	199
<b>4.2 Indicadores bacterianos em amostras de água de chuva</b>	200
<b>4.3 Análise quantitativa de risco microbiano (AQRM)</b>	201
<b>4.4 Estudos epidemiológicos</b>	202
<b>5 MANEJO PARA MELHORAR A QUALIDADE</b>	205
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	206
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	207

## 1 INTRODUÇÃO

A urbanização tem grande impacto no ciclo local e regional da água. A demanda de água para abastecimento doméstico tende a crescer com o aumento das populações urbanas, aliado a um consumo individual que ascende com a redução da taxa de ocupação domiciliar. Tem-se, como consequência, um volume maior de esgoto a ser coletado e maior geração de escoamento superficial, decorrentes da impermeabilização do solo por telhados, ruas e áreas pavimentadas, aumentando o impacto no sistema hídrico, tanto pelo lançamento de contaminantes quanto pela elevação dos volumes captados.

Em que pese os grandes avanços para a saúde pública decorrentes da implantação de sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário existe o entendimento de que esses sistemas podem ser mais eficientes, do ponto de vista ambiental, a partir de uma abordagem mais integrada da água no ambiente urbano, atuando na redução da demanda e no controle das perdas, mas avaliando o potencial dos diversos componentes do sistema hídrico como fontes disponíveis no próprio local para abastecer a população.

Neste sentido, e para melhorar a eficiência no ciclo urbano da água, o aproveitamento da água de chuva tem grande potencial, podendo ser viável economicamente mesmo com os subsídios dos sistemas públicos de abastecimento de água. Para isto, a lógica a ser adotada deve ser de uso da água de chuva como fonte complementar e destinação ao maior número de usos finais já que os sistemas de aproveitamento de água de chuva são tão mais eficientes quanto maior for a parcela do consumo a utilizar esta fonte; entretanto, uma barreira à disseminação do aproveitamento da água de chuva é a preocupação com a qualidade dessa água para consumo humano. Nas cidades, ao contrário da zona rural, onde a água de chuva é vista como a de melhor qualidade, este recurso é encarado como um resíduo a ser descartado. Mesmo quando reconhecido como um recurso a ser aproveitado, a ele se associam usos menos exigentes em termos qualitativos, como descarga de bacias sanitárias, limpeza de pisos e irrigação de jardins, fato devido, principalmente, à frequente detecção de microrganismos indicadores e, em menor proporção, à contaminação com metais pesados, mais especificamente o chumbo.

A despeito desta situação, a água de chuva coletada dos telhados é considerada, juntamente com água de sistemas públicos de abastecimento e de poços e nascentes protegidos, fonte melhorada de água, pelo Programa Mundial de Avaliação da Água, da Organização das Nações Unidas (WWAP, 2009). O Plano Nacional de Recursos Hídricos aponta a água de chuva como um recurso a ser usado de forma plena, em substituição ou suplementação de fontes tradicionais.

A Organização Mundial da Saúde também reconhece, na quarta edição de seu Guidelines for Drinking Water Quality, que sistemas de aproveitamento de água de chuva bem projetados e mantidos, complementado por boas práticas de higiene, podem ser uma fonte de água potável com baixo risco para a saúde (WHO, 2011).

O Comitê de Saúde Ambiental do Comitê Australiano de Proteção à Saúde, relaciona os diversos usos a serem dados à água de chuva armazenada em cisternas incluindo na lista para beber ressaltando, entretanto que, do ponto de vista microbiológico, a água de chuva não é tão confiável quanto a água do sistema público, destacando que o sistema deve ser objeto de boa manutenção para minimizar o risco (en Health, 2004). É importante tal declaração de um órgão responsável pela saúde pública em um país em que 19% dos domicílios utilizam a água de chuva, sendo que mais da metade desses a utiliza como fonte principal de água potável.

## 2 ÁGUA DE CHUVA E AS ROTAS DE CONTAMINAÇÃO

A água de chuva é o resultado de um processo natural de destilação. Assim, sua qualidade seja química, ou microbiológica, é considerada de boa qualidade, com baixa concentração de minerais e de sólidos suspensos.

A contaminação pode ocorrer a partir das seguintes rotas (Figura 1):

1. Durante o evento chuvoso, ao passar pela atmosfera (deposição úmida).
2. Deposição seca de contaminantes na superfície de coleta durante os períodos sem chuva.
3. Reação química ou física da água de chuva com a superfície de coleta.
4. Fezes de pássaros e animais depositadas sobre o telhado.
5. Entrada de animais na cisterna.
6. Infiltração através de trincas na cisterna permitindo a entrada de água contaminada.

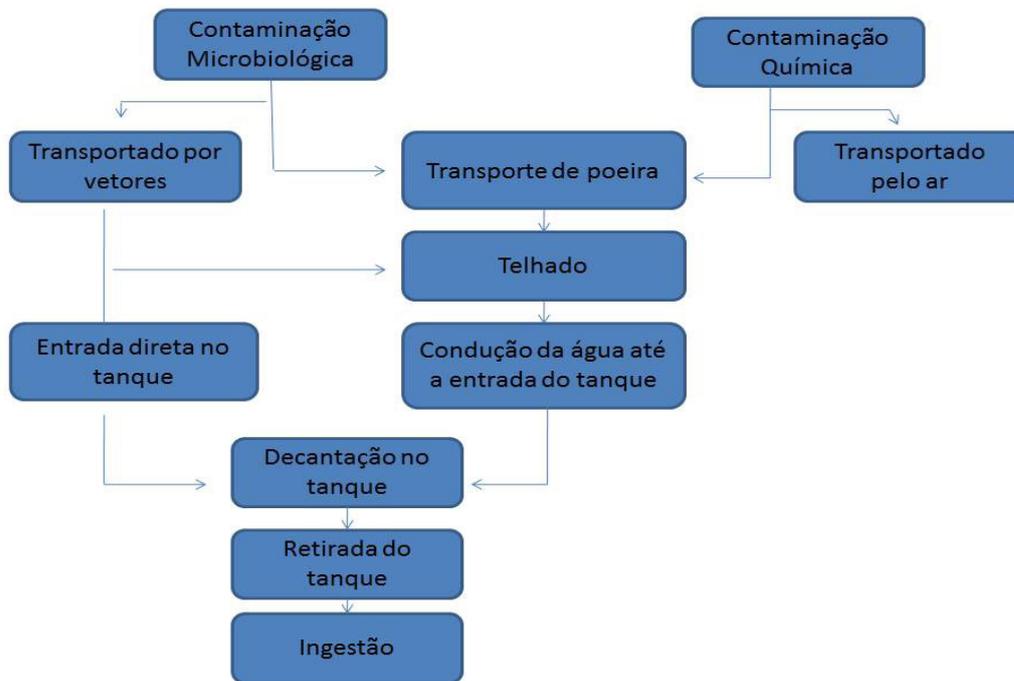


Figura 1. Rotas de contaminação da água de chuva

Fonte: Thomas e Martinson (2007)

À exceção das duas últimas rotas apontadas na figura acima, as outras estão relacionadas com o efeito das primeiras águas comportando-se, conforme Sartor e Boyd (1972) apud Martinson e Thomas (2005) segundo uma equação exponencial negativa (Eq 1).

$$N=N_0.e^{(-Krt)} \quad (1)$$

Onde:

$N$  = sedimento remanescente, representando a turbidez da corrente de escoamento.

$N_0$  = carga inicial de sedimento disponível antes do evento chuvoso

$k$  = constante  $\text{mm}^{-1}$

$r$  = intensidade da chuva,  $\text{mm h}^{-1}$

$t$  = tempo decorrido desde o início da chuva, h

A Figura 2 mostra o gráfico de ajuste de uma curva teórica de qualidade da água de chuva em que a ordenada indica a relação entre a qualidade de uma alíquota em relação à qualidade da primeira alíquota, considerada igual a 1,0. Este gráfico foi adaptado do estudo para quantificação do volume inicial de água a ser desviado, desenvolvido em diferentes locais da cidade de Kampala.

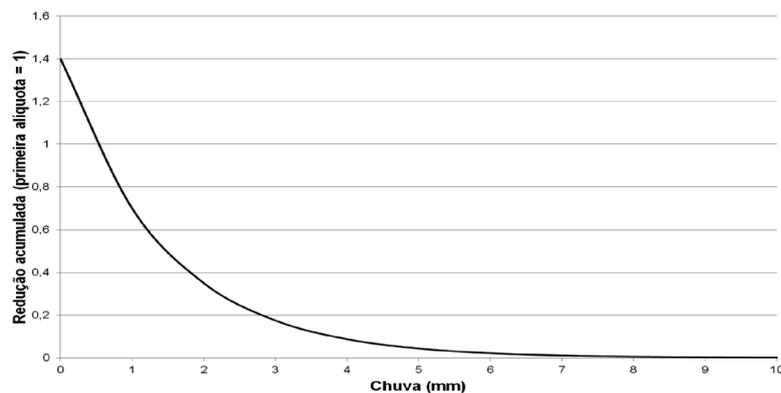


Figura 2. Curva de qualidade ajustada à exponencial negativa  
Fonte: Adaptado de Thomas e Martinson (2005)

Os efeitos de cada uma dessas rotas podem ser potencializados ou reduzidos por outros fatores, como grau de poluição atmosférica, inclinação, material e tempo de construção do telhado, direção dos ventos etc; assim, os sistemas de aproveitamento de água de chuva podem incorporar algumas barreiras à contaminação tanto microbiológica quanto química produzindo água de excelente qualidade, inclusive para beber.

### 3 QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA

A água de chuva, ao precipitar através da atmosfera, pode incorporar contaminantes químicos (deposição úmida). Outros contaminantes podem ser incorporados à superfície de captação através da deposição seca. A importância da deposição seca varia com a extensão do período seco antecedente às chuvas. Tanto em um caso como no outro, a qualidade do ar no local decorrente da existência de tráfego intenso ou atividades industriais tem papel decisivo na qualidade da água captada.

Outra fonte passível de contaminação química é resultado da reação da água captada, geralmente com pH abaixo de 7 e pouca alcalinidade, com os materiais de telhados, calhas, tubulações e tanques de armazenamento. Alguns desses fatores podem ser controlados, a exemplo da escolha dos materiais do sistema de captação, enquanto que outros, como a qualidade do ar, não são controláveis no sistema de captação.

As características físico-químicas da água de chuva têm sido objeto de diversas pesquisas no mundo e no Brasil, sobretudo, em áreas onde seu uso já está disseminado, a exemplo da Austrália e Nova Zelândia. Em geral, a água se tem apresentado com baixa dureza, baixa concentração de sólidos dissolvidos e baixo pH.

No que concerne à presença de metais, têm sido encontrados em cisternas, águas contendo chumbo, alumínio, zinco e cobre. Em alguns poucos casos esses metais aparecem em concentrações que excedem os limites de potabilidade sem, contudo, oferecer sérios riscos à saúde dos usuários; entretanto, o chumbo, por sua característica cumulativa no organismo, pode ser motivo de preocupação e sua origem está relacionada com a proximidade de fundições, material usado nos telhados com altos teores deste metal e a queima de gasolina em cuja composição, há muitos anos, deixou de fazer parte no Brasil.

### 3.1 pH

À medida que a água de chuva passa pela atmosfera é saturada com oxigênio e gás carbônico, e enquanto o primeiro melhora o sabor da água, o segundo confere acidez com pH em torno de 6, em áreas rurais.

Em áreas urbanas, com tráfego e atividade industrial intensos, o pH pode passar a valores mais baixos devido às emissões gasosas contendo dióxido de enxofre e óxido de nitrogênio em decorrência da queima de combustíveis fósseis. Esses gases podem combinar-se com o oxigênio e o vapor d'água e precipitar na forma de chuva ácida. Ressalta-se que é considerada chuva ácida aquela com pH abaixo de 5, fato pouco comum mesmo em grandes cidades. Em Natal, medições da qualidade da água de chuva em três pontos da cidade sinalizaram que 100% dos valores de pH estiveram acima de 5 (5,2 a 7,8) (Melo & Andrade Neto, 2007).

Annechhini (2005) analisou o pH em chuvas na cidade de Vitória e elaborou o gráfico de frequência acumulada, mostrado na Figura 03, na qual se observa que apenas 11% dos valores foram inferiores ao limite de chuva ácida. Resultado semelhante foi obtido por Chapman et al (2008) numa pesquisa em seis grandes cidades da Austrália, em que menos de 10% das amostras apresentaram pH inferior a 5.

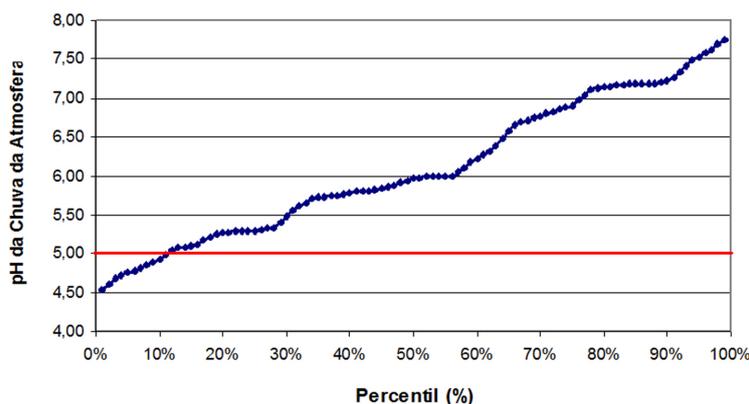


Figura 3. Frequência acumulada de pH da água de chuva em Vitória – ES  
Fonte: Annechhini (2005)

O contato com a superfície de captação e o armazenamento em cisternas produz, entretanto, reações que elevam esses valores os quais podem, em tanques de cimento, alcançar a faixa de 8 a 9, ou seja, o mesmo crescimento que se observa na alcalinidade Figura 03.

Quek & Forster (1993) e Thomas & Greene (1993) demonstraram a influência da intemperização em telhados com cimento e da presença de partículas de solo alcalino na elevação do pH após o escoamento na superfície de captação relacionando os valores encontrados com o período seco antecedente.

O pH, em si mesmo, não representa risco à saúde. Refrigerantes e água mineral gaseificados possuem pH inferior a 5 e não são considerados danosos à saúde humana. O controle mais rigoroso se dá porque águas, mesmo com leve acidez, podem produzir corrosão em estruturas metálicas com as quais tenham contato.

### 3.2 Turbidez

A turbidez e a concentração de sólidos suspensos na água de chuva são baixas e ocorrem, sobretudo, na porção inicial do escoamento. A turbidez na água de chuva é frequentemente não tóxica salvo haja, nas proximidades do local, atividades industriais; mesmo assim, os sólidos suspensos, além de comprometer a qualidade estética da água, podem conter microrganismos e matéria orgânica e reduzir a eficiência do processo de desinfecção.

A concentração de sólidos suspensos está relacionada com a deposição seca sendo, portanto, com a duração do período seco que antecede a chuva, de modo que o escoamento em telhados pode ter altas concentrações encontrando-se, na literatura, valores na faixa de 2 a 117 mg L<sup>-1</sup> (Gadd & Kennedy, 2001). Esses autores, no entanto, não fazem referência à utilização ou não de dispositivos de desvio das primeiras águas.

Anneckini (2005) encontrou, em estudo realizado em Vitória, o valor máximo de 70 UNT na água de escoamento antes do desvio e de 1,2 UNT no reservatório, após o desvio de 0,5 mm de chuva.

A turbidez máxima da água armazenada em cisternas encontrada em pesquisa nacional realizada na Austrália, foi de 3,8 UNT, valor inferior ao limite de 5 UNT preconizado na Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (Brasil, 2011) que estabelece os padrões de potabilidade.

O desvio das primeiras águas, sobretudo, o primeiro milímetro, melhora consideravelmente a qualidade da água que é adicionalmente melhorada pelo intenso processo de sedimentação no tanque de armazenamento.

### 3.3 Sólidos dissolvidos e condutividade elétrica

Como ocorre com a turbidez, a concentração de sólidos dissolvidos na água que escoar no telhado é maior que a da precipitada, observando-se também, neste caso, uma concentração maior no início do escoamento em razão da dissolução inicial dos aerossóis depositados seguida da dissolução contínua do material do telhado. Os valores mais altos de condutividade foram encontrados em escoamento de telhados de fibrocimento, sendo de 5 a 10 vezes maiores que os da água da chuva seguidos pelo de telhas de concreto e de folhas de zinco, ambos de 1 a 5 vezes ao da água de chuva (Forster, 1996). O pesquisador atribui a origem da condutividade à deposição seca e à dissolução do material do telhado.

Alves et al (2009) encontraram, em estudo realizado no sistema de aproveitamento de água de chuva do Aeroporto Internacional Tancredo Neves, em Belo Horizonte, em um ano de monitoramento, o valor máximo de sólidos dissolvidos de 161,0 mg/L na água armazenada no reservatório, mesmo valor máximo encontrado por Chapman et al (2008) em cuja pesquisa o valor médio foi de 33,1 mg/L. Em ambos os casos todos os

valores encontrados estiveram abaixo do limite de potabilidade de 500 mg L<sup>-1</sup> estabelecido pela Portaria 2.914/2011 (Brasil, 2011).

Melo & Andrade Neto (2007) observaram, estudando o efeito das primeiras águas na qualidade da água de chuva em três pontos da cidade de Natal, valores máximos de condutividade entre 0,02 e 0,06 mS. Jaques (2005) constatou, em Florianópolis, valores na mesma faixa, ficando a água antes de escoar pelo telhado com condutividade entre 0,01 e 0,023 mS e entre 0,011 e 0,075 mS após. Destaca-se que em ambos os casos os sistemas estavam com forte influência do aerosol marinho.

### 3.4 Metais

Em áreas urbanas, metais pesados, principalmente, podem incorporar-se à água de telhado, tendo sido encontrados em vários estudos que investigaram a qualidade química da água de chuva captada em telhados. Esses metais podem estar presentes na água de chuva, em depósitos no telhado e lixiviados do próprio material do telhado, sobretudo, alumínio, cobre, zinco e chumbo. Também se observa um decaimento com a continuação da chuva, com o escoamento do primeiro milímetro apresentando as maiores concentrações. Os metais são muito densos e sedimentam rapidamente acumulando-se no fundo dos reservatórios. Estudos apontam que a concentração de metais encontrada no sedimento é maior que na coluna líquida (Magyar et al, 2007; Peters et al., 2008). Esses últimos concluem, a partir de seus resultados, que um projeto cuidadoso do tanque de armazenamento com a adoção de mecanismos que evitem a suspensão do sedimento, garantiria uma água com menores concentrações de metais.

Com relação ao material do telhado diversos estudos mostram que a presença de metais está associada ao tipo de material utilizado nos telhados, nas calhas e tubos e nos tanques (Good, 1993; Quek & Forster, 1993). O ambiente em torno do local também contribui para a presença de metais, tanto por meio da deposição seca quanto da deposição úmida, verificando-se a tendência de maior concentração em áreas urbanas e industriais que na zona rural (Thomas & Greene, 1993). O pH da chuva tem um efeito evidente nas concentrações de metais sendo essas maiores quando ocorrem valores mais baixos de pH (He et al, 2001). Ainda segundo tais autores, a intensidade da chuva também pode influenciar a presença de metais, observando-se maiores concentrações em chuvas menos intensas. A concentração de metais também cresce com o aumento da idade do telhado (Good, 1993; He et al, 2001).

A inclinação do telhado também influencia a lixiviação de metais que é menor em telhados mais inclinados, conforme observado por Odnevall Wallinder et al (2000). Os referidos autores também demonstraram a influência da posição do telhado com maiores concentrações de metais em telhados voltados para a direção dos ventos dominantes.

Os metais podem ser encontrados na forma particulada ou na forma dissolvida e com diferentes perfis durante o escoamento. Enquanto a concentração total e particulada apresenta o efeito de primeiras águas com uma redução segundo uma exponencial negativa, a fração dissolvida apresenta uma queda menor o que pode ser atribuído à dissolução contínua da superfície de captação (Forster, 1996; Zobrist et al, 2000).

Gould (1999) relata, com base em trabalhos de outros autores, que a qualidade química da água de chuva armazenada é, de modo geral, boa, apresentando alguns poucos casos que excedem o valor limite de

potabilidade da Organização Mundial da Saúde, havendo alguns valores ligeiramente elevados de cobre e zinco sem, todavia, oferecer risco à saúde humana. Este autor aponta as elevadas concentrações de chumbo encontradas como o objeto mais comum de preocupação e cita os resultados de dois trabalhos para justificar tal preocupação, o primeiro na zona rural de Auckland (Nova Zelândia) detectou chumbo acima do padrão de potabilidade neozelandês, de  $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ , em 14,4% das amostras variando de  $0,011$  a  $0,14 \text{ mg L}^{-1}$  (Simmons et al, 2001) e o segundo na Malásia, encontrou concentrações de chumbo significativamente altas chegando a atingir 3,5 vezes o valor recomendado pela OMS (Yaziz et al., 1989).

As principais fontes de chumbo para contaminação da água de chuva armazenadas em cisternas são a deposição atmosférica decorrente da queima de gasolina com tetraetil chumbo ou em áreas com presença de fundição e a lixiviação do metal contido em materiais de construção expostos ao contato com a chuva, como telhados revestidos com tinta contendo chumbo, metais nas soldas de calhas etc; o primeiro desses fatores é de difícil controle pelo usuário de água de chuva, enquanto que o segundo, ao contrário, depende da concepção do projeto do sistema.

Huston et al. (2009), buscando caracterizar a deposição atmosférica como fonte de contaminação da água de chuva em cisternas urbanas, encontraram 14,2% das amostras com teores de chumbo acima do padrão de potabilidade da Austrália; apesar disto, a deposição atmosférica contribuía com apenas 25% da concentração de chumbo na cisterna, sinal de que a origem estava, possivelmente, no material do telhado, havendo necessidade de identificar mais precisamente a origem desse metal para só então definir estratégias de prevenção. Magyar et al. (2008) também encontraram altos valores alcançando a  $0,35 \text{ mg L}^{-1}$  relacionando-os com o material utilizado no telhado.

No Brasil, o ar nas cidades pode ser considerado relativamente livre da presença de chumbo desde que se iniciou a adição de álcool à gasolina tornando desnecessária a adição do aditivo a base de chumbo para elevar a octanagem. Corroborando com tal afirmação em estudo feito no Aeroporto Internacional Tancredo Neves, em Belo Horizonte, não foi detectada a presença de chumbo na água armazenada na cisterna (Alves et al., 2009).

Em estudo realizado para a Diretoria de Desenvolvimento da Água do Texas (TWDB na sigla em inglês), foram testados cinco tipos de telhado quanto à presença de chumbo e, embora presente em amostras coletadas em todos os telhados, a máxima concentração encontrada foi de  $0,009 \text{ mg L}^{-1}$ , valor abaixo do padrão de potabilidade (Mendez et al., 2011); mesmo assim, no início do escoamento este valor atingiu a concentração de  $0,04 \text{ mg L}^{-1}$  no telhado verde, atribuída à solda das calhas.

### 3.5 Conclusões

A água de chuva armazenada em cisternas é potável do ponto de vista químico mesmo em grandes centros urbanos. O motivo principal da preocupação com referência à qualidade da água para beber, é a presença de chumbo cuja origem parece estar relacionada mais com os materiais utilizados na superfície de captação, um fator controlável, portanto, que a deposição atmosférica, um fator de controle muito mais difícil.

Em casos nos quais a qualidade química não possa ser controlada uma estratégia a ser adotada é restringir os usos, evitando-se o uso da água para bebida ou preparo de alimentos.

## 4 QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE CHUVA E PROTEÇÃO SANITÁRIA DAS CISTERNAS

Durante o processo com o contato da água de chuva com componentes atmosféricos e superfície de captação e armazenamento pode haver contaminação microbiológica; tal situação pode ter diversas origens, tais como: atividades de insetos, aves e pequenos mamíferos, deposição atmosférica de microrganismos transportados por via aérea e pelo de recipientes contaminados para o transporte da água da cisterna para o interior da residência.

Apesar de tal versatilidade, o uso da água de chuva pode envolver algum risco; o pressuposto é de que essa fonte alternativa não tem a mesma confiabilidade que a água do sistema público, do ponto de vista microbiológico.

O risco de contrair doença usando água de chuva é pequeno, face à baixa prevalência e baixas concentrações de organismos patogênicos, o que resulta em baixas doses ingeridas. Estudos de avaliação quantitativa do risco microbiológico para pessoas expostas ao uso de água de chuva apontam para valores aceitáveis, embora superiores aos que se encontram na realidade e em estudos epidemiológicos.

### 4.1 A qualidade microbiológica e sua variação temporal

A maioria dos estudos acerca da qualidade microbiológica da água de chuva tem sido do tipo transversal e feitos em espaços de tempo reduzidos. Rodrigo et al. (2011) conduziram, na Austrália, uma pesquisa que tinha, entre outros, o objetivo de avaliar a variação da qualidade da água de chuva ao longo do tempo. Esses pesquisadores concluíram que os níveis de atividade microbiana avaliada pela contagem de bactérias heterotróficas eram altos na estação chuvosa e as cargas dessas bactérias nas cisternas eram mais altas no período de 24 a 48 h depois de um evento chuvoso. Este comportamento, no entanto, não foi observado para *E. Coli*.

Martinson & Thomas (2003) também observaram o efeito da ocorrência de chuva na concentração de microrganismos em cisternas sendo que, neste caso, a presença de *E. Coli* foi positivamente relacionada com a ocorrência de chuva destacando-se que ocorre um rápido decaimento logo após, como pode ser observado na Figura 4.

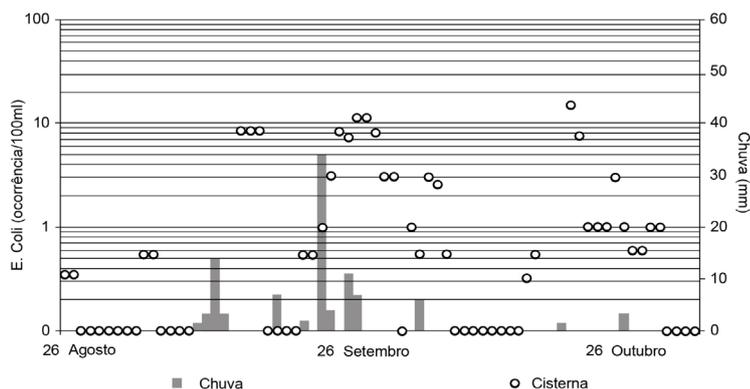


Figura 4. *E. coli* e eventos chuvosos  
Fonte: Martinson e Thomas (2003)

Gnadlinger (2007) avaliou a alteração da qualidade bacteriológica em um período de sete meses, em cisternas localizadas na propriedade do Instituto Regional de Pequena Agricultura Apropriada - IRPAA, em Juazeiro, BA; antes da chuva a prevalência de *E. Coli* foi de 7%, com valor máximo de 2 UFC 100 mL<sup>-1</sup>; durante o período chuvoso a prevalência foi de 32% com valor máximo de 36 UFC 100mL<sup>-1</sup> e após as chuvas, a prevalência foi de 0%.

## 4.2 Indicadores bacterianos em amostras de água de chuva

As cisternas com água de chuva contêm grande diversidade de microrganismos, cuja maioria é inócua à saúde humana que, na verdade, é ameaçada pela presença de organismos causadores de doenças gastrointestinais, o que inclui vírus, bactérias e protozoários. O uso deste grupo de bactérias como indicadores tem sido questionado devido a aspectos relativos à sua fraca correlação com patógenos específicos. Neste sentido, deve-se destacar a participação de outras fontes de contaminação a exemplo de deposição de partículas atmosféricas e material orgânico em decomposição sobre a superfície de captação e a possibilidade de contaminação microbiológica a partir de origens não fecais.

Dentre os patógenos mais citados na literatura como contaminantes de água da chuva estão as zoonoses causadas por bactérias e protozoários *Campylobacter jejuni*, *Salmonella, ssp.*, *Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia*. As águas das cisternas podem conter também organismos patogênicos oportunistas tais como *Aeromonas* e *Pseudomonas*, cuja ameaça limita-se aos indivíduos imuno-deprimidos; a maioria dos estudos envolvendo qualidade microbiológica de água de chuva continua, porém utilizando os indicadores usuais com os Coliformes Totais, Fecais, Termotolerantes e *E. coli*.

Estudos realizados por Ahmed et al. (2009) e Ahmed et al. (2010) sobre a prevalência e a correlação entre bactérias indicadoras e patógenos específicos em amostras de água de chuva armazenadas em cisternas, apontaram uma fraca correlação entre a presença do indicador e a presença de patógenos específicos. A Tabela 01 apresenta os resultados de pesquisas do referido autor bem como de outros, evidenciando a baixa correlação entre organismos indicadores e patogênicos.

Tabela 1. Prevalência de patógenos e de *E. coli* em amostras de água de chuva

Local	Número de amostras	<i>E. Coli</i> (%)	<i>C. Jejuni</i> (%)	<i>Salmonella ssp.</i> (%)	Referência
Queensland, Austrália	48	62	21	4	Ahmed et al., (2011)
Adelaide, Austrália	12	42	0	1	Chapman et al., (2008)
Brisbane, Austrália	11	36	0	0	Chapman et al., (2008)
Broken Hill, Austrália	10	0	0	0	Chapman et al., (2008)
Camberra, Austrália	10	50	10	0	Chapman et al., (2008)
Sydnei, australia	10	100	0	0	Chapman et al., (2008)
Wollongong, Austrália	12	100	0	8	Chapman et al., (2008)
Queensland, Austrália	84	65	1,1	20	Ahmed et al., (2009)
Austrália	27	63	4	11	Ahmed et al., (2008)
Queensland, Austrália	214		0,4	10,7	Ahmed et al., (2010b)
Singapura, (NUS) Island	50	42			Kaushik et al., (2012)
Austrália	100	58	1	17	Ahmed et al., (2010a)
Adelaide, Austrália	974	30,1	0(13 amost)*	0,2 (13 amost)*	Rodrigo et al., (2009)
Nova Zelândia	115		0	0,9	Simmons et al., (2001)

Evans et al., (2009) traçaram o perfil filogenético da microbiologia presente em água de chuva armazenadas em 22 cisternas localizadas em diferentes áreas, utilizando meios de cultura não seletivos para bactérias aeróbicas (Agar- RA, Agar nutriente- R2A) e anaeróbicas (Agar sangue) e sua posterior identificação através da técnica da PCR (Reação em Cadeia da Polimerase). Os autores constataram a presença de microrganismos provenientes de fontes não fecais, além de baixa prevalência de microrganismos entéricos.

Em uma pesquisa preliminar realizada por Coombes et al., (2006), utilizou-se o método PCR para examinar o DNA de bactérias em amostras de água de chuva. Os resultados da análise revelaram a presença de bactérias provenientes de fontes não fecais e embora os resultados da avaliação da qualidade da água de chuva utilizando Coliformes Fecais e Totais indicassem uma provável presença de agentes patogênicos, análises subsequentes utilizando métodos de PCR, revelaram que as espécies de bactérias presentes na água não eram de origem fecal, a exemplo do *Bacillus spp.* Portanto, os Coliformes utilizados para indicar a qualidade de água podem, de fato, subestimar a qualidade microbiológica da água de chuva para consumo humano.

Os autores verificaram, ainda, a eficiência de meios de cultura comercialmente utilizados (m- ColiBlue 24® e m -FC caldo com ácido Rosolic) para identificar *E. coli* e Coliformes Totais em amostras de água do sistema público e águas residuárias. Os resultados demonstraram que outros microrganismos, como *Bacillus licheniformis*, *Bacillus cereus*, *Aeromonas hydrophila*, *Enterococcus faecalis* e *Pseudomonas aeruginosa*, podem crescer em meios comercialmente aprovados indicando que o uso desses testes para avaliar a presença de indicadores pode resultar em uma quantificação enganosamente superior à do nível de contaminação fecal da água de chuva, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados da presença de bactérias por diferentes meios de culturas

Bactéria	Meios de cultura	
	m-Colibblue24	m-FC
<i>Escherichia coli</i>	Presente	Presente
<i>Bacillus licheniformis</i>	Presente	Presente
<i>Bacillus cereus</i>	Ausente	Ausente
<i>Aeromonas</i>	Presente	Ausente
<i>Hydrophila</i>		
<i>Pseudomonas</i>	Ausente	Ausente
<i>Aeruginosa</i>		
<i>Enterococcus faecalis</i>	Presente	Ausente

Ressalta-se, ademais, que os indicadores usuais de doenças ainda podem ser extremamente úteis para determinar a contaminação da água incluindo as mudanças sazonais na sua qualidade, bem como para avaliar a eficiência do tratamento de águas superficiais.

### 4.3 Análise quantitativa de risco microbiano (AQRM)

A adequabilidade da água para todos os fins pode, no entanto, ser estimada utilizando-se uma ferramenta importante para identificar o risco de infecção associado com a utilização potável e não potável de água: a Análise Quantitativa de Risco Microbiológico (AQRM).

A AQRM é composta de quatro passos probabilísticos e cenários bem definidos para então estimar os

riscos para a saúde das pessoas, a partir da exposição a patógenos especificados; essas quatro etapas são: identificação de perigos; avaliação da exposição; avaliação de dose-resposta e caracterização do risco.

Uma AQRM realizada por Fewtrell e Kay (2007) estimaram o risco de infecção por *Campylobacter ssp.* através do uso de descarga e bacia sanitária alimentada com água de chuva, em casas do Reino Unido e concluíram que o risco de descarga do vaso sanitário com a água da chuva é da ordem de 10<sup>-8</sup> DALY(1), bem abaixo do que é considerado aceitável pela OMS (WHO, 2005), 10<sup>-6</sup> DALY. Estudos têm sido conduzidos para reavaliar esse padrão da OMS considerado muito restritivo. Prevê-se que seja proposto um valor entre 10<sup>-5</sup> e 10<sup>-4</sup> DALY (MARA, 2010) Cohim (2009) utilizou a metodologia AQRM para avaliar os riscos decorrentes da utilização de água de chuva para banho em eventos de gastroenterite verificando que o aumento deste evento seria de 0,03%, classificando-o como insignificante.

Um estudo australiano utilizou a metodologia de AQRM para quantificar o risco de infecção associado à exposição a patógenos encontrados em amostras de água de chuva utilizada como água potável ou não potável. Os riscos foram calculados para exposição a *Salmonella ssp. G. lambia* e *L. pneumophila* em cenários diferentes. Os valores encontrados foram superiores ao preconizado pela OMS; entretanto, os próprios autores recomendam a revisão dos parâmetros adotados visto que os riscos avaliados superam o que se poderia supor, em face dos casos de doença associada de fato à água de chuva (Ahmed et al., 2010).

Assim, tem-se verificado fraca correlação entre a prevalência de indicadores microbiológicos e a presença de patógenos em amostras de água de chuva capatadas e armazenadas em cisternas, o que permite supor que a qualidade microbiológica da água de chuva é maior que aquela inferida pela presença de organismos indicadores.

#### 4.4 Estudos epidemiológicos

Alguns estudos epidemiológicos foram realizados com o objetivo de se encontrar os níveis de associações entre casos de doença gastrointestinal e o consumo de água de chuva.

Um estudo de coorte feito por Heyworth et al. (2006) nos meses de janeiro a março de 1999, na Zona Rural do Sul da Austrália, avaliou os potenciais riscos de ocorrer gastroenterite entre 1.016 crianças com idade de 4 a 6 anos que bebiam água de chuva não tratada, em comparação com aquelas na mesma faixa etária, que consumiam água da rede pública e de outras fontes de abastecimento.

Para os autores, o consumo regular de água de chuva não tratada não aumentou os riscos de gastroenterite na população em comparação com a que consome água da rede pública de abastecimento, conforme indicado na Tabela 3; os autores ressaltam, todavia, que tais dados podem refletir uma imunidade pré-existente devido a uma exposição anterior aos patógenos e, portanto, não refletir os riscos aos quais novos consumidores de água de chuva não tratada estariam expostos.

Tabela 3. Incidência de gastroenterite entre crianças de 4-6 anos de idade

Tipo de água consumida	Número de crianças	Número de episódios	Anos em risco	Incidência/ Criança/dia	Intervalo de confiança (95%)
Só rede pública	140	99	13,5	7,3	6-8,9
Apenas água de chuva	406	196	41,8	4,7	4,1-5,4
Água de chuva mais rede pública	314	176	31,0	5,7	4,9-6,6
Água de rede pública e água de rio	29	12	2,9	4,1	2,3-7,2
Rede pública, água de chuva e rio	57	22	5,7	3,8	2,5-5,8

Fonte: Heyworth et al., (2006)

Rodrigo et al. (2011) realizaram um estudo duplo-cego randomizado e controlado com o objetivo de avaliar se o consumo de água de chuva sem tratamento aumentava os riscos de gastroenterites; este estudo envolveu 300 famílias com, no mínimo, duas crianças, no total de 1.352 moradores da zona metropolitana de Adelaide, consumidoras de água de chuva sem tratamento. Metade das residências recebeu unidades de tratamento de água ativo e a outra metade o mesmo sistema sem os componentes internos. Os participantes registraram diariamente, entre junho de 2007 a agosto de 2008, os novos casos de gastroenterite cujos resultados constataram que o consumo regular de água de chuva não tratada não contribuiu para aumentar os riscos de gastroenterite na comunidade estudada sendo a incidência de doenças entre os que usaram água não tratada, um pouco menor que entre a outra metade que usou água tratada; esses resultados foram os mesmos para adultos e crianças.

É importante destacar que neste estudo foi feita uma avaliação da qualidade microbiológica da água encontrando-se a presença de *E. Coli* em 30% das 974 amostras coletadas, com concentrações variando de 1 a 2,400 UFC 100mL<sup>-1</sup>; os autores não observaram qualquer relação entre a qualidade da água e a incidência de doença.

## 5 MANEJO PARA MELHORAR A QUALIDADE

Conforme já apresentado neste capítulo, a água da chuva, sendo fruto de um processo natural de destilação, é totalmente isenta de impurezas, tanto químicas quanto microbiológicas. Porém, ao passar pela atmosfera e escoar sobre o telhado, incorpora gases e poeiras resultando em uma água cuja concentração final depende de inúmeros fatores variáveis no tempo e no espaço. Sendo alguns dos fatores mais importantes, a qualidade do ar, a intensidade da chuva, a direção e a velocidade dos ventos, o material do telhado e do sistema de aproveitamento, são alguns dos fatores mais importantes.

As rotas de contaminação mostradas na Figura 1 indicam os pontos para introdução das barreiras sanitárias inclusive aquelas de natureza passiva já que unidades do próprio sistema de captação de água de chuva são, por si próprias, barreiras sanitárias que reduzem a contaminação, conforme já comentado e mostrado na Figura 1. Um sistema de aproveitamento de água de chuva bem projetado e recebendo boa manutenção pode fornecer uma água segura, inclusive para beber. Para isto, é necessário um Plano de Segurança da Água (PSA) conforme preconizado no documento WHO Water Safety Plans, Managing drinking - water quality from catchment to consumer (2005) e citado por Gnadlinger (2007) e RAIN (2008).

O PSA privilegia a prevenção, ao invés da abordagem de fim de tubo cuja lógica é tentar resolver o problema consumado tratando a água, conforme mostrado na Figura 5.

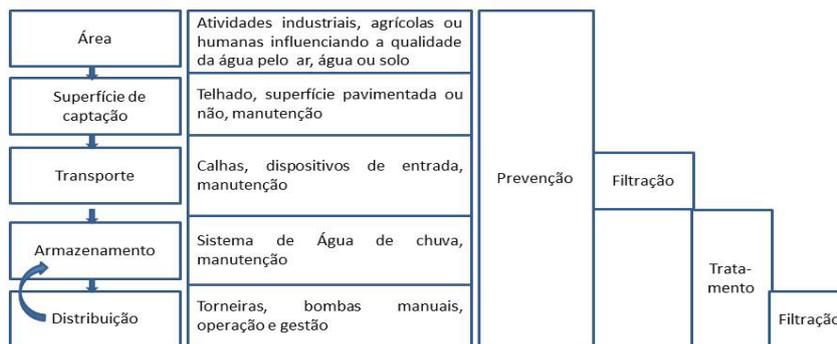


Figura 5 - Mapeamento dos riscos de contaminação em um sistema de aproveitamento de água de chuva

Fonte: RAIN (2008)

Deve-se levar em conta, no PSA, que o número de pessoas atendidas pelo sistema de aproveitamento de água de chuva influencia o risco à saúde em casos de contaminação, sendo menor em sistemas domiciliares cuja população exposta se restringe ao grupo familiar. Este risco tende a crescer no caso de escolas e prédios públicos em decorrência do aumento da população usuária e da disseminação da doença em outros grupos.

O conhecimento da área envolve a identificação dos fatores externos que influenciam a qualidade da água de chuva podendo ser físicos ou sociais. Os fatores físicos dizem respeito às condições do entorno, a exemplo da intensidade da atividade industrial ou do tráfego, relacionados com a produção de contaminantes químicos e com o volume inicial a ser desviado. Esses fatores são de difícil controle e, nos casos em que são objeto de preocupação, o mais prudente seria restringir os usos da água àqueles menos exigentes em termos de qualidade.

Já os fatores sociais incluem a avaliação das atitudes das pessoas e o grau de educação e o reflexo disto no grau de conscientização da relação entre água e saúde e higiene, além da disposição para adoção de medidas de gestão e manutenção do sistema de aproveitamento de água de chuva.

A superfície de captação é a área na qual a chuva é coletada, geralmente telhados, mas podendo incluir outras áreas pavimentadas. O material utilizado nessas áreas, conforme já comentado, pode contribuir para a contaminação físico-química da água enquanto o acesso de pessoas e animais colabora para o aumento da contaminação biológica. Medidas como o uso de materiais não tóxicos nas áreas de captação e a inibição ou restrição à visita de pessoas e animais a essas áreas, contribuem para reduzir o aporte de contaminantes na água armazenada; esta última pode ser conseguida com a poda de galhos que se projetem sobre o telhado, por exemplo.

O sistema de condução da água desde a superfície de captação até a cisterna inclui as calhas coletoras, os tubos de descida e de entrada e saída. A contaminação pode ser evitada pelo uso de materiais não tóxicos e da limpeza frequente das calhas para evitar o acúmulo de água e de matéria orgânica.

Tendo em vista que pode haver algum nível de contaminação durante a etapa anterior (área de captação) devem ser instalados filtros na entrada ou no final das calhas para evitar a entrada de pequenos animais e outras impurezas. Recomenda-se o uso de um filtro com abertura de 5,0 mm na entrada do condutor vertical e um segundo, mais fino, com abertura entre 0,2 e 0,8 mm antes da entrada na cisterna e que deve resistir ao esforço provocado por uma vazão de cerca de 2,0 L/s.

Tem-se já reconhecido que a maior parte dos contaminantes se incorpora à água quando esta lava a superfície de captação no início do escoamento; o objetivo é precisamente desviar essas primeiras águas, mais contaminadas, permitindo a entrada na cisterna apenas da parcela mais limpa.

Esses dispositivos existem em diversas configurações, ou seja, podem ser do tipo vasos comunicantes, do tipo fecho hidráulico, com bloqueio por boia, etc, seja qual for o desenho; entretanto, devem ser automáticos, tanto para o desvio quanto para o esvaziamento, para reduzir a dependência de ação do usuário.

O volume a ser desviado ainda não é um objeto de consenso, nem poderia sê-lo; as condições locais, em termos de deposição atmosférica, úmida ou seca, assim como a inclinação do telhado e a intensidade da chuva vão reger o perfil da qualidade da água ao longo do escoamento. A recomendação da altura de chuva a ser desviada varia de 0,3 a mais de 3,0 mm nos diversos guias de utilização de água de chuva, sendo mais comum a recomendação de desviar o primeiro milímetro de chuva.

Thomas e Martinson (2007) propõem este método segundo a qual a turbidez da água cai pela metade a cada milímetro de chuva que escoar; desta forma e conhecendo a turbidez inicial e se sabendo a desejada e

recomendam ser de 20 UNT, com o que se poderia chegar ao volume a ser descartado conforme a Tabela 4. Este método, contudo, induz ao descarte de um volume desnecessariamente alto.

Tabela 4. Quantidade de água a ser descartada (mm) em função da turbidez inicial e da turbidez desejada

Turbidez inicial (NTU)	Turbidez desejada (NTU)			
	50	20	10	5
50	0	1,5	2,5	3,5
100	1	2,5	3,5	4,5
200	2	3,5	4,5	5,5
500	3,5	4,5	5,5	6,5
1.000	4,5	5,5	6,5	7,5
2.000	5,5	6,5	7,5	8,5

A cisterna é o local onde a água é armazenada para uso posterior; sua contaminação pode ser prevenida evitando-se o uso de materiais não tóxicos em sua construção, usando-se uma cobertura que evite a exposição da água à luz do sol e a entrada de pessoas, animais e matéria orgânica, além de evitar a proliferação de insetos.

Ainda assim, ocorre a passagem de contaminantes em algum nível nas etapas anteriores. Arranjos de entrada e saída também podem ser importantes instrumentos para melhorar a qualidade da água de cisternas. A entrada com um tranquilizador, também denominado freio d'água, evita a ressuspensão do sedimento do fundo do tanque, preservando a qualidade da coluna líquida (Figura 6). A captação a cerca de 0,15 m da superfície da água é uma medida que ajuda na obtenção de água de melhor qualidade. Considerando o intenso processo de decantação que ocorre em uma cisterna e o decaimento bacteriano ao longo do período de armazenamento, a água de melhor qualidade fica, em geral, na parte superior do tanque. A Figura 6 apresenta o dispositivo para essa melhoria.

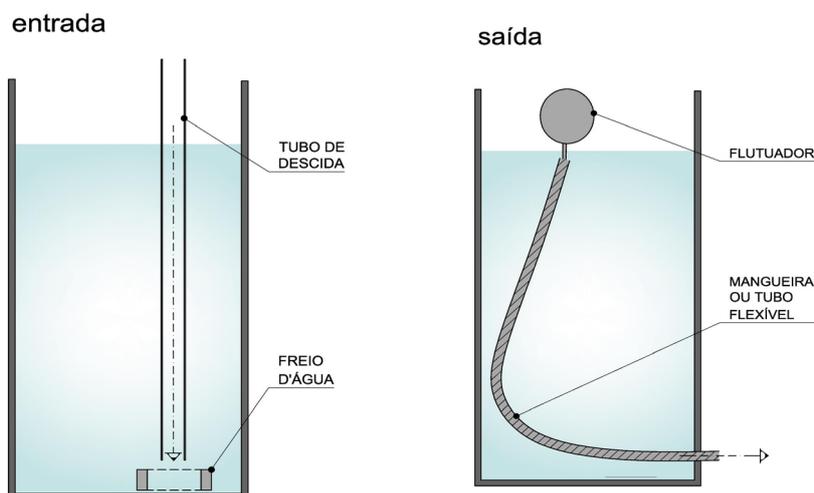


Figura 6. Dispositivos de entrada (a) e de saída (b) em cisternas

A mistura da água da cisterna com água de outras fontes só deve ocorrer se houver segurança quanto à qualidade da outra fonte. No caso de sistemas de aproveitamento em meio urbano, em que a água de chuva é uma fonte complementar, a cisterna deve ser complementada com água do sistema público para atender aos usos previstos quando a água da cisterna não for mais suficiente para atendê-los.

A retirada da água e sua condução ao ponto de uso devem ser objeto de atenção para evitar a contaminação; neste sentido, a principal estratégia de prevenção é conscientizar o usuário da importância de boas práticas de higiene visto que a não observância disto no manuseio da bomba e das torneiras nos pontos de uso além do uso de vasilhas sujas após sua retirada da cisterna, podem levar à contaminação da água.

O uso da água de chuva em áreas urbanas é de natureza complementar ao sistema público. Por outro lado, os sistemas de aproveitamento têm um caráter eminentemente individual; assim, quase sempre será necessário abastecer o reservatório de água de chuva com água do sistema público, o que deverá ser feito de forma a evitar a contaminação da última, para o que é prudente que a distância mínima entre a entrada de água da rede e a cota máxima de água de chuva seja de 0,30 m.

A limpeza da cisterna só é recomendada em último caso e em situações excepcionais; entretanto, a remoção do lodo deve ser feita a cada 2 ou 3 anos.

O PSA deve incluir, ainda, a entrega ao usuário de um documento em que constem os resultados das análises apresentadas nos parágrafos precedentes, tal como todas as medidas a serem tomadas durante a operação normal e em casos de emergência.

O PSA deve, também, prever uma vigilância da qualidade da água e da situação do sistema de aproveitamento de água de chuva que deve ser objeto de vigilância contínua, estabelecendo um percentual dos sistemas a ser visitado anualmente.

Adotando-se a este conjunto de medidas, dificilmente será necessário tratar a água antes de usá-la, sobretudo na área urbana, onde podem ser eleitos os usos compatíveis com a qualidade possível em cada local.

Considerando-se, porém, a natureza de fonte alternativa suplementar para poupar água do sistema público, a água de chuva poderia ser usada para outros fins que não envolvam sua ingestão, cujo caso deveria passar por tratamento, nos quais poderiam ser usado filtros de “vela” ou outro processo físico como, por exemplo, a exposição aos raios ultravioleta.

A segurança microbiológica da água visa à prevenção de doenças; assim, é importante que o tratamento não traga consequências negativas, a exemplo daquelas associadas aos subprodutos da desinfecção (SPD).

Neste sentido, o cloro deve ser evitado já que a formação de subprodutos cancerígenos representa risco real a médio e longo prazos o qual pode ser exacerbado pela falta de controle da dosagem durante a aplicação a nível doméstico. Diversos estudos mostram o aumento dos casos de câncer associados aos SPD, a exemplo do que foi conduzido por Vilanueva et al. (2006) verificaram que uma concentração de  $50 \mu\text{g L}^{-1}$  de trihalometanos na água de abastecimento dobra o risco de câncer na bexiga.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade da água de chuva é suficiente para permitir seu uso nas mais diversas atividades domésticas, inclusive bebida e preparação de alimentos. Para usos mais exigentes em termos de qualidade recomenda-se,

entretanto, uma desinfecção a despeito dos estudos que mostram o baixo risco do uso da água para tais fins quando comparada com a água do sistema público, conforme mostrado por Heyworth (2005).

Embora seja frequente o relato da presença de coliforme termotolerante em água de chuva, poucos estudos narram episódios de doenças relacionadas ao seu uso; mesmo assim, existe certo risco microbiológico decorrente do uso de água de chuva para beber, embora pequeno, como mostram estudos epidemiológicos realizados em comunidades usuárias de água de chuva. Além disto, é preciso que se considere que o risco de doenças gastrointestinais é multifatorial podendo ocorrer em virtude da ingestão de alimentos contaminados, higienização precária ou até mesmo através do contato com uma pessoa doente. Apesar disto se observa uma aceitação cada vez maior da água de chuva para os diversos fins domésticos, inclusive bebida e preparo de alimentos.

Seja qual for, contudo, a decisão a ser tomada quanto ao uso da água para bebida, deve ser levada em conta a deterioração da qualidade das águas superficiais como consequência do lançamento de esgotos, contendo resíduos de fármacos, hormônios, biocidas etc. Tais produtos não são, ao menos ainda, medidos de forma regular em sistemas de abastecimento de água o que deixa grande incerteza com relação à segurança de ingerir essas águas.

Segundo Andrade Neto (2013) em futuro próximo, as pessoas irão beber água de chuva, haja vista que esta água será a mais fácil de ser potabilizada quando já não for potável; ao que tudo indica, a previsão do autor já se confirma quanto à qualidade das águas; quanto à preferência das pessoas, é uma questão de um pouco mais de tempo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, S.; Caughley, B. Roof-Collected rainwater consumption and health. In: Pacific Water Conference, 5, 2012, Proceedings..... Auckland: Pacific Water and Wastes Association, 2012. CD Rom.
- Ahmed, W.; Gardner, T.; Toze, S. Microbiological quality of roof-harvested rainwater and health risks: A review. *Journal of Environmental Quality*, v.40, v.13-21, 2011a.
- Ahmed, W.; Goonetilleke, A.; Gardner, T. Microbiology of water reuse and alternative supplies. Quantitative detection of pathogens in roofharvested rainwater. *Official Journal of the Australian Society for Inc.* v.30, p.35-37. 2009.
- Ahmed, W.; Goonetilleke, A.; T. Gardner, T. Implications of faecal indicator bacteria for the microbiological assessment of roof-harvested rainwater quality in southeast Queensland, Australia. *Canadian Journal of Microbiology*, v.56, p.471–479 2010a.
- Ahmed, W.; Hodgers, L.; Sidhu, J. P. S. And Toze, S. Fecal indicators and zoonotic pathogens in household drinking water taps fed from rainwater tanks in Southeast Queensland, Australia. *Applied and Environmental Microbiology*, . v.78, p.219-226, 2012,
- Ahmed, W. F.; Huygens, F.; Goonetilleke, A. Gardner, T. Real-time PCR detection of pathogenic microorganisms in roof-harvested rainwater in Southeast Queensland, Australia. *Applied and Environmental Microbiology*. v.74, p.5490–5496, 2008.

- Ahmed, W.; Vieritz, A.; Goonetilleke, A.; Gardner, T. Health risk from the use of roof-harvested rainwater in Southeast Queensland, Australia, as potable or nonpotable water, determined using quantitative microbial risk assessment. *Applied and Environmental Microbiology*, v.76, p.7382–7391, 2010b .
- Alves, H. O.; Machado E Silva, M. D. F.; Calijuri, M. L.; Candido, M. Z.; Moreira Neto, R. F. Aproveitamento de água pluvial no Aeroporto Internacional Tancredo Neves, MG. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25, 2009, Recife. Anais.....Recife: ABES, 2009. CD Rom.
- Andrade Neto, C. O. Aproveitamento imediato de água de chuva. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, v.1, p.73-86, 2013
- Anecchini, K. P. V. Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES).Vitória: UFES, 2005. 150p. Dissertação Mestrado
- Brasil, Ministério da Saúde. Portaria 2.914, 12 de dezembro de 2011: Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Portaria do Ministério da Saúde, Brasília, DF, 2011.
- Chapman, H.; Cartwright T.; Huston, R.; O’Toole J. Water quality and health risks from urban rainwater tanks. Salisbury SA, Australia: Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment, 2008. 92p. Report n.42.
- Coombes, P. J.; Dunstan, H.; Spinks, A.; Evans, C. And Harrison, T. Key Messages from a decade of water quality research into roof collected rainwater supplies. National Hydropolis Conference, 1, 2006, Western. Anais.... Western: Burswood Convention Centre Perth, 2006. CD Rom.
- Cohim, E. É seguro usar água de chuva para banho? Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. “Captação e manejo de água de chuva: Avanços e desafios em um mundo de mudanças”, 7, 2009. <<http://www.cesec.ufpr.br/sispred/atas/artigos/204%20final.pdf>>. 4 Jun. 2013.
- Evans C. A.; Coombes, P. J.; Dunstan, R. H.; Harrison, T. Extensive bacterial diversity indicates the potential operation of a dynamic micro-ecology within domestic rainwater storage systems. *Science of the Total Environment*, v.407, p.5206–5215, 2009.
- Fewtrell, L.; Kay, D. Quantitative microbial risk assessment with respect to *Campylobacter* Spp in toilets flushed with harvested rainwater. *Water and Environmental. Journal*, v.21, p.275-280, 2007.
- Gadd, J.; Kennedy, P. House Roof Runoff: Is it as clean as we think? In: South Pacific Stormwater Conference, 2, 2001, Auckland,. Proceedings... Auckland: Ewater, 2001. CD Rom.
- Gnadlinger, J. Rumo a um padrão elevado de qualidade de água de chuva coletada em cisternas no semiárido brasileiro. Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 6, 2007, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: ABCMAC, 2007. CD Rom.
- Gould, J. S. In: International rainwater catchment systems conference: Rainwater Catchment: An answer to the water scarcity of the next millennium, 9, 1999, Pretrolina. Proceedings..... Petrolina: International Rainwater Catchment Systems Association, 1999. CD Rom. en Health. Guidance on use of rainwater tanks. Canberra: Australian Government, Department of Health & Ageing. 2004. 80p.
- Heyworth, J. S.; Glonek, G.; Maynard, E. J.; Baghurst, P. A.; Finlay-Jones, J. Consumption of untreated tank rainwater and gastroenteritis among young children in South Australia. *International Journal of Epidemiology*, v.35, p.1051-1058, 2006.

- Huston, R.; Chan, Y. C.; T. Gardner; Shaw G.; Chapman H. Characterization of atmospheric deposition as a source of contaminants in urban rainwater tanks. *Water Research*, v.43, p.1630-1640, 2009.
- Jaques, R.C. Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações. Florianópolis: UFSC, 102p.
- Magyar, M. I.; Mitchell, V. G.; Ladson, A. R.; Diaper, C. Lead and other heavy metals: Common contaminants of rainwater tanks in Melbourne. In: *Hydrology and Water Resources Symposium 31, and 4, 2008, International Conference on Water Resources and Environmental Research Water Down Under*. Victoria: HERDC, 2008. p.409-417.
- Martinson D. B.; Thomas T. Quantifying the first-flush phenomenon. In: *International Rainwater Catchment Systems Conference, 12, 2005, New Delhi. Proceedings...* New Delhi: International Rainwater Catchment Systems Association, 2005. CD Rom.
- Martinson, D. B. E.; Thomas, T.; Better, F. Cheaper: Research into roofwater harvesting for water supply in low-income countries. In: *American Rainwater Catchment Systems Conference, 1, 2003, Austin. Proceedings....* Austin: American Rainwater Catchment Systems Association, 2003. CD Rom.
- Melo, L. R. da C.; Andrade Neto, C. O. de. Variação da qualidade da água da chuva em três pontos distintos da cidade de Natal - RN. In: *Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte. Anais.....* Belo Horizonte: ABES, 2007. CD Rom.
- Mendez, C. B.; Klenzendorf, J. B.; Afshar, B. R.; Simmons, M. T.; Barrett, M. E.; Kinney, K. A.; Kirisits, M. J. The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater. *Water Research*, v.45, p.2049-2059., 2011.
- Odnevall W. I.; Verbiest, P.; He, W.; Leygraf, C. Effects of exposure direction and inclination on the runoff rates of zinc and copper roofs. *Corrosion Science*, v.42, p.1471-1487, 2000.
- Quek, U.; Förster, J. Trace metals in roof runoff. *Water, Air, and Soil Pollution*, 68, p.373-389, 1993.
- Rodrigo, S. Sinclair, M.; Forbes, A.; Cunliffe, D.; Leder, K. Drinking rainwater: A double-blinded, randomized controlled study of water treatment filters and gastroenteritis incidence. *American Journal of Public Health*, v.101, p.842-847.2011,
- Silva, N. M. D. da. Qualidade microbiológica das águas de chuva em cisternas da área rural do município de Inhambupe, no semiárido baiano e seus fatores intervenientes. Salvador: UFBA, 2013. 141p. Dissertação Mestrado
- Thomas, P. R.; Greene, G. R. Rain water quality from different roof catchments. *Water Science and Technology*, v.28, p.291-297, 1993.
- Thomas, T. H.; Martinson, D.B. Roofwater harvesting. A handbook for practitioner. Delft: International Water and Sanitation Centre. 2007. 160p. Technical Paper Series, 49.
- Toze, S.; Ahmed, W.; Hodgson, L.; Sidhu, J. Microbial quality of roof harvested rainwater good enough to drink? em: <<http://publicationslist.org/data/pdf>>. 4 Jun. 2013.
- WHO - World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. Geneva: WHO, v.1. 3.ed. 2004. 564p.
- WHO - World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. 4.ed.. Genebra: WHO, 2011. 541p.
- World Water Assessment Programme. The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World. Paris: UNESCO, and London: Earthscan. 2009. 442p.
- Xavier, R. P. Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano. Campina Grande: UFCG, 2010. 114p. Dissertação Mestrado

- Xavier, R. P.; de Ceballos, B. S. O.; Nóbrega, R. L. B.; Galvão, C. de O. Análise da Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas rurais. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 11, 2012 João Pessoa. Anais.....João Pessoa: ABRH, 2012. CD Rom.
- Yaziz, M. I.; Gunting, H.; Sapari, N.; Ghazali, A. W. Variations in rainwater quality from roof catchments. Water Research, v.23, p.761–765, 1989.



# CAPÍTULO 10

## POLÍTICAS E PROGRAMAS DE INCENTIVO PARA A UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SETOR URBANO\*

Grace Tjandraatmadja  
Ashok K. Sharma

\*Traduzido do original em inglês por:  
Elizabeth Szilassy e Johann Gnadlinger

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4

 **INSA**  
INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

# **POLÍTICAS E PROGRAMAS DE INCENTIVO PARA A UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SETOR URBANO**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	213
<b>2 PROMOÇÃO DE CAC</b>	213
2.1 A gestão da mudança	213
2.2 Tipos de mecanismos de promoção aproveitamento de água de chuva	216
2.3 Políticas de Captação de Água da Chuva e Implementação	217
2.3.1 Passos para a promoção da CAC	219
<b>3 ESTUDOS DE CASO SOBRE POLÍTICAS E INCENTIVOS PARA PROMOÇÃO DA CAC</b>	220
3.1 Estados Unidos da América	221
3.2 Japão	222
3.3 Índia	223
3.4 Austrália	224
3.5 Resumo dos resultados do estudo de caso	225
3.6 Eficácia das ferramentas na promoção de CAC	226
3.6.1 Eficácia dos incentivos financeiros	226
3.6.2 Eficácia da legislação	229
3.6.3 Acesso à informação	230
3.6.4 Resultados perversos	231
3.6.5 Perspectivas de longo prazo	231
<b>4 CONCLUSÕES</b>	232
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	233

## 1 INTRODUÇÃO

Nas áreas urbanas, um sistema de água encanada centralizado tem sido tradicionalmente o Santo Graal de um abastecimento de água seguro e confiável. No entanto, a colheita de água da chuva (CAC) é adotada em muitas cidades do mundo por segmentos da população com acesso limitado à água encanada, muitas vezes devido a limitações de capacidade de infraestrutura existente de abastecimento de água, ou, como projetos de vitrine de sustentabilidade, impulsionado pelo setor privado e políticas de Estado para aliviar a demanda sobre os recursos de água doce. Nos últimos anos, o papel de aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas tem sido revisitado. O potencial de aproveitamento de água de chuva para reduzir a escassez de água, infraestrutura de aumentar o atraso, e gerenciar o escoamento de água de chuva torrencial, criou um renovado interesse na adoção de sistemas de captação de águas pluviais em áreas urbanas (Baguma & Loishkandl, 2010; Herrmann & Schimda, 1999; Coombes et al., 2002; Ghisi & Oliveira de, 2007; Parsons et al., 2010, Vialle et al., 2011; Khalid et al., 2012; Zhang et al., 2010).

A adoção de CAC é um fenômeno global e mais comumente envolve a aquisição de um tanque de água da chuva. Muitos países incentivam e promovem a aceitação da tecnologia de reservatórios de água de chuva dentro de suas comunidades, incluindo, Austrália (Tjandraatmadja, et al., 2013), Bélgica (Cornutt et al. 2006), partes do Canadá e dos EUA (Farabakhsh et al., 2009; US EPA, 2013), Alemanha (Herrmann & Schimda, 1999), Índia (CSE, 2013; Stiefel et al., 2009), Japão (Furumai et al., 2010), Coreia (Han, 2010), Malásia (Khalid et al., 2012), e no Reino Unido (Ward et al., 2012). Uma grande variedade de instrumentos e ferramentas são usados para promover a CAC. Estes incluem abordagens regulatórias, como a política e legislação; padrões da indústria e diretrizes; incentivos financeiros; programas de educação e campanhas de sensibilização, entre outros. Neste capítulo, vamos examinar os diversos mecanismos utilizados para apoiar a implementação da CAC em todo o mundo, com foco em instrumentos de regulamentação e programas de incentivo. Examinamos o contexto de sua aplicação e sua eficácia. Primeiro, apresentamos um quadro para a compreensão de mudança tecnológica e os diferentes mecanismos que podem ser utilizados para implementar a mudança. Usando estudos de caso selecionados, podemos então descrever estas iniciativas e, concluir com informações úteis para promover o sucesso na adoção da tecnologia de aproveitamento de água da chuva.

## 2 PROMOÇÃO DE CAC

### 2.1 A gestão da mudança

O abastecimento de água em áreas urbanas é largamente controlada por entidades governamentais ou de política regulatória. Geels (2002) defendeu que a mudança sócio-tecnológica ocorre em resposta à pressão. Se interna ou externa, a pressão precisa crescer até ela afetar vários níveis da sociedade: a partir de áreas de nicho para a inovação, para o regime sócio-técnico e, finalmente, a paisagem sócio-técnica, para levar a mudança. A pressão pode ser causada por uma combinação de fatores exógenos (externos) e fatores endógenos (internos). Por exemplo, a seca e a escassez de água são fatores exógenos que afetam a paisagem e se tornam maiores impulsionadores para a promoção da CAC, enquanto o acesso à tecnologia de abastecimento de água alternativo ou pressão de grupos sociais que podem influenciar as regras e as decisões políticas são fatores endógenos (Moglia et al., 2013). Ao nível do regime, pressões endógenas são causadas pela política, as forças de mercado, indústria, tecnologia, ciência e cultura.

Mudança de pressões obriga sociedades a se adaptarem e re-examinarem a coordenação dos recursos (naturais, dons, habilidades, conhecimento), dentro e fora de um regime (Smith, 2005), numa tentativa de melhorar a sua governança (Pahl-Wostl, 2009).

Assim, a mudança de regime requer duas dimensões: a disponibilidade de recursos e um grau de coordenação da implantação de recursos (Smith et al., 2005). Qualquer transição se torna coordenada em algum momento através do alinhamento das visões e atividades de diferentes não;

- instituições normativas: o que é considerado certo e errado para os padrões da sociedade; e
- instituições culturais - cognitivas: o que é pensável e impensável (com base em modelos mentais).

O espaço regulador é onde os governos agem por meio de políticas, legislação e normas, enquanto os espaços normativos e culturais-cognitivos estão ligados a construções sociais e necessitam de mais tempo para evoluir e mudar. Para alterar com sucesso um regime requer um processo que, ao longo prazo, é capaz de transformar os três pilares institucionais.

O setor da água tem estado tradicionalmente sob um paradigma de “comando e controle”, onde a governança é centralizada, rigidamente regulamentado, dominado por atores governamentais, caracterizada por uma cultura de conhecimento de peritos e dependência de soluções tecnológicas de grande escala para problemas bem definidos. Neste setor, as principais barreiras para a mudança são: a inércia das instituições; a resistência à mudança nas estruturas de poder; e a percepção de custos associados com qualquer transformação (Pahl-Wostl, 2009).

CAC representa um novo desafio para tal modelo de governança tradicional, dado que a propriedade, responsabilidade e manutenção dos sistemas de CAC é do proprietário do imóvel. Preocupações surgem do poder de distribuir água de chuva dos reservatórios, bem como a necessidade de garantir a integridade dos tanques e a salvaguarda da saúde pública, por exemplo, de ter doenças transmitidas pelo mosquito (Moglia et al., 2012). Portanto, há uma mudança de paradigma do modelo tradicional de fornecimento de água, centralizado para um modelo de coexistência de abastecimento e aproveitamento de água de chuva distribuída, onde os proprietários de tanques individuais tornam-se atores-chave na captação e, em especial, na operação de longo prazo de sistemas de água da chuva (Ward et al., 2012, Moglia et al., 2013). Sob tal contexto, a política do governo tem um papel fundamental para a transição CAC de nicho para uma tecnologia convencional, que pode coexistir com o abastecimento de água centralizado em áreas urbanas.

A compreensão da tomada de decisão humana e comportamento social tornam-se importantes neste novo contexto (Ward et al., 2012). Várias teorias sociais defendem que a tomada de decisão é impulsionada por processos internos e que, para ser contratado, o indivíduo precisa ver a CAC como relevante para ele / ela mesmo/a, aceito por seu grupo normativo e de se sentir competente para gerir a mudança. Para promover a mudança, o fornecimento de informações e orientações relevantes pode ajudar a melhorar a eficácia e internalizar novas normas (Tucker et al., 2011; Ward et al., 2012).

As teorias aplicáveis no contexto atual são discutidas abaixo:

- A Teoria de Receptividade considera quatro atributos (de consciência, de associação, de aquisição e de aplicação) e enfatiza que os instrumentos eficazes de mudança política precisam ser projetados a partir da perspectiva do destinatário para que o usuário seja capaz de se relacionar com um tema e para implementar a mudança a sua situação;

- A Teoria de Auto-eficácia sustenta que a motivação do indivíduo para mudança depende na sua crença de auto-competência para ajustar;

- A Teoria de Identificação Social que os grupos de usuários têm diferentes requisitos de informação e processam informações de forma diferente e que a aceitação de novas normas está associada com as

percepções de justiça, da consistência da mensagem e a integridade do mensageiro.

- A Teoria das Representações Sociais examina como as crenças, conhecimentos e atitudes dentro de um grupo influenciam a percepção de “senso comum” e sua relevância para o grupo.

No entanto, a informação por si só não é suficiente para alcançar a mudança de comportamento. Além disso, as políticas de CAC precisam considerar as várias partes envolvidas no processo (instituições, usuários, implementadores) e como a política afeta cada de forma diferente, tendo em conta os objetivos e os objetivos dos diferentes usuários (ou seja, para abordar a receptividade social, a relevância técnica e compromisso institucional) (Ward et al., 2012).

Além disso, dentro de cada grupo há pessoas com diferentes pontos de vista e valores, que afetam a forma como as pessoas vão reagir à política e mudança. Torna-se importante para desenvolver processos que permitem que as partes interessadas ajam e sentem-se confiantes sobre os resultados, participando de capacitação, serviços de apoio e desenvolvimento de produtos que atende às necessidades das partes interessadas (Brown et al. 2011; Ward et al., 2012).

O sucesso das políticas também será influenciado pelo regime social, institucional e técnica global e por fatores exógenos (p. ex. clima, economia global) que impactam a sociedade. Tais influências evoluem ao longo do tempo. Assim, a transição exigirá a participação dos diversos atores sociais e devida consideração das suas necessidades e valores, a definição de objetivos claros que atendam às necessidades dos diversos agentes da sociedade civil e da disponibilidade de processos que facilitem a realização de tais objetivos. O alinhamento e integração de tais elementos podem levar à mudança desejada e encontra-se resumida no quadro mostrado na Figura 1.

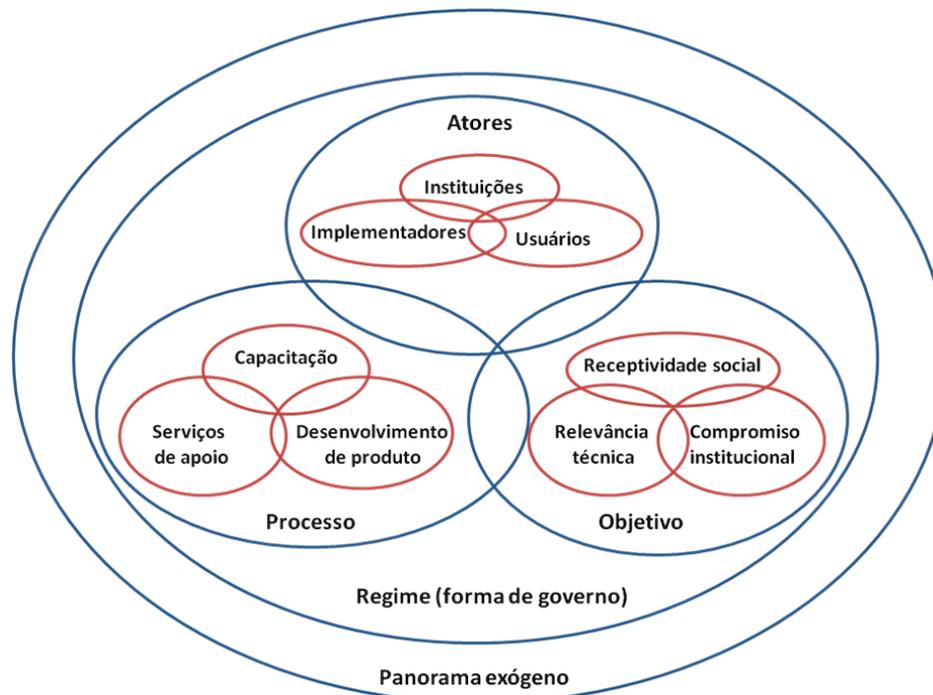


Figura 1. Estrutura para a transição de habilitação  
Adaptado de Ward et al. 2012

## 2.2 Tipos de mecanismos de promoção aproveitamento de água de chuva

Uma ampla e diversificada gama de políticas e ferramentas são adotadas em todo o mundo para promover a aceitação de CAC. Os objetivos desejados de CAC, o desenvolvimento da política, a estratégia e a escolha de ferramentas para implementar a aceitação de CAC são definidos pelo contexto local e os interesses políticos e sociais em cada local. A Tabela 1 apresenta exemplos de várias ferramentas e as barreiras que pretendem abordar. As ferramentas têm como alvo aspectos diferentes do processo de mudança em, muitas vezes, são usados em combinação para resolver múltiplas barreiras. Estes incluem:

- Incentivos financeiros (descontos, isenções fiscais);
- Capacitação e campanhas de sensibilização dirigidas aos profissionais da indústria e da comunidade em geral, o treinamento de mão de obra (formação de encanadores), e o desenvolvimento de diretrizes para a concepção, instalação e operação;
- O controle de qualidade e padrões para componentes da cisterna de água da chuva e de instalação (inspeção e programas de certificação do produto);
- Legislação e regulamentos (por exemplo, a modificação de códigos de construção ou de encanação para permitir o uso de água da chuva), a clarificação dos papéis e responsabilidades nos termos da lei, a criação de usos da água de chuva permitidos ou restrições sobre o uso da rede de abastecimento d'água.

Tabela 1. Exemplos de ferramentas usadas para promover o aproveitamento de água de chuva

Políticas	Desenvolvimento de políticas que permitam a captação de tecnologia e a sua integração ao panorama institucional e social para a realização de necessidades da sociedade. Isto requer o estabelecimento e a clarificação de funções, responsabilidades e mecanismos para partes interessadas (stakeholders) dos sectores de áreas governamentais e não governamentais em relação a captação de água de chuva.	Política federal, estadual e municipal, legislação, estatutos e regulamentos, modificações de códigos de construção e canalização, definição de usos prescritos, certificação, programas de monitoria e programas de observância etc.
Forças de mercado	Avaliação e criação de oportunidades que facilitam o desenvolvimento de mercados para a captação de água de chuva.	Incentivos financeiros, descontos, subsídios, redução de impostos, empréstimos de baixo custo, isenção de taxas, descontos para produtos e serviços. Desenvolvimento de normas e certificação para produtos.
Ciência e tecnologia	Para visar questões técnicas científicas e garantir que a tecnologia satisfaça expectativas da sociedade em relação ao desenho, desempenho, segurança, qualidade de água, saúde, economia de água e objetivos ambientais.	Normas e diretrizes, investimento em pesquisa e tecnologia, demonstração, estudos de caso e programas piloto e ensaios.
Cultura	Para visar barreiras sociais à captação de águas de chuva, incluindo conhecimento/compreensão capacitação de profissionais e donos de tanques, expectativas, normas e crenças que possam impactar a captação e o uso de água de chuva	Campanhas de educação e conscientização sobre escassez de água; benefícios de infraestrutura verde da captação e uso de água de chuva e do uso de fontes alternativas de água para a comunidade, a indústria e o meio ambiente; projetos piloto, restrições ao uso de água de rede, investimento em capacitação e certificação da força de trabalho em "práticas verdes".

### 2.3 Políticas de Captação de Água da Chuva e Implementação

A Tabela 2 fornece exemplos selecionados de locais em todo o mundo, onde a CAC é promovida. A CAC é tipicamente implementada em nível de governo estadual ou municipal devido à variabilidade climática e geográfica da chuva e porque o abastecimento de água é tipicamente gerido em tais níveis. Políticas e mecanismos utilizados variam e evoluem ao longo do tempo, em resposta à evolução das necessidades locais e para a eficácia dos mecanismos anteriormente adotadas. O processo de promoção da aceitação de CAC tipicamente segue uma progressão gradual.

Tabela 2. Exemplos de políticas e implementação de CAC em programas

País	Implementação	Posição	Política	Incentivos	Desenvolvimento de capacidade	Serviços de apoio	Referência
Austrália	Edifícios públicos, moradias residenciais e de setor governamental e industrial em várias municipalidades. Exemplos pilotos.	Adaptação voluntária para moradias já construídas. Instalação em moradia nova é obrigatória ou voluntária, dependendo do estado.	Política nacional promove a captação de águas de chuva. A implementação é controlada por estados e municípios.	Subsídio para tanques conectados a aplicações internas de água. Regulamento em vigor para a economia no uso de água de rede em certos Estados. Certificado de Aprovação do edifício apenas emitido com comprovação de economia de água.	Diretrizes nacionais para a captação e manejo de água da chuva. Normas para produtos. Alteração do código de construção de edifícios. Diretrizes de Saúde ( <i>Health Guidelines</i> ).	Normas para produtos. Campanhas de conscientização para o público. Capacitação executada pelos estados e municípios.	Moglia et al., 2013 Tjandraatmadja et al., 2013.
Canadá	Projetos piloto em alguns edifícios. Alguns exemplos na área residencial.	Facultativo.	Não há política nacional. A implementação é controlada por estados e municípios.	Varia com o município. Tambores de chuva oferecidos de graça em algumas jurisdições para uso externo de água de chuva.	Diretrizes de Gerenciamento de Fluxo da Chuva ( <i>Wet Weather Flow Management Guidelines</i> ) (City of Toronto 2006)	Sujeito a iniciativa dos municípios.	Leidl 2008, Farahbakshsh et al., 2009.
Alemanha	Setor residencial em vários municípios. Edifícios comerciais.	Facultativo.	Não há política nacional. A implementação é controlada por estados e municípios.	Descontos em taxa de canalização de águas de chuva. Isenção de imposto para propriedades com tanque de captação de água de chuva.	Diretrizes Nacionais sobre Captação de Água de Chuva ( <i>National Guidelines on Rainwater Harvesting</i> ).	Sujeito a iniciativa do município.	Kraemer and Piotrowski, 2000; Kloss, 2008; Ward et al., 2012.
Japão	Edifícios públicos, comerciais, residenciais e de governo em vários municípios.	Facultativo. Obrigatório em alguns municípios para edifícios grandes.	Não há política nacional, mas o governo federal providencia suporte financeiro para municípios. A implementação é controlada por estados e municípios.	Subsídios e exigências mínimas para a captação de água de chuva. Regulamentos variam por município.	Projetos de demonstração desde meados de 1980. Diretrizes locais. Desenvolvimento de diretrizes nacionais (2011).	Sujeito a iniciativa do município.	Furumai et al., 2010; Furumai and Okui, 2013.
Coréia	Uso em edifícios públicos e residenciais varia entre municípios. A prática é regulada em 47 municípios. Para edifícios governamentais a captação de água de chuva é obrigatória.	Obrigatório.	Política nacional para edifícios do governo. A implementação é controlada por estados e municípios.	Desconhecido.	Vários projetos de demonstração.	Sujeito a iniciativa do município.	Han et al., 2010.
Índia	Edifícios públicos, residenciais e/ou governamentais. Varia entre	Obrigatório, com incentivos fiscais, dependendo do município.	Não há política nacional. A implementação é controlada por	Captação de água de chuva exigida. Desconto no imposto de propriedade no ano	Projetos de demonstração. Parceria com ONGs e grupos	Campanhas de conscientização pública e programas de	CSE, 2013.

País	Implementação	Posição	Política	Incentivos	Desenvolvimento de capacidade	Serviços de apoio	Referência
	municípios, inclui prédios novos e adaptados.		estados e municípios.	da instalação, subsídios parciais e para o custo de implementação. Multas por falta de observância (cobradas pelo IPTU) ou desconexão da rede de água. Licença para aprovação de edifício sujeita a observância. Subsídios e construção pelo governo para comunidades de baixo poder aquisitivo.	comunitários. Comitês de consultoria técnica. Assistência técnica.	capacitação, sujeitas a iniciativas de cada município.	
Malásia	Edifícios federais e estaduais, e em certas áreas residenciais, dependendo do município.	Inicialmente facultativo e agora obrigatório.	Política nacional promoveu uso facultativo e depois o uso obrigatório. A implementação é controlada por estados e municípios.	Obrigatório por lei.	<i>Guidelines (1999)</i>	Sujeito a iniciativa do município.	Khalid et al., 2012.
EUA	Edifícios públicos, residenciais e do governo, varia com cada município.	Proibido, facultativo ou obrigatório, sujeito a cada estado ou município.	Não há política nacional. A implementação é controlada por estados e municípios.	Empréstimos e concessões para programas de manejo de água. Isenções de imposto de casa e vendas para produtos para captação de água de chuva. Subsídios, produtos para captação oferecidos de graça pelo município. Metas obrigatórias para a captação de água de chuva.	Literatura técnica ampla. Códigos e diretrizes desenvolvidos em vários municípios.	Campanhas de conscientização pública.	Gold et al., 2010; US EPA, 2013.
Inglaterra	Alguns projetos de demonstração. Sem informação sobre o setor residencial.	Facultativo.	Não há política nacional.	Concessões em programas de gestão de meio ambiente e águas de chuva.	Code for Sustainable Homes (2006); UK Building Regulations (2009).		Ward et al. 2009, 2012

### 2.3.1 Passos para a promoção da CAC

#### (a) Criar um ambiente favorável

Normalmente, o passo inicial na promoção da CAC é o desenvolvimento de um ambiente favorável, com a criação de recursos técnicos para apoiar a captação de água de chuva, como diretrizes para projeto e instalação e regras para o funcionamento e utilização de água de chuva em licenças de construção e regulamentos. Essas iniciativas visam à mitigação do risco e as preocupações técnicas / engenharia para aumentar a confiança do governo, das instituições e do público em relação à eficácia e segurança da CAC (Ward, 2009; CSE, 2013). Os tópicos que precisam ser abordadas incluem a quantificação da economia na gestão dos recursos hídricos (Ghisi e Oliveira, 2007; Beal et al., 2011); o dimensionamento do sistema de captação de água da chuva e tanques de armazenamento (Chong et al., 2011); a verificação de riscos à saúde (Ahmed et al., 2011); e a viabilidade técnica e econômica de tais sistemas (Marsden Jacobs, 2007; Ghisi e Oliveira, 2007). Países como o Canadá e o Reino Unido já estão em tal estágio de desenvolvimento, com foco na elaboração de diretrizes e a legitimação da água da chuva como fonte de abastecimento de água (Leidl, 2008). Ver Quadro 1 para obter mais detalhes sobre a experiência do Reino Unido.

#### Quadro 1. A experiência do Reino Unido

No Reino Unido, a CAC é voluntária e permitida, desde que esteja em conformidade com outras normas e regulamentos. Há algum interesse em CAC para a substituição da rede de água, mas a política nesta fase é muito ampla e não é específica o suficiente para permitir a implementação de CAC. A confiança das partes interessadas em CAC é baixa e há uma desconexão entre a política e os mecanismos atualmente em vigor para a divulgação de informações (incluindo incentivos) para o público (Ward et al., 2009). Por exemplo, enquanto havia uma grande variedade de informações disponíveis sobre a CAC, a pública em geral e empresas de médio e pequeno porte têm conhecimento limitado de sua existência e muitas vezes não sabem como acessá-lo (Ward et al., 2009). Houve também a troca limitada de informações entre grupos de interesse, pois mesmo os 'grupos de interesse, como arquitetos muitas vezes não conseguiram recorrer aos fornecedores de sistemas de água de chuva para obter informações sobre como melhorar a CAC' (Ward et al., 2009). O acesso ao financiamento do governo para projetos de CAC também foi descrito como um processo altamente complexo e demorado, sendo um desincentivo para grupos comunitários e outros candidatos.

#### (b) Promover a assimilação maior de CAC

Na medida em que a confiança nos aspectos técnicos dos sistemas de CAC aumenta, outros mecanismos são usados para promover uma maior aceitação de aproveitamento de água de chuva, tais como o fornecimento de incentivos para promover a aceitação voluntária de reservatórios de água de chuva, ou o uso da política e legislação para impor o uso da água de chuva.

A aceitação voluntária da CAC é incentivada em partes dos EUA, Japão e Alemanha. A Alemanha tem uma longa história sobre a CAC voluntária sem legislação específica. A ligação à rede de abastecimento d'água é obrigatória para todas as habitações e Diretrizes Nacionais sobre a Captação de Água de Chuva são disponíveis (Partzsch, 2009, em Ward et al., 2012) e vários municípios ainda oferecem uma redução das taxas de descarga de águas de chuva proporcional ao tamanho do sistema de água da chuva para incentivar a captação (Kraemer & Piotrowski, 2000).

A legislação é usada para promover a CAC em muitas partes do mundo. A captação obrigatória de água de chuva é necessária para prédios governamentais ou para grandes usuários de água em municípios selecionados no Japão e na Coreia, em vários estados e municípios nos EUA e nacionalmente na Malásia. Também não é raro encontrar localidades onde ambos os mecanismos coexistem, a aceitação voluntária e políticas obrigatórias sobre a captação de água de chuva. Por exemplo, na Austrália, políticas de implementação de CAC foram promovidas por meio da legislação e da aceitação voluntária. A aceitação voluntária foi promovida por meio de descontos para a adaptação de reservatórios de água de chuva para habitações existentes, enquanto que em alguns estados, a redução obrigatória de consumo de água da rede para novas habitações foi tipicamente alcançada com a instalação de um reservatório de água da chuva. A Malásia começou com a aceitação voluntária da CAC e mais tarde mudou para uma aceitação obrigatória (ver Quadro 2). Enquanto na Índia, vários estados adotam uma abordagem obrigatória, juntamente com programas com incentivos financeiros para segmentos selecionados e sanções para aqueles que não cumprem.

### **Quadro 2. A experiência da Malásia**

A Malásia lançou suas Diretrizes para a instalação de um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva em 1999. Isto foi seguido em 2004, pela política de apoio à aceitação voluntária de CAC em edifícios do governo federal e estadual com a promoção da necessidade de aproveitamento de água de chuva e a prevenção de criatórios de mosquitos. Apesar da política, apenas duas agências aceitaram a CAC, o Departamento de Irrigação e Drenagem e o Ministério de Energia, Água e Comunicação. No entanto, alguns municípios em Johor, Penang, Sandakan e Shan Alam introduziram a CAC como requisito para novos conjuntos habitacionais. Na época, não havia enquadramento legal para a CAC em leis municipais e houve também uma forte resistência da indústria de desenvolvimento para a instalação de reservatórios de água de chuva (Khalid et al., 2012).

Em março de 2007, a captação de água de chuva tornou-se obrigatória para todos os novos grandes edifícios (fábricas, escolas e residenciais) no âmbito da Política Nacional de Tecnologia Verde (PNTV) e a Política Nacional sobre Mudanças Climáticas (PNMC) (Mohd-Shahwahid et al. 2007). Isto foi conseguido por meio da modificação de uma série de atos e leis de planejamento, construção, saúde e aspectos sociais. Empresas de construção agora são obrigadas a instalar reservatórios de água de chuva como condição para a concessão de licença de construção (Khalid et al., 2012).

(c) Monitoramento contínuo e avaliação dos resultados da política de CAC.

O acompanhamento e a avaliação da eficácia das políticas e instrumentos são essenciais para permitir a resolução de problemas e também reavaliação e melhoria contínua da política. Programas importantes de monitoramento exigem indicadores objetivos de desempenho para avaliar o impacto da política de modo que novas barreiras podem ser abordadas e os recursos redirecionados onde mais eficaz.

## **3 ESTUDOS DE CASO SOBRE POLÍTICAS E INCENTIVOS PARA PROMOÇÃO DA CAC**

Em várias localidades, as políticas e as forças para a implementação, e o nível de apoio e de execução são únicos em muitos aspectos. A seção seguinte examina mais detalhadamente algumas das políticas de CAC entre os países selecionados: EUA, Austrália, Japão e Índia.

### 3.1 Estados Unidos da América

Nos EUA, a CAC é reconhecida como um recurso para o desenvolvimento de baixo impacto (US EPA, 2013) e é adotada em vários estados e municípios que estão sujeitos à escassez de água. Contudo, a CAC também é impulsionada por ativismo de base e apoio do público, ou muitas vezes como componente de uma estratégia mais ampla, tais como gestão de água de chuva, a redução da poluição, seca ou mitigação de enchentes. O financiamento federal é frequentemente disponível no âmbito de programas de gestão de água de chuva (Gold et al., 2010).

No nível nacional não há regulamentos federais sobre CAC para uso não potável. Políticas e regulamentos são definidos em níveis governamentais estaduais e locais e variam muito (US EPA, 2013). Oito estados ou municípios consideram CAC em seu planejamento de longo prazo, quer a nível municipal ou estadual, tipicamente como um componente em uma estratégia mais ampla de gestão de água de chuva e infraestrutura verde.

Não há diretrizes nacionais para o CAC, mas códigos de captação de água de chuva e diretrizes foram desenvolvidos em vários estados (Geórgia, Carolina do Norte, Texas e Virgínia) e municípios (cidades de Los Angeles, San Francisco, Tucson, e Portland).

A maioria das jurisdições dos EUA distingue entre um “tambor de chuva” e uma “cisterna de chuva”. O “tambor de chuva” é um reservatório residencial de baixo volume (200 - 400 litros) equipado com barreiras de mosquito e prevenção de sangramento, e a água da chuva é utilizada para usos ao ar livre (irrigação ou lavagem de automóveis). Não são necessárias autorizações para o tonel de chuva. A “cisterna de chuva” é um sistema de grande porte (> 4.000 litros), o que é mais fortemente regulamentado e exige um tratamento mais complexo, sinalização, licenças e fiscalização pelo departamento de saúde, se usada para aplicações potável.

Regras de construção, códigos e regulamentos nos EUA variam entre jurisdições, seja obrigando CAC em novos edifícios ou proibindo a sua utilização (por exemplo, Nevada, Washington e Utah). O Estado do Texas permite que água da chuva para consumo após o tratamento adequado, enquanto outros Estados permitem apenas que os usos não potáveis (Kloss, 2008). Em geral, os códigos e diretrizes focam na qualidade da água, as necessidades de tratamento, projeto e instalação de sistemas de água de chuva. No entanto, a captação de água da chuva foi em grande parte não foi tratado em códigos de construção associados, tais como o encanamento ou código de construção, e só recentemente as cidades de Portland e Los Angeles têm definido os usos permitidos para água de chuva em residências urbanas (US EPA, 2013).

Em 2010, dez estados forneceu incentivos para aproveitamento de águas de chuva; três não tinham políticas ou leis oficiais de apoio a CAC, mas concedeu empréstimos ou doações para projetos de aproveitamento de água de chuva como medida de gestão de água de chuva (Gold et al., 2010).

Para usuários de tambor de chuva, as autoridades municipais fornecem informação e educação para os proprietários sobre a captação e maximizando a eficácia dos tonéis de chuva (Kloss, 2008). As comunicações dirigidas ao público são projetadas em formatos simples e fáceis para os proprietários de casa entender, como listas de verificação, diagramas, códigos simplificados com uso da linguagem comum, etc. Exemplos podem ser encontrados nas cidades de Nova York, Los Angeles, Portland, Filadélfia e Chicago. Algumas cidades oferecem descontos para compras de tonel de chuva, enquanto outros compram o tonel de chuva e distribuí-los aos residentes (US EPA, 2013).

Para cisternas de chuva, as ferramentas adotadas para promover a aceitação voluntária da CAC incluem isenção fiscal para os sistemas de captação de água de chuva e componentes, os descontos (até 50% do custo da reposição de equipamentos na operação para um mínimo de 10 anos) e de desempenho (ou seja, o

custo dos equipamentos é pago através de economia nas contas de serviços públicos). Por exemplo, o Estado do Texas isenta a captação de água de chuva de imposto sobre comercialização e permite que a isenção de impostos sobre a propriedade pelo governo local dos sistemas de captação de água da chuva (TWDB, 2005). A isenção de impostos sobre a propriedade de valor acrescentado a partir do tanque de água da chuva é concedida após a verificação das economias de água por 10 anos após a instalação de um tanque de água da chuva, portanto, há um incentivo econômico para manter o tanque (TWDB, 2005).

Os municípios de Albuquerque-Bernalillo e Santa Fé, no estado de Novo México, exigem que todas as novas instalações residenciais e comerciais captem 85% do escoamento do telhado para uso de irrigação. Em Tucson, Arizona, os imóveis comerciais são obrigados a utilizar, pelo menos 50% de suas necessidades de irrigação de água da chuva (Kloss, 2008; Gold et al., 2010; US EPA, 2013). A CAC também é obrigatória nos novos edifícios governamentais em Santa Fé e Tucson (Gold et al., 2010).

A responsabilidade pela manutenção de um tambor de chuva ou cisterna é do proprietário do imóvel. A Inspeção Municipal de cisternas ocorre durante a instalação e a inspeção periódica dos sistemas de prevenção de refluxo em cisternas, que são recomendados anualmente. Para o proprietário do imóvel, a operação é semelhante à de um poço particular, com os requisitos para testes periódicos para a qualidade da água se a água é utilizada para usos finais de interior. A inspeção é realizada pelas autoridades municipais de água, mas as especificações de inspeção (tipo, requisitos e exigências de documentação) são semelhantes aos já realizados como inspeção de rotina por secretarias municipais de sistemas de água potável privadas.

### 3.2 Japão

No Japão, não há legislação nacional sobre a CAC, mas a CAC voluntária é amplamente promovida pelo governo local e tem sido apoiada por fundos nacionais desde 1980. Forças para a CAC são: para gerenciar o escoamento de água de chuva e inundações causadas pela rápida urbanização e ao aumento das superfícies impermeáveis; para aumentar o abastecimento de água para a prevenção de catástrofes (Furumai et al., 2010); e, mais recentemente, para reduzir o uso da água da rede de abastecimento (Furumai & Okui, 2013).

Em 2010, 141 municípios oferecerem subsídios para a instalação voluntária de CAC em domicílios. Entre estes, mais de 60 municípios subsidiaram a instalação de reservatórios de água de chuva e mais de 45 subsidiaram o retrofit de sistemas sépticos antigos para armazenamento de água da chuva e controle de inundações em habitações residenciais (Furumai & Okui, 2013).

No momento, a água da chuva é captada em edifícios públicos e comerciais, tais como estádios, parques temáticos, escolas, hospitais, universidades e edifícios públicos (bibliotecas, salas de concertos, centros comerciais, etc) nas grandes cidades. Furumai & Okui (2013) relataram 1.600 instalações de CAC em larga escala em todo o país, em 2007. Estes incluíram 16 coberturas de grande escala (instalações desportivas), com capacidade de armazenamento de 1.000 m<sup>3</sup> para mais de 4.000 m<sup>3</sup>, como o Tokyo Dome (armazenamento de 3.000 m<sup>3</sup>), com a água da chuva utilizada para descarga do banheiro, irrigação, abastecimento de água de emergência e para o controle de enchentes. Em habitações residenciais, sistemas de água de chuva (até 1 m<sup>3</sup>) são usados para descarga do banheiro e irrigação do jardim (Furumai & Okui, 2013).

Empréstimos a juros baixos foram fornecidos pelo Banco de Desenvolvimento Japonês para os municípios de 1986 a 2008, o que levou a uma série de grandes projetos-piloto de CAC. A partir de 1995, um projeto de restauração de Ciclo da Água promoveu o uso de água reciclada e água de chuva captada para reviver vários córregos que secaram. A ajuda do governo também foi fornecida, em 1997, para que os municípios pudessem promover a conversão de sistemas sépticos antigos em dispositivos de armazenamento de água

da chuva e controle de inundações. Programas de depreciação especiais para ativos de CAC também estavam disponíveis, mas foram abolidas em 2007, devido à recessão econômica.

Apoio de CAC, iniciativas e requisitos estabelecidos pelo governo local variam entre jurisdições. Por exemplo, o Governo Metropolitano de Tóquio desenvolveu orientações para o uso de água da chuva e recomenda a instalação de CAC e reciclagem de água em grandes edifícios acima de um determinado tamanho. Estimativas atuais para Tóquio são de 1.151 instalações de CAC em edifícios públicos e privados (Furumai & Okui, 2013).

Só recentemente, tem havido tentativas de aumentar a padronização da prática. Em 2011, o Instituto de Arquitetura do Japão planejou o lançamento de uma nova diretriz para o aproveitamento de água de chuva em edifícios urbanos, que delineou os requisitos de qualidade da água, tecnologias padronizadas para a CAC, uso e diretrizes de projeto com base em características locais (Furumai & Okui, 2013).

### 3.3 Índia

Na Índia, reservatórios de água de chuva foram promovidas para reduzir a demanda de água da rede e para recarregar as águas subterrâneas em um número de estados que sofrem estresse hídrico (por exemplo, Uttar Pradesh, Rajasthan, Madhya Pradesh) e dos municípios (CSE, 2013).

Incentivos políticos e financeiros combinados, penalidades em caso de não cumprimento (por exemplo, licenças de construção e aprovações condicionais, desconexão de serviços de água), suporte técnico e campanhas de sensibilização, para incentivar a adoção de CAC foram legislados.

Existe grande variação nas estratégias utilizadas e do sucesso alcançado através das jurisdições (CSE de 2013). Em algumas localidades, seguindo a diretiva para implementar a CAC, os edifícios tinham um prazo para a implementação e estavam sujeitos a desconexão de serviços ou multas por falta de cumprimento.

Reservatórios de água de chuva foram mandatórios em novos edifícios que preencheram uma área mínima de captação de água de chuva (100 a 1.000 m<sup>2</sup>, dependendo da cidade) em várias cidades, tais como Bangalore, Chennai, Kerala, Hyderabad, Indore, Nova Deli e Kanpur, e os estados da Tamil Nadu e Rajasthan (CSE, 2013). Esquemas de CAC foram implementadas através de Comitês Locais de Água ou serviços públicos, muitas vezes em colaboração com os departamentos de obras no governo municipal. Além disso, algumas localidades e estados criados departamentos especiais para prestar apoio técnico ou supervisionar o processo de implementação (por exemplo, Nova Deli e Indore).

Exemplos das estratégias adotadas incluíram:

- Hyderabad, Andhra Pradesh: a Corporação Municipal de Hyderabad (CMH) encomendou a CAC em todos os novos edifícios, incluindo edifícios residenciais, grupo habitacional, complexos comerciais e edifícios municipais. O Conselho de Abastecimento Metropolitano de Água e Esgotos Hyderabad (HMWS & SB) foi responsável pelo fornecimento de informações para a população e para a construção de estruturas de CAC em áreas críticas. Inicialmente, um subsídio de 50% para uma estrutura de CAC foi fornecido, mas mais tarde foi removido devido à baixa adesão. A CMH só forneceu as permissões de construção após a implementação de sistemas de CAC. Os pedidos de RAC por indivíduos foram submetidos à MCH, HMWS & SB e a Autoridade de Desenvolvimento Urbano de Hyderabad, no entanto a falta de coordenação entre os departamentos envolvidos resultou na falta de resposta aos candidatos. Os candidatos também foram convidados a contatar empreiteiros listados que cobrou taxas elevadas para a construção de sistemas de CAC. No final, de 5.000 aplicações privadas, apenas 500 tinham sido implementadas. Em 2013, estimava-se que HMWS & SB havia construído 14.000 estruturas e a CMH, 3.000 estruturas em edifícios residenciais.

- Estado de Tamil Nadu: instituiu o mandato CAC em todos os edifícios públicos e privados para combater a seca em julho de 2003. O Estado mudou as leis de planejamento da cidade, investiram em campanhas de conscientização e se reuniu com líderes do governo local e representantes eleitos. A implementação em fase foi adotada. Fase I obrigou a CAC para todos os edifícios do estado até 2008. Fase II alargou o âmbito de recolha de água de chuva de escoamento de todas as áreas abertas, incluindo estradas, ruas e lagoas. Em Outubro de 2003, 4,8 milhões de edifícios não governamentais e 172 mil prédios do governo tinham instaladas estruturas de CAC.

Construção e avaliação de estimativa fiscal foram realizadas apenas para edifícios com CAC. Orientação técnica foi fornecida por serviços públicos de água. O Conselho de Abastecimento de Água e Drenagem de Tamil Nadu (TWADA) criou um site para fornecer manuais técnicos, calculadoras de chuva, legislação, histórias de sucesso, etc., em vários idiomas.

Os centros de informação foram criados para fornecer orientação técnica gratuita. A estratégia também incluiu uma ressalva de que, se o prazo de entrega (que era agosto de 2008) não foi alcançado, as autoridades foram obrigadas a construir as estruturas e recuperar o custo dos proprietários de imóveis por meio de impostos sobre a propriedade.

Divulgação e sensibilização foram dirigidas a vários níveis da sociedade, incluindo as ONGs, escolas e estudantes universitários. A campanha de comunicação incluiu teatro de rua, shows itinerantes, propaganda em TV, cinemas, mídia impressa, campanhas de porta a porta, oficinas e seminários de CAC para funcionários públicos, estudantes, grupos de mulheres e centros de informação para o público em geral. Centros de demonstrativos com modelos de CAC foram criados em 14 complexos de templos. Em Chennai, 2.914 estruturas foram implementadas em áreas públicas e abertas e 3,29 milhões de estruturas em edifícios residenciais, comerciais e institucionais. As penalidades para o não cumprimento da instalação da CAC incluíram corte do abastecimento de água até que a estrutura foi estabelecida. Um departamento específico foi criado pelo governo do estadual de Tamil Nadu para a manutenção de estruturas de CAC na cidade.

- Estado de Rajasthan: a CAC foi obrigada para todos os estabelecimentos públicos e propriedades (todos os tipos). Foi concedido um prazo de 6 meses para a implementação após o aviso prévio, com a emissão de um certificado de conclusão da autoridade municipal. O não cumprimento resultou na corte de abastecimento de água.

- Mumbai, estado de Maharashtra: desde novembro de 2002, os novos edifícios foram fornecidos com ligações de água com base na oferta de 90 L/capita/dia (enquanto a média nacional é de 135 L/capita/dia), e o restante 45 L/per capita/dia tinha de ser fornecido pela água da chuva ou água reciclada. A CAC era obrigatória para todos os novos edifícios, acréscimos e alterações construídos em uma área de terreno superior a 1.000 m<sup>2</sup> (mais tarde alterado para > 5.000 m<sup>2</sup> em 2007). Certificados de conclusão do edifício só foram concedidos se uma estrutura de CAC foi instalada. A Corporação Municipal da Grande Mumbai (CMGM) implementou a CAC em uma abordagem faseada. Na primeira fase, foram identificadas e solicitadas para implementar CAC novos usuários de consumo alto d'água. A segunda fase planejou a implantação da CAC para edifícios existentes. Os projetos-piloto foram criados em todos os edifícios cívicos e jardins e monitorados antes da implementação mais larga na cidade. CMGM criou um grupo técnico para sediar seminários técnicos com organizações de CAC, desenvolveu um banco de dados de poços de água na cidade e um programa para a proteção dos poços. Divulgação e sensibilização sobre a CAC incluíram competições ensaio de cidadão, folhetos informativos, concursos para crianças, anúncios, treinamento de pessoal de disseminação de informações, a colaboração com ONGs sobre a implementação de CAC e campanhas de sensibilização, projetos-piloto, incluindo áreas industriais e complexos habitacionais e listas de materiais e prestadores de serviços para a CAC.

### 3.4 Austrália

Durante uma seca prolongada na Austrália, a gestão da demanda e da diversificação das fontes de água tornou-se elementos-chave nas estratégias nacionais e estaduais de segurança da água. Tanques de água de chuva funcionam como uma ferramenta de gestão de demanda, reduzindo a demanda de fontes centralizadas. Diretrizes nacionais para o aproveitamento de água de chuva foram lançadas em 2008 (Standards Australia, 2008). Normas para os componentes do sistema de água de chuva foram desenvolvidos ao longo do tempo (Standards Australia, 2001a, b, 2002, 2003, 2005, 2006a, b). Códigos de canalização e de construção foram alterados para permitir o uso de água da chuva para aplicações não potáveis, incluindo descarga do banheiro, lavagem de máquina de lavar e uso da água ao ar livre.

A CAC voluntária foi inicialmente promovida através de descontos financeiros e, posteriormente, o mandato via legislação em quatro de oito estados.

De 2006 a junho de 2011, governos estaduais e municipais ofereceram descontos financeiros para a instalação voluntária de um reservatório de água da chuva canalizada internamente para habitações existentes (ACT Government, 2011; Queensland Government, 2011; Government of South Australia, 2011; Northern Territory Government, 2007; State Government of Victoria, 2011; NSW Government, 2011; Water Corporation, 2011; Hobart City Council, 2011; Beal et al., 2011). Descontos nacionais foram encerrados em junho de 2011, mas certos estados e municípios continuam a oferecer descontos para a instalação de CAC. Os descontos cobriram parte dos custos de instalação do tanque de água da chuva, estavam dependentes do tamanho do tanque e continha advertências, tais como requisitos de uso final (por exemplo, precisam se conectar ao uso interno, tais como banheiro cisterna) e / ou instalação por um encanador certificado, como condições para receber um desconto (Tjandraatmadja et al., 2013).

Alguns estados posteriormente ligaram a gestão da demanda de água de rede com a construção e planejamento de regulamentos para aumentar a aceitação. Em New South Wales e Austrália do Sul, os regulamentos de planejamento e construção exigem que novos edifícios (residenciais e comerciais) alcancem metas mínimas de economia d'água das redes, que são mais comumente alcançadas com a instalação de reservatórios de água de chuva ((BASIX, 2004; Planning SA, 2006). No estado de Vitoria, para cumprir os requisitos de sustentabilidade, novas habitações necessitam instalar um tanque de água de chuva ligado ao sanitário ou de um sistema de aquecimento d'água solar em novas construções ou extensões (Building Commission, 2011). Em Queensland, regras semelhantes aplicados de 2007 a 2013, com metas mínimas de economia de água com base na precipitação regional e clima (Queensland Government, 2009), no entanto as leis estaduais que obrigam a instalação de sistemas de abastecimento de água alternativa foram revogadas em 01 de Fevereiro de 2013, e, atualmente, os governos locais podem optar por manter a exigência. Estados com CAC obrigatória exigem a inspeção e certificação da instalação do tanque de água da chuva por um inspetor de obras antes da emissão de um certificado de conformidade edifício.

### 3.5 Resumo dos resultados do estudo de caso

A maioria dos países tem uma abordagem fragmentada para implementação de CAC, com os estados e municípios responsáveis pelo desenvolvimento de políticas locais e estratégias de implementação, como

mostra a Tabela 2. O desenvolvimento de normas, códigos e diretrizes para os componentes do reservatório de água da chuva e da instalação a nível nacional ou nível estadual pode facilitar o desenvolvimento da política de água de chuva em nível municipal, como pode ser visto na Austrália e na Alemanha.

As duas principais estratégias normalmente adotados para implementação de CAC são aceitação voluntária e legislada. A estratégia de aceitação voluntária é adotada em vários países (por exemplo, Alemanha, Reino Unido, Bélgica e Austrália) e é muitas vezes promovida nos estágios iniciais de implementação de CAC em conjunto com incentivos financeiros. No entanto, a aceitação voluntária tende a ocorrer a um ritmo mais lento do que uma adoção legislada.

Por outro lado, a adoção legislada de CAC cria uma igualdade de condições, ou seja, ele remove os mecanismos artificiais de mercado que prejudicam novas tecnologias e beneficiam as indústrias estabelecidas, e obriga todos os proprietários a realizar a prática. Localidades que estão sujeitas a estresse hídrico ou têm preocupações com a segurança hídrica, tais como partes da Índia, EUA e Austrália, optaram por legislar a adoção de reservatórios de água de chuva ou de legislar a redução no consumo da rede d'água, o que indiretamente estimula a adoção de fontes de água alternativas, incluindo a CAC.

Em muitos locais, como a Coreia, Japão e Malásia, a promoção da CAC foi inicialmente dirigida a grandes edifícios públicos ou industriais, e mais tarde expandida para o setor residencial. Edifícios comerciais e públicos normalmente têm um sistema de governança definido, onde responsabilidades pelo funcionamento do sistema podem ser claramente definidas e fiscalizadas e a aplicação da regulamentação pode ser mais facilmente realizada. Quanto ao setor residencial, dada a grande quantidade de habitações, a variação no tamanho das áreas de captação do telhado e dos reservatórios, a verificação e fiscalização é, muitas vezes, altamente cara e além das condições das agências locais.

### **3.6 Eficácia das ferramentas na promoção de CAC**

#### **3.6.1 Eficácia dos incentivos financeiros**

O custo da captação de água da chuva e, em particular, o investimento de capital inicial necessário para a instalação de um sistema de reservatório de água da chuva são normalmente arcados pelo proprietário e muitas vezes foram identificados como obstáculos à adoção pelos proprietários individuais, particularmente nas comunidades mais pobres (MJA, 2007; Farabakhsh et al., 2009; Ishaku et al., 2012; Ward et al., 2012; Khastagir e Jayasuriya, 2011).

Entretanto, uma verificação dos custos e benefícios para a comunidade em geral, incluindo o valor das externalidades (ou seja, o atraso dos efeitos torrenciais de água de chuva, o aumento na infraestrutura hídrica, os benefícios ambientais para rios e córregos urbanos, uma melhor gestão hídrica, a preservação do equipamento, etc.), mostra que a água da chuva, como uma fonte, pode se tornar rentável e comparável a outras fontes d'água alternativas numa perspectiva social (MJA, 2007; Farabakhsh et al., 2009; Khastagir e Jayasuriya, 2011). Assim, em reconhecimento aos benefícios sociais mais amplos e para tratar a barreira que o investimento inicial representa para os indivíduos, os incentivos financeiros são, muitas vezes, fornecidos pelo governo para incentivar a adoção voluntária da CAC, por exemplo, Alemanha (Kloss, 2008), ou para ajudar comunidades carentes para pagar o custo da CAC obrigatório, por exemplo, Índia (CSE, 2013).

O formato dos incentivos varia. Normalmente incentivos cobrem apenas uma parte dos custos para a aquisição ou a instalação de um reservatório de água da chuva, e o proprietário do imóvel é obrigado a financiar a maior parte da infraestrutura uma vez que ele/ela recebe os benefícios do abastecimento de

água adicional. Incentivos, como descontos em dinheiro, desconto deduzido em contas de água, isenção de imposto sobre vendas para os componentes de água de chuva e desconto nos impostos da propriedade sobre o ano de instalação, geralmente visam compensar o investimento de capital para a instalação do reservatório de água da chuva. Outros tipos de incentivos destinam-se ao uso ao longo prazo da água da chuva, como o desconto de taxas anuais de água de chuva (Kloss, 2008), ou descontos de impostos de propriedade depois de um mínimo de 10 anos de operação da CAC (US EPA, 2013).

Em comunidades carentes, o custo para a instalação de um reservatório de água da chuva pode ser proibitivo para o morador e, nesses casos, um subsídio mais substancial pode ser necessário, tais como o fornecimento de materiais, formação e/ou mão de obra ou a construção do próprio reservatório de água da chuva (Baguma e Loishkandl, 2010).

A maioria dos estudos que examinaram o comportamento e motivação para a adoção do reservatório de água da chuva no setor residencial é baseada na experiência australiana (ABS 2010; Gardiner, 2009 e 2010; Hagare et al., 2012; Mankad, 2012; Mankad et al., 2010, 2012 a, b, c). Poucos estudos na literatura têm examinado o impacto dos descontos sobre a adoção de reservatórios de água de chuva (Hagare et al., 2012).

No entanto, as inferências podem ser feitas quanto à eficácia de descontos, revendo os dados nacionais do censo. Na Austrália, de 2007 a 2010 a quantidade de moradias com um reservatório de água da chuva aumentou de 24% para 32%, com o maior aumento nas capitais australianas (Figura 2). O estado de Queensland experimentou o maior aumento em reservatórios de água de chuva durante esse período, com 20% das habitações com reservatórios de água de chuva relatando um rebate ou incentivo governamental como uma razão para a instalação, como mostra a Figura 3 (ABS, 2010). Em áreas de alto crescimento populacional, como a sudeste de Queensland, menos de 50% das residências optou por construir um reservatório de água da chuva para uma habitação existente, apesar da disponibilidade de programas de descontos para a instalação de reservatórios de água de chuva em propriedades residenciais (RWIMU (2009) em Mankad et al., 2010).

Em outros estados da Austrália, os descontos não eram a principal motivação (menos de 5% das respostas) (Figura 3). Pelo contrário, os principais motivos relatados pelas famílias australianas para a instalação de reservatórios de água de chuva foram para “economizar água” (47%) e “restrições de uso da água” (24%). Em Melbourne, Victoria, 47% dos agregados familiares com reservatórios de água de chuva relataram restrições de água como o principal motivo de aceitação (Figura 2).

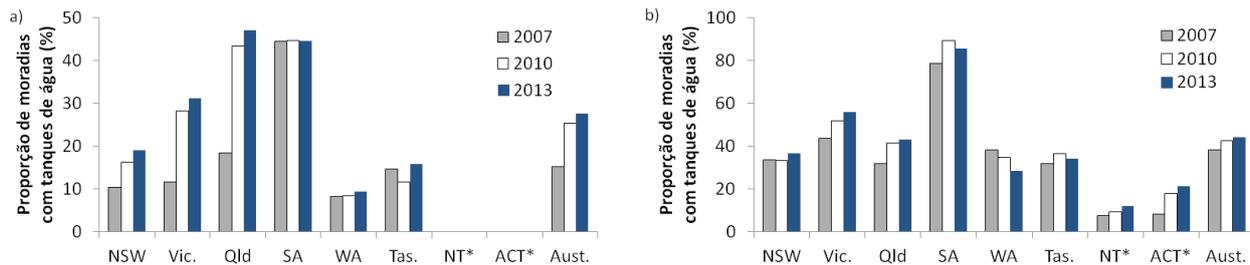


Figure 2. Moradias com tanques de chuva por estados na Austrália em 2007, 2010 e 2013 em

(a) Capitais de cada estado e (b) Restante do estado/território.

Legenda: New South Wales (NSW), Victoria (Vic), Queensland (Qld), South Australia (SA), Western Australia (WA), Tasmania (Tas), Northern Territory (NT), Australian Capital Territory (ACT), Austrália (Aust) (ABS, 2013)

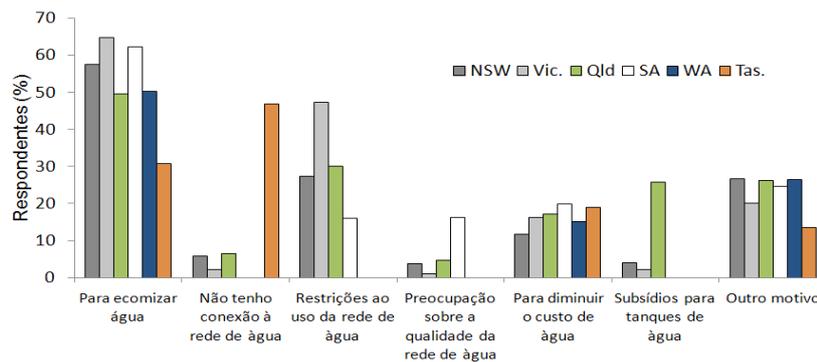


Figura 3. Motivações para a instalação de um reservatório de água de chuva em residências australianas, em 2010 (Levantamento de 1624 habitações) (ABS, 2010)

A diferença entre os descontos e os custos dos reservatórios de água de chuva foi substancial, indicando que os benefícios indiretos, além do custo, desempenharam um papel no processo de adoção (MJA 2007). Esta necessidade foi reforçada por Gardiner et al. (2008), Gardiner (2009, 2010) e Mankad et al. (2010, 2012 a, b), que pesquisou as famílias que tinham adotadas reservatórios de água de chuva em Queensland do Sudeste (SEQ) e observou que reformadores valorizaram a utilidade de um reservatório de água de chuva como o seu próprio recurso hídrico privado para uso a sua vontade e à sua discricão. A vontade para reformar foi particularmente forte entre os amantes de jardinagem (Gardiner, 2010). Mesmo os proprietários sem reservatório, quando perguntado sobre a sua intenção de aceitar um reservatório de água da chuva em empreendimentos selecionados na SEQ, percebeu a disponibilidade de água adicional para o uso no jardim e preservação de equipamento como o principal benefício da CAC (Mankad et al., 2010). Entrevistas também revelaram que, para os proprietários de casas existentes, as faltas de espaço para colocar um reservatório e os custos de instalação foram frequentemente citadas como razões para não aceitação, entre aqueles que tinham considerado (Mankad, 2012b).

Hagare et al. (2012) trataram sobre a relação entre as restrições de água, descontos e adoção de reservatórios de água da chuva para a cidade de Gosford. Entre 2003-2010, foram fornecidos vários descontos: a) pela cidade de Gosford de AUS \$ 150 a 800, de 2003-2009, b) pelo estado de AUS \$ 150 a 1500, a partir de 2007 e c) pela nação de AUS \$ 400 - 500, a partir de 2009, alcançando o valor máximo de descontos combinados de AUS \$ 2500, em 2009. No entanto, a aceitação de reservatórios de água da chuva na cidade de Gosford não aumentou na proporção dos valores de desconto; em vez disso, esta atingiu o pico em 2006-2007, o que correspondeu à introdução de restrições de uso da água rigorosas (incluindo a proibição total de uso externo para irrigação de jardins e gramados) e do aumento do preço da água. Em junho de 2009, as restrições de uso da água foram aliviadas e as aprovações de reservatórios de água da chuva caíram substancialmente, apesar de descontos sendo no valor máximo. Enquanto os descontos não foram o principal motivador para a decisão de instalar a CAC, eles também foram bem vindos e reivindicados por aqueles que adotaram reservatórios de água de chuva (Hagare et al., 2012).

A pesquisa mostra que à medida em que chefes de família participaram em ações que os ajudou a se adaptar à escassez de água foi relacionada o quão fortemente eles se sentiram ameaçados pela futura escassez de água, e quão eficaz suas ações eram percebidos em os ajudando a lidar com a ameaça (Mankad et al., 2013). Além disso, na medida em que a crença na utilidade dos sistemas de CAC aumentou, a percepção dos custos e esforços diminuiu (Mankad et al., 2010; Mankad et al., 2013). Este ponto de vista foi ainda apoiada por encanadores e representantes do governo local no sudeste de Queensland, na Austrália, que relataram que o público em geral exibiu menos interesse em reservatórios de água de chuva após o fim da seca e um

período de fortes chuvas, que encheram as barragens de água para capacidade em 2011 (Moglia et al., 2012).

Lições semelhantes foram obtidas de um estudo sobre o impacto dos descontos sobre a aceitação de tecnologias habitacionais sustentáveis, tais como aquecimento de gás solar e reservatórios de água da chuva (Bond, 2011). Com base na pesquisa de 71 profissionais da indústria de construção na Austrália, Bond (2011) relatou que reservatórios de água de chuva foram aceitos por compradores de casas em áreas sujeitas a escassez de água. Isto está de acordo com Gardiner et al. (2008), ou seja, a escassez de água ou restrições aumentou o valor de uma oferta discricionária e levou alguns compradores de casa para adotar a CAC. No entanto, Bond (2011) também relatou que há muitas vezes uma falta de vontade da indústria da construção civil para pagar o custo de tecnologias sustentáveis em novas unidades habitacionais. Em tais casos, os descontos podem funcionar como um incentivo, ou além, a legislação poderia ajudar a superar tal barreira.

### 3.6.2 Eficácia da legislação

No contexto de uma mudança sócio-tecnológica, a introdução da CAC em ambientes urbanos exige o desenvolvimento de um ambiente favorável e com o compromisso de vários agentes da sociedade civil para implementar a mudança (Figura 1). Mudanças iniciais na legislação e correspondentes leis, tais como códigos de construção e encanamento e diretrizes de saúde, são necessárias para legalizar o uso da água da chuva e também para estabelecer limites e regras para o uso de água da chuva. Além disso, a legislação também tem sido usada em vários locais para promover a adoção de fontes alternativas de água.

A legislação foi usada como meio tanto para obrigar a adoção de CAC, como para reduzir o uso de água da rede, o que indiretamente tende a favorecer a implementação de reservatórios de água de chuva. Instrumentos legislativos foram aplicados particularmente para novas habitações ou reformas. Uma abordagem legislada custa menos para o governo, como não é necessário nenhum esforço financeiro para os descontos, em vez disso, transfere a carga de custos ao proprietário do imóvel. Esta abordagem legislativa força uma mudança radical na prática, como todos os construtores e proprietários de imóveis são obrigados a adotar as medidas que podem contribuir para uma utilização mais generalizada do que regimes facultativos. No entanto, ambos, o compulsório e a adesão voluntária, exigem que a instalação de um quadro regulamentador e institucional bem planejada que oferece verificações cruzadas e contrapesos para salvaguardar a qualidade das instalações e o investimento financeiro.

Estudos realizados na Austrália sobre as diferenças de atitude da adesão obrigatória e a voluntária de reservatórios de água de chuva sugeriam diferenças no comportamento entre os dois grupos de proprietários de reservatórios em áreas urbanas (Gardiner 2009, 2010; Gardiner et al., 2008; White, 2009; Tilbrook, 2009; Mankad, 2012a). Mankad (2012a) pesquisou 1988 domicílios com reservatórios de água de chuva em Queensland do sudeste, onde 39,8% da amostra teve o reservatório de água da chuva para uso interno conectado. No entanto, houve diferenças no uso interior e exterior com base em como o reservatório foi adquirido; apenas 20,9% dos reservatórios de água de chuva voluntariamente foram conectados ao uso interno, ao passo que 87,6% dos reservatórios de água de chuva obrigatórios foram ligados para uso interno. Reservatórios ligados a utilização no exterior fornecem economia de água sazonal, enquanto reservatórios conectados para o interior permitem uma redução de consumo de água da rede ao longo do ano (Beal et al., 2011).

Gardiner (2010) entrevistou 371 proprietários de reservatórios em 2007 e 2008 e identificou três grandes segmentos de atitude em proprietários urbanos de reservatórios de água de chuva. Oitenta por cento dos novos proprietários de casas em áreas com reservatórios 'obrigatório' ou compradores de casas que já tinham

reservatórios de água de chuva sentiu pouca ligação com os reservatórios e, em sua maioria, desconhecem as necessidades de manutenção (Gardiner, 2009, 2010). Por outro lado, os indivíduos que tinham intencionalmente adotados reservatórios de água de chuva mostraram maior interesse na sua manutenção (Gardiner, 2010; Mankad, 2012). No geral, verificou-se um maior grau de desmotivação e desconexão entre proprietários obrigatórios de reservatórios e seus reservatórios (Tucker et al., 2011).

Instaladores espontâneos tinham maior motivação intrínseca, maior autodeterminação e um maior senso de propriedade do reservatório em comparação com os proprietários obrigados a possuírem reservatórios. A teoria da autodeterminação prevê que um maior engajamento resultaria numa melhor manutenção do tanque, maior frequência de comportamento de manutenção e maior adequação na manutenção. Enquanto, os valores de rejeição previram a falta de motivação para envolver-se na manutenção do reservatório.

Em resumo, a pesquisa mostrou que fazer uma escolha consciente para adotar reservatórios de água de chuva pode resultar em diferentes atitudes em relação aos reservatórios e a sua aceitabilidade em relação a uma aceitação obrigatória.

### 3.6.3 Acesso à informação

Embora a informação por si só não vá resultar na adoção de um reservatório de água da chuva, o fornecimento de informações para a comunidade é amplamente aceito como um requisito fundamental para uma estratégia bem sucedida de CAC. O acesso à informação sobre a CAC, a sua instalação, a disponibilidade de incentivos econômicos, e até mesmo requisitos de construção são importantes para incentivar a adoção de reservatórios de água de chuva por proprietários. Da mesma forma, a falta de coordenação e disseminação de informação pode dificultar a aceitação da CAC (Ward et al., 2009).

Informações também podem ajudar as pessoas a desenvolver o conhecimento relevante para melhorar a sua eficácia para a gestão de um sistema de CAC. Há uma forte associação entre lidar com comportamento e intenções futuras para adotar sistemas descentralizados, ou seja, indivíduos que sentem que podem gerenciar o sistema de CAC são mais propensos a expressar a intenção de instalar reservatórios de água de chuva no futuro (Mankad et al., 2010).

Mankad et al. (2010) salienta que as decisões ambientais, muitas vezes, não são racionais, mas muitas associadas à emoções e com a maneira que um indivíduo interpreta a política ambiental. Isso pode ser consequência de seu estilo de vida, do conhecimento de questões de água, da confiança em agências governamentais (Mankad et al. 2010), e da antecipação das reações e sentimentos hipotéticos. Sob tal contexto, a prestação de informações oportunas e relevantes para os indivíduos e as comunidades auxiliam favoravelmente o processo de tomada de decisão. Igualmente importante é a adaptação do formato da comunicação às necessidades dos tipos de audiência (Baguma e Loishkandl, 2010). Por exemplo, na área rural de Uganda uma alta taxa de analfabetismo dos adultos e o acesso limitado à eletricidade podem reduzir a eficácia da mídia impressa e eletrônica para divulgação de informações sobre os descontos de reservatórios de água da chuva (Baguma e Loishkandl, 2010), métodos que são comumente utilizados em países como a Austrália.

Por outro lado, o conflito de interesses dentro grupos interessados também podem representar uma barreira para a disseminação da informação (Barrett e Wallace, 2011). Isto foi ilustrado na análise das estratégias de “marketing” utilizadas para promover a conservação da água por empresas de abastecimento público e privado na Austrália e no Reino Unido (Barrett e Wallace, 2011). Prestadores de serviços privados tendem a restringir o seu “marketing” para o mínimo de esforço possível para satisfazer os requisitos

legais, enquanto as agências de propriedade do governo tendem a investir em campanhas para maximizar a divulgação de informações ao público. Ambos os tipos de serviços públicos de água geram receita com a venda de água, daí a conservação da água iria contra a maximização do lucro. No entanto, para empresas privadas o objetivo principal foi um retorno aos acionistas, enquanto os utilitários de propriedade do governo também foram impulsionados por um estatuto social e, portanto, estavam mais ansiosos para promover soluções que beneficiaram toda a sociedade.

### **3.6.4 Resultados perversos**

A história também fornece experiências sobre os resultados não intencionais decorrentes de programas de incentivos bem intencionados. As lições são derivadas a partir do ponto auge de restrições de água e do início de descontos para reservatórios de água da chuva na Austrália.

Entrevistas com profissionais da água de instaladores do governo e do reservatório de água da chuva no sudeste de Queensland, na Austrália, revelaram que, durante o período de desconto, quando a demanda por reservatórios de água de chuva estava no seu auge, houve um rápido crescimento das importações de tanques de água da chuva para a Austrália (Moglia et al., 2011). Durante esse tempo, a verificação e controle dos produtos de entrada de qualidade eram limitados, e, como resultado, o mercado foi inundado com produtos (tanques, bombas, etc.) de qualidade variável, incluindo produtos que tendem a falhar devido à integridade estrutural baixa (Moglia et al., 2012).

Ao longo do tempo, como o mercado amadureceu, produtos de má qualidade foram lentamente purgados da venda e a qualidade dos produtos melhorou. Encanadores entrevistados também argumentaram que os descontos, que no momento se alegou contra a compra do reservatório, contribuíram para a inflação artificial dos preços dos reservatórios e os custos de instalação. Após os descontos foram reduzidos e níveis de restrição de água diminuíram, os preços do reservatório de água da chuva foram normalizados aos níveis pré-rebate (Moglia et al., 2012). Ao longo do tempo, na Austrália, a garantia de qualidade no mercado tem evoluído com uma série de produtos agora sujeitos a programas de certificação, como a marca d'água do sistema de águas pluviais.

Em Hyderabad, na Índia, a fim de controlar a qualidade da instalação, foi desenvolvida uma lista de contratantes preferenciais. No entanto esses instaladores preferenciais foram notificados para cobrar taxas elevadas (CSE, 2013). Na Austrália, para garantir a qualidade da instalação não havia a exigência de instalação a ser realizado por um técnico qualificado para reivindicar um desconto e de novos edifícios para a instalação a ser inspecionada e certificada por uma certificadora. Esses exemplos demonstram as tentativas de controlar a qualidade das instalações de CAC e destacam a importância do desenvolvimento de um suporte holística e programa de verificação, como parte de uma política de incentivo de CAC.

### **3.6.5 Perspectivas de longo prazo**

A política pode ter um impacto significativo sobre a sustentabilidade da água ao longo prazo. Em países como Cingapura e Austrália, a ameaça de escassez de água ao longo prazo resultou em políticas que incidiram sobre a criação de uma cultura de consciência de água e uso eficiente da água. Na Austrália e Cingapura principais motores foram, respectivamente, o clima seco e estiagem, e a dependência de outros países para os recursos hídricos. Como resultado, as políticas de água nesses países têm-se centrado na implementação de estratégias de longo prazo destinadas a aumentar a eficiência do uso da água e da diversificação das fontes

de água. Isso resultou em grande escala de captação de água de chuva (Marina Barrage), dessalinização e reciclagem da água (NEW Water), em Cingapura; e restrições de água, reciclagem de água, dessalinização e a captação em reservatórios de água de chuva na Austrália. Em ambos os países, a população também tem sido alvo de campanhas abrangentes para aumentar a conscientização sobre a escassez de água.

Em ambos os países, a conscientização da comunidade tem crescido ao longo do tempo. A consistência e continuidade das mensagens políticas e à escalada de políticas, ou seja, a eficiência, restrições de água, etc., têm ajudado a comunidade a entender a gravidade dos desafios e benefícios das estratégias alternativas de água. Assim, em locais onde os motivadores fortes como a escassez de água ou falta de confiabilidade da infraestrutura prevalecem, estes muitas vezes atuam como fatores de motivação externos que aumentam a relevância do uso de água da chuva para os proprietários de casa. No entanto, prevalecem desafios maiores em locais onde os principais motivadores não são tão evidentes ou facilmente compreendidos, como a poluição ambiental. Em tais casos, a política torna-se fundamental para aumentar a conscientização sobre os motivos da CAC e tem um papel fundamental na educação da comunidade sobre os desafios e problemas que aumentam a relevância da CAC ambientais.

Até o momento, a maioria das campanhas em todo o mundo tem sido centrada na promoção da aceitação de CAC, no entanto, tão importante é a necessidade de incentivar os proprietários dos reservatórios para manter seus reservatórios de água da chuva. Os passos para a manutenção do reservatório de água da chuva são simples, mas ainda são necessários para assegurar a função de longo prazo de tais sistemas (Moglia et al., 2013). No momento, há poucos dados sobre a forma como os reservatórios são mantidos após a implementação (Moglia et al., 2012). Em particular, como destacado nas seções anteriores, os proprietários de reservatórios de água de chuva obrigatórios são menos conscientes das necessidades de operação e manutenção de seus reservatórios (Gardiner 2009; 2010; Gardiner et al., 2008; White, 2009; Tilbrook, 2009), o que poderia afetar a operação de longo prazo dos reservatórios e qualquer planejamento estratégico de água de uma região com base na consideração de certos usos de água da chuva.

Isso destaca a necessidade de educar e incentivar os proprietários de reservatórios de água da chuva, em especial aqueles de reservatórios obrigatórios, sobre como manter os reservatórios (Moglia et al., 2013). Diferentes estratégias de comunicação e de intervenção são necessárias para envolver os diferentes segmentos da comunidade de proprietários de reservatórios para manter seus reservatórios de água da chuva. Estas estratégias devem apelar para as motivações subjacentes do proprietário do reservatório por ter um reservatório de água da chuva bem conservado, e fornecer facilitadores que melhoram a capacidade de proprietário do reservatório para manter o reservatório em bom estado de funcionamento (Walton et al., 2012). Estes tipos de abordagens ajudarão a garantir que o estoque de reservatórios de água de chuva dentro da comunidade funciona de forma confiável ao longo prazo.

## 4 CONCLUSÕES

Há um interesse crescente na adoção da CAC em todo o mundo. A política pode facilitar a criação de ambientes que incentivem a utilização e a operação do CAC. As estratégias adotadas para promover a CAC variam e dependem do contexto local. Assim, o papel da política em várias formas tem que considerar a remoção de barreiras para a aceitação de CAC, a necessidade de desenvolver mecanismos e normas para proteger confiabilidade técnica, saúde pública, e a confiança do público se a CAC co-existe com rede de fornecimento d'água.

Políticas de CAC em todo o mundo têm-se centrado na promoção da aceitação da tecnologia e de

uso d'água de chuva em áreas urbanas. Duas estratégias são normalmente adotadas, a adoção voluntária reforçada por incentivos e/ou sanções financeiras, ou uma abordagem legal que obriga a captação de água da chuva direta ou indiretamente. No entanto, existem inúmeras variações de políticas e programas em todo o mundo. Cada tipo de estratégia oferece suas próprias vantagens e desvantagens.

Política desempenha um papel importante na criação de ambientes regulatórios e normativos que possam apoiar a adoção do reservatório de água da chuva. A política pode ajudar a garantir que a transição para a CAC seja satisfatória, mas salvaguardando o bem mais amplo e os interesses de longo prazo da sociedade.

Programas de incentivo tipicamente visam facilitar o proprietário da casa, quer facilitando o capital necessário para a instalação, ou, ao estabelecer o custo de utilização, em reconhecimento de alguns dos benefícios que a prática traz para a comunidade em geral de tomada de decisão. Contudo, a adoção da CAC não é simplesmente uma decisão financeira, mas também uma decisão emocional, porque há um custo para o dono da casa com a adoção da CAC. Usuários de água da chuva frequentemente estão dispostos a pagar os custos financeiros adicionais, se eles percebem a utilidade da CAC ser mais valioso e prática para ser aceitável e confiável, particularmente, em contextos em que há uma ameaça para o futuro fornecimento de sua água.

Fatores exógenos (por exemplo, seca ou restrições d'água) e influências normativas (por exemplo, todos os meus vizinhos têm reservatórios) também podem afetar as percepções dos chefes de família e sua vontade de adotar a CAC. Outros fatores, como o preço da água, incluindo os encargos fixos, também podem influenciar a percepção da utilidade de um reservatório, mas não foram examinadas aqui.

A abordagem de adoção voluntária ou obrigatória, em que a adoção não é mais uma escolha consciente pelo dono da casa, podem afetar o nível de motivação dos donos da casa para a manutenção de seus reservatórios. Em particular, a literatura destaca a necessidade de investir na educação e sensibilização sobre como e porque manter os reservatórios na comunidade para garantir a operação ao longo prazo do reservatório de água da chuva.

A eficácia de qualquer política está fortemente ligada aos mecanismos de apoio e estratégias de implementação que reforçam os objetivos da política ao longo do tempo, por isso, a necessidade de desenvolver mecanismos de apoio consistentes, independentemente da estratégia adotada para a promoção da CAC.

Experiências da Austrália, Malásia, Reino Unido e Índia também oferecem lições de resultados não intencionais de políticas bem intencionadas, durante o processo de implementação de CAC. Estas lições destacam a importância de uma abordagem holística na concepção do processo de implementação e também a necessidade de acompanhamento para evitar resultados perversos. As políticas também requerem monitoramento e avaliação contínua sobre a eficácia de programas de incentivo e para permitir a adaptação para alcançar os objetivos pretendidos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACT Government. Rainwater tank rebates, [http://www.thinkwater.act.gov.au/tune-ups\\_rebates/rainwater\\_tank\\_rebate.shtml](http://www.thinkwater.act.gov.au/tune-ups_rebates/rainwater_tank_rebate.shtml), updated May 2011, 13 Mai. 2011.
- Ahmed, W.; Gardner, T.; Toze S. Microbiological quality of roof-harvested rainwater and health risks: A review. *Journal of Environmental Quality*, v.40, p.13-21, 2011.
- Australian Bureau of Statistics. Environmental issues: Water use and Conservation March 2010, 4602.0.55.33." <http://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/DetailsPage/4602.0.55.003Mar%202013?OpenDocument>. 26 Set. 2014.
- BASIX. About BASIX website, Department of Planning, NSW government, <http://www.basix.nsw.gov.au/information/about.jsp>, accessed May 2011. Building Commission. 2 Ago. 2012.

- Building Code of Australia, Measurements of ceilings, volume 2.  
[http://hia.com.au/hia/content/Builder/region/National/classification/Building%20and%20Planning%20Services/BCA%20and%20Australian%20Standards/article/IS/BPS/Nat\\_measurements\\_\\_ceiling\\_heights.aspx](http://hia.com.au/hia/content/Builder/region/National/classification/Building%20and%20Planning%20Services/BCA%20and%20Australian%20Standards/article/IS/BPS/Nat_measurements__ceiling_heights.aspx), 2 Ago. 2012.
- Baguma, D.; Loishkandl, W. Rainwater harvesting technologies and practises in rural Uganda: a case study, *Mitig Adapt Strateg Glob Change*, v.15, p.355-369, 2010.
- Barret, G, Wallace, M. An institutional economics perspective: the impact of water provider privatisation on water conservation in England and Australia, *Water Resour. Manage*, v.25, p.135-1340, 2011.
- Beal, C.; Gardner, T.; Sharma, A. Barton, R.; Chong, M. A desktop analysis of potable water savings from internally plumbed rainwater tanks in outh east qld. *Urban Water Security Research Alliance Technical*, v.109, p.2007-2013, 2011.
- Bond, S. G. Residential property development professionals' attitudes towards sustainable development Sustainable Development In Australia. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, v.6, p.474-486, 2011.
- Brown, R.; Ashley, R.; Farrelly, M. Political and professional agency entrapment: an agenda for urban water research, *Water Resources Management*, v.25, p.4037-4050, 2011.
- Centre for Science and Environment. Legislation on Rainwater Harvesting -Implementation of by laws in different States and Cities, <http://www.cseindia.org/node/1111>, 14 Feb. 2014.
- Chong, M. N.; Umapathi, S.; Mankad, A.; Sharma, A.; Gardner, T. (2011). A Benchmark Analysis of Water Savings by Mandated Rainwater Tank Users in South East Queensland (Phase 2). *Urban Water Security Research Alliance Technical Report No. 49*.<http://www.urbanwateralliance.org.au/publications/technicalreports/>, 8 Jan. 2014.
- City of Toronto. Wet weather flow management guidelines. Toronto: Toronto Water, 2006. 117p.
- Coombes, P. J.; Kuczera, G.; Kalma, J. D.; Argue, J. R. An evaluation of the benefits of source control measures at the regional scale. *Urban Water*, v.4, p.307-320, 2002.
- Cornut, P.; Aubin, D.; Van Criekingen, M.; Dubois, O.; Dessouroux, C.; Decroly, J. M. Public, "club" and individual management of natural resources: The case of domestic rainwater tanks in Belgium. *Erde*, v.137, p.273-292, 2006.
- Farabakhsh, K.; Despins, C.; Leidl, C. Developing capacity for large scale rainwater harvesting in Canada, *Water Quality Research Journal of Canada*, v.44, p.92-102, 2009.
- Furumai, H.; Kim, J.; Imbe, M.; Okui, H. Recent application of rainwater storage and harvesting in Japan. In: *International Rainwater Harvesting Conference*, JP session b03, 3, 2010, Gyeongnam: International Water Association. 2010. CD Rom.
- Furumai, H.; Okui, H. Historical transition and progress of RWHM projects in Japan. In: *International Rainwater Harvesting*, 4, 2013, London: International Water Association. 2013. CD Rom.
- Gardiner, A. Domestic rainwater tanks: Usage and maintenance patterns in South East Queensland. *Water*, v.36, 151-156, 2009.
- Gardiner, A. Do rainwater tanks herald a cultural change in household water use? *Australasian Journal of Environmental Management*, v.17, p.100-111, 2010.
- Gardiner, A.; Skoien, P.; Gardner, T. Decentralised water supplies-south-east Queensland householders' experience and attitudes. *Water*, v.36, p.53-58, 2008.
- Ghisi, E.; Oliveira, S. M. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. *Building and Environment*, v. 42, 1731-1742, 2007.

- Geels, F. W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, v.31, p.1257-1274, 2002.
- Geels, F.W.; Schot, J. Typology of sociotechnical transition pathways, *Research Policy*, v.36, p.399-417, 2007.
- Gold, A.; Goo, R.; Hair, L.; Arazan, N. Rainwater harvesting: Policies, programs, and practices for water supply sustainability, low impact development 2010. *Redefining water in the city*. Reston: American Society of Civil Engineers, 2010. p.987-1002.
- Government of South Australia. Rainwater tank and plumbing rebate, SA Water, Government of South Australia, [http://www.sawater.com.au/SAWater/YourHome/SaveWater|nYourHome/ rebates\\_ rainwatertanks.htm](http://www.sawater.com.au/SAWater/YourHome/SaveWater|nYourHome/ rebates_ rainwatertanks.htm), updated June 2011. 13 Jul. 2011
- Government of South Australia. Advisory Notice Technical: Building code of Australia mandatory plumbed rainwatertanks for class 1 buildings, June 2006, Department of Primary Industries and Resources, Government of South Australia, <http://dataserver.planning.sa.gov.au/publications/1128p.pdf>. 14 Mai 2012.
- Hagare, P.; Hagare, D.; Modessa, A.; Quenelle, W.; Koizumi-Smith, B. Demand management-effect of rebate scheme and water restrictions on rainwater tank uptake rate-A review of demand management strategies undertaken by Gosford City Council. *Water-Australian Water and Wastewater Association*, v.39, p.87, 2012.
- Han, M. Climate change adaptation through the promotion of rain cities in korea -policies and case studies. In: IWA Rainwater Harvesting and Management international workshop, World Water Congress, 4, 2010, Montreal. Proceedings... Montreal: International Water Association, 2010. CD Rom.
- Herrmann, T.; Schmida, U. Rainwater utilisation in Germany: Efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. *Urban Water*, v.1, p.307-316, 1999.
- Hobart City Council. Rainwater tanks, Hobart City Council <http://www.hobartcity.com.au/>. 2011. Environment/ Stormwater\_\_and\_Waterways/Conservation/Rainwater\_Tanks. 10 Jul. 2013.
- Ishaku, H. T.; Rafee Majicl, M.; Johar, F. Rainwater harvesting: An alternative to safe water supply in Nigerian rural communities, *Water Resources Management* , v.26, p.295-305, 2012.
- Khalid, R. M.; Rahman, S. A.; Mokhtar, M. B. Legal Perspective on development policies for sustainability of water in Malaysia. *Sustainable Development*, v.21, p.144-151, 2012.
- Khastagir, A.; Jayasuriya, N. Investment evaluation of rainwater tanks. *Water Resource Management*, v.25, p.3769-3784, 2011.
- Kloss, C. Managing Wet Weather with Green Infrastructure Municipal Handbook. December 2008. [http://www.epa.gov/npdes/pubs/gi\\_munichandbook\\_harvesting.pdf](http://www.epa.gov/npdes/pubs/gi_munichandbook_harvesting.pdf). 14 Jul. 2011.
- Kraemer, R. ; Piotrowski, R. Financing urban rainwater management in Germany. *European Water Pollution Control*, v.5, p.48-58, 1995.
- Leidl, C. Building capacity for rainwater harvesting in Ontario: Policy and economic considerations. Ontario: University of Guelph, 2008. M.Sc.Thesis
- Mankad, A.; Tucker, D. Tapsuwan, S.; Greenhill, M. Qualitative exploration of beliefs, values and knowledge associated with decentralised water supplies in south east queensland communities. *Urban Water Security Research Alliance Technical Report No. 25*, 2010. <http://www.urbanwateralliance.org.au/ publications/UWSRA-tr25.pdf>, 10 Fev. 2014.
- Mankad, A. Decentralised water systems: Emotional influences on resource decision making. *Environment International*, v.44, p.128-140, 2012.
- Mankad, A.; Chong, M. N.; Gardner, T.; Sharma, A. Examining biophysical and socio-demographic factors across mandated tank users in urban Australia: A linking step towards achieving best practices. *Water Resources Management*, v.26, p.1983-1998. 2012c.

- Mankad, A.; Chong, M. N.; Umapathi, S.; Sharma, A. The Role of Physical and Psychological Factors in Understanding Rainwater Tank Maintenance. Urban Water Security Research Alliance Technical Report No. 64. 2012b. <http://www.urbanwateralliance.org.au/publications/UWSRA-tr64.pdf>. 14 Jan. 2014.
- Mankad, A.; Greenhill, M.; Tucker, D.; Tapsuwan, S. Motivational indicators of protective behaviour in response to urban water shortage threat. *Journal of Hydrology*, v.491, p.100-107. 2013.
- Mankad, A.; Tapsuwan, S.; Greenhill, M. P.; Tucker, D.; Malkin, S. Motivational Indicators of Decentralised systems use among householders in South East Queensland. Urban Water Security Research Alliance Technical Report No. 44. 2011. [http://www.urbanwateralliance\\_org.au/publications/UWSRA-tr44.pdf](http://www.urbanwateralliance_org.au/publications/UWSRA-tr44.pdf). 12 Feb. 2014.
- Mankad, A.; Tucker, D.; Greenhill, M. P. Mandated versus Retrofitted Tank Owners: Psychological Factors Predicting Maintenance and Management. Urban Water Security Research Alliance Technical Report No. 51. 2012a. <http://www.urbanwateralliance.org.au/publications/UWSRA-tr51.pdf>. 14 Jan. 2014.
- Marsden Jacob Associates. The Economics of rainwater tanks and alternative water supply options, Australian Conservation Foundation, Nature Conservation Council and Environment Victoria, 2007, 33p.
- Moglia, M.; Tjandraatmadja, G.; Sharma, A. Initial Investigation into the Governance and Management Models. Urban Water Security Research Alliance Technical Report no. 50. 2011. <http://www.urbanwateralliance.org.au/publications/UWSRA-tr50.pdf>. 10 Feb. 2014.
- Moglia, M.; Sharma, A.; Tjandraatmadja, G. Industry and householder perceptions on rainwater tank maintenance, *Water Science and Technology: Water Supply*, v.13, n.2. 2013.
- Mohd-Shahwahid, H. O.; Suhaimi, S. R.; Rasyidah, M. K.; Ahmad Jamaluddin, S.; Huang, Y. F.; Farah, M. S. Policies and incentives for rainwater harvesting in Malaysia. 2007. <http://www.arcsa-edu.org/Files/malaysia.pdf>. 12 Dez. 2013.
- NSW Government. NSW rainwater tank rebate, NSW Government, <http://www.environment.nsw.gov.au/rebates/ccfrtw.htm>, updated July 2011. 14 Jul. 2011.
- Northern Territory Government. Central Australia Waterwise Rebate Scheme, <http://www.nt.gov.au/nreta/water/wise/rebates/index.html>. 2011. 14 Jul. 2011.
- Pahl-Wostl, C. A conceptual framework for analysing adaptive capacity and multi-level learning processes in resource governance regimes. *Global Environmental Change*, v.19, p.354-365, 2009.
- Parsons, D.; Goodhew, S.; Fewkes, A.; Wilde, P. de. The perceived barriers to the inclusion of rainwater harvesting systems by UK house building companies, *Urban Water Journal*, v.7, p.257-265, 2010.
- Queensland Government. Queensland Development Code MP 4.2 - Water savings targets, Queensland Department of Local Government and Planning. 2009. Available at: <http://www.dlgp.qld.gov.au/building/current-parts.html> 20 My. 2011.
- Scott, R. W. *Institutions and organizations*, 2.ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2001. 255p.
- Smith, A.; Stirling, A.; Berkhout, F. The governance of sustainable socio-technical transitions. *Research Policy*, v.34, p.1491-1510, 2005.
- State Government Victoria. Living Victoria water rebate program. Victoria: Department of Sustainability and Environment. 2011. Available at <http://www.yvw.com.au/Home/Inyourhome/Savingwaterathome/Rebates/index.htm>, 12 July 2011.
- Standards Australia. AS1397:2001. Steel sheet and strip - Hot-dipped zinc-coated or aluminium/ zinc-coated. Sydney: Published by Standards Australia International Ltd., 2001a. 22p.
- Standards Australia. AS 3735-2001 Concrete structures retaining liquids. Sydney: Published by Standards Australia International Ltd., 2001b. 27p.

- Standards Australia. HB230. Rainwater Tank Design and Installation Handbook. Sydney: Published by Standards Australia International Ltd., 2006b. 70p.
- Standards Australia. HB230-2008, Rainwater tank design and installation handbook. 2008. 1031p.
- Standards Australia. AS/NZS 1170.1:2002 Structural design actions - Permanent, imposed and other actions. Sydney: Published by Standards Australia International Ltd., 2002. 29p
- Standards Australia. AS/NZS 3500: 2003 Plumbing & Drainage Set. Partes de 0-4. Sydney: Published by Standards Australia International Ltd., 2003. 146p.
- Standards Australia AS/NZS 4766:2006. Polyethylene storage tanks for water and chemicals. Sydney: Published by Standards Australia International Ltd., 2006a. 24p.
- Standards Australia. ASTM A240/A240M-05. Standard specification for chromium and chromium - nickel stainless steel plate, sheet, and strip for pressure vessels and for general applications. Sydney: Published by Standards Australia International Ltd., 2005. 12p.
- Stiefel, J. M. ; Melesse, A. M.; McClain, M. E.; Price, R. M.; Anderson, E. P.; Chauhan, N. K. Effects of rainwater-harvesting-induced artificial recharge on the groundwater of wells in Rajasthan, India. *Hydrogeology Journal*, v. 17, p.2061-2073, 2009.
- TWDB - Texas Water Development Board: The Texas manual on rainwater harvesting, Austin. 3.ed., 2005. 88p.
- Tilbrook, R. Rainwater tanks in new housing development: A survey of the issues, knowledge and uses of residents in the Northlakes Estate, a study for Lake Macquarie City Council, NSW. Newcastle: University of Newcastle. 2009.
- Tjandraatmadja, G.; Pollard, C.; Sharma, A.; Gardner, T. Optimisation of Energy Use in Household Rainwater Supply Systems. Urban Water Security Research Alliance Technical Report No. 89. 2013.  
[http:// www.urbanwateralliance.org.au/publications/UWSRA-tr89.pdf](http://www.urbanwateralliance.org.au/publications/UWSRA-tr89.pdf). 14 Jan. 2014.
- Tucker, D.; Mankad, A.; Greenhill, M. Rainwater tank adoption in South East Queensland - Factors influencing maintenance and management. In: Urban Water Security Research Alliance Science Forum, 3, 2011, Brisbane: Urban Water Security Research Alliance, 2011. CD Rom.
- USEPA – United States Environmental Protection Agency. Rainwater harvesting: Conservation, credit codes, and cost literature review and case studies. Washington: Environmental Protection Agency USEPA, 2013. 41p.
- Vialle, C.; Sablayrolles, C.; Lovera, M.; Jacob, S.; Huau, M. C. Montrejaud-Vignoles, M. ; Monitoring of water quality from roof runoff: Interpretation using multivariate analysis. *Water Research*, v.45, p.765-3775, 2011.
- Walton, A., Gardner, J, Sharma, A, Moglia, M. And Tjandraatmadja, G. Exploring interventions to encourage rainwater tank maintenance. Urban Water Security Research Alliance Technical Report No. 59. 2012.  
[http:// www.urbanwateralliance.org.au/publications/UWSRA-tr59.pdf](http://www.urbanwateralliance.org.au/publications/UWSRA-tr59.pdf). 14 Jan. 2014.
- Ward, S.; Barr, S.; Butler, D.; Memon, F. A. Rainwater harvesting in the UK: Socio-technical theory and practice, *Technological Forecasting & Social Change*, v.79, p.1354-1361, 2012.
- Ward, S.; Butler, D.; Barr, S.; Memon, F. A. A framework for supporting rainwater harvesting in the UK. *Water Science and Technology*, v.60,, p.2629–2636, 2009.
- Water Corporation. Rainwater reward program guidelines. 2011. [http://www.watercorporation.com. au/\\_files/Rainwater\\_Reward\\_Program\\_Guidelines\\_FINAL.pdf](http://www.watercorporation.com.au/files/Rainwater_Reward_Program_Guidelines_FINAL.pdf). 12 July 2011.
- White, I. W. Decentralised environmental technology adoption: The household experience with rainwater harvesting. Brisbane: Griffith University. 2009. 457p. Ph.D. Thesis.

Zhang, B.; Xie, G.; Xue, K.; Wang, J.; Xiao, Y.; Zhang, C. Evaluation of rainwater runoff storage by urban green spaces in Beijing, Shengtai Xuebao. *Acta Ecologica Sinica*, v.31, p.3839-3845, 2010.

# SETOR RURAL





# CAPÍTULO 11

## TECNOLOGIAS DE CAPTAÇÃO, MANEJO E USO DA ÁGUA DE CHUVA NO SETOR RURAL

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4

 **INSA**  
INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

Luiza Teixeira de Lima Brito  
Maria Sonia Lopes da Silva  
José Barbosa dos Anjos  
Manoel Batista de Oliveira Neto  
Antônio Gomes Barbosa

# TECNOLOGIAS DE CAPTAÇÃO, MANEJO E USO DA ÁGUA DE CHUVA NO SETOR RURAL

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	243
<b>2. DESENVOLVIMENTO</b>	244
<b>2.1 Cisterna para armazenamento de água de chuva</b>	245
2.1.1 Consumo humano	245
2.1.2 Consumo vegetal	247
2.1.3 Consumo animal	249
2.1.4 Custos	251
2.1.5 Principais desafios	251
<b>2.2 Barragem subterrânea</b>	251
2.2.1 Parâmetros construtivos	252
2.2.2 Potencialidades e limitações de solos para barragens subterrâneas	253
2.2.3 Manejo de solo e água em barragem subterrânea	254
2.2.4 Alternativas de cultivos	258
2.2.5 Custo	258
2.2.6 Pesquisas desenvolvidas pela Embrapa em barragem subterrânea	258
2.2.7 Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido	259
2.2.8 Principais desafios	260
<b>2.3 Captação in situ</b>	260
2.3.1 Princípios de funcionamento da captação in situ	261
2.3.2 Fatores decisivos para a implantação da captação in situ	263
<b>2.4 Irrigação de salvação</b>	267
2.4.1 Modelo de reservatório adaptado	268
2.4.2 Manejo da água de irrigação de salvação	269
<b>3. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	271
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	271

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos principais desafios mundiais na atualidade é o atendimento à demanda por água de boa qualidade. O crescimento populacional, o aumento da contaminação e a poluição dos recursos hídricos, a necessidade de produção de alimentos e o desenvolvimento industrial devem gerar, nos próximos anos, sérios problemas no abastecimento de água. Associados a esses fatores, desperdícios ou mau uso da água têm contribuído com o processo de escassez em âmbito global.

O Brasil se destaca no cenário mundial pela grande descarga de água doce dos seus rios, cuja produção hídrica,  $177.900 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  e mais  $74.100 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  da Amazônia internacional, representam 53% da produção de água doce do continente sul-americano ( $334 \text{ mil m}^3\text{s}^{-1}$ ) e 12% do total mundial ( $1.488 \text{ milhões de m}^3\text{s}^{-1}$ ) (Rebouças, 2006). Mesmo nesta condição, a situação do País se torna mais crítica em função de sua dimensão geográfica e da diversidade climática com as quais algumas regiões sofrem graves problemas de escassez de água, como o Semiárido nordestino.

A classificação mundial das águas, feita com base nas suas características naturais, designa “água doce” aquela que apresenta teor de sólidos totais dissolvidos (STD) inferior a  $1.000 \text{ mg L}^{-1}$  (Rebouças, 2006). Baseado nos usos preponderantes das águas no Brasil, o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA dispõe, por meio da Resolução N° 357, de 17 de março de 2005 (Brasil, 2005a) sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e ainda classifica as águas, quanto ao teor de sais, como águas doces - águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 %; águas salobras - salinidade variando entre 0,5 e 30 % e, águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 %. Esta classificação é compatível com as recomendações da Organização Mundial de Saúde - OMS.

O suprimento de alimentos é uma grande prioridade em muitos países e a agricultura irrigada, principal usuária dos recursos hídricos, deve não apenas fornecer alimentação para uma população crescente, mas também economizar a água visando a outros usos. O desafio é desenvolver e aplicar métodos racionais do uso da água, tanto na agricultura irrigada como na agricultura dependente das chuvas, de forma a se obter maior produtividade por unidade de água aplicada.

Em 2012, o Dia Mundial da Água teve, por tema, Água e segurança alimentar, reforçando a importância da água para a produção de alimentos. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), para produzir alimentos suficientes para satisfazer as necessidades diárias de uma pessoa, são necessários cerca de 3 mil litros de água. Outros 1.500 litros de água são indispensáveis para gerar um quilo de grãos e dez vezes essa quantidade para produzir um quilo de carne, afirma a FAO, por ocasião das comemorações do Dia Mundial da Água nesse ano (Bojanic, 2012).

Estudos da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) apontam a agricultura como a atividade de maior demanda de água. Esta atividade utiliza em torno de 70% de toda a água disponível enquanto 20% são destinados à indústria e 10% para uso doméstico. Explica o representante regional da FAO para a América Latina e Caribe, que “a água doce é um recurso renovável, mas é finito. Com a população mundial crescendo a cada ano será cada vez mais difícil satisfazer as necessidades de todos se não forem envidados esforços para uma eficiência maior de sua utilização. Para isto é fundamental produzir mais alimentos utilizando menos água e reduzir perdas” (Bojanic, 2012).

Os problemas de escassez de água, desperdícios e poluição dos mananciais apontados, sugerem a busca de alternativas adequadas à realidade local, com vista à sua solução. A captação da água da chuva é uma das possibilidades para amenizar esses problemas, sobretudo, em regiões com limitações de reservas hídricas

potenciais. Outras tecnologias, como a dessalinização das águas salobras e salinas, além do incentivo ao reúso, são alternativas potenciais a médio e longo prazos passíveis de contribuir para aumentar a oferta de água em regiões com limitações hídricas.

Associadas à escassez de água em consequência da irregularidade das chuvas, as altas taxas evapotranspirométricas contribuem, no Semiárido brasileiro, para reduzir a disponibilidade hídrica e favorecer a concentração de solutos nas fontes hídricas superficiais, degradando a qualidade das águas. Do ponto de vista hidrogeológico 70% desse espaço têm potencial hídrico restrito razão por que, devido ao predomínio das rochas cristalinas, os sistemas aquíferos são do tipo fissural, apresentam vazões inferiores a  $3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  e teores de sólidos dissolvidos totais, em média,  $3 \text{ g L}^{-1}$ , com predominância de cloretos (LEAL, 1999). É provável que a utilização de águas salobras para consumo humano, por falta de opção de outras fontes hídricas para uso pelas comunidades rurais dispersas, provoque, futuramente, riscos à saúde do homem sobremaneira em crianças e até mesmo afetar o desempenho dos animais. Porém, de acordo com Rebouças (1999), referendado em Porto et al. (2011), é possível extrair, dessas áreas, com segurança, cerca de 20 bilhões de  $\text{m}^3 \text{ ano}^{-1}$  e utilizar este volume disponível em sistemas de produção estabelecidos ou para os consumos humano e animal.

O capítulo Tecnologias de captação, manejo e uso da água de chuva no setor rural procurou reunir, de forma sucinta, resultados de pesquisas e experiências vivenciadas com e por produtores familiares, compactuando diferentes ideias a partir da percepção de que a “água de chuva”, desde que captada, armazenada e manejada de forma adequada, tem potencial para atender às demandas de água no setor rural do Semiárido brasileiro e permitir uma convivência harmoniosa de sua população com a adversidade climática.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Segundo Porto et al. (2011), no Semiárido brasileiro, com a exploração agrícola em condições dependentes de chuva, isto é, de sequeiro, a precipitação pluviométrica é, em geral, a única fonte de água disponível na propriedade para a manutenção da família e desenvolvimento das atividades agropecuárias. Esta região é delimitada pela isoietea de 800 mm anuais (Brasil, 2005b), cujas precipitações são distribuídas durante três a cinco meses, com elevadas taxas evapotranspirométricas, em média,  $2000 \text{ mm.ano}^{-1}$ , proporcionando déficit de umidade no solo durante o ciclo das culturas. Por sua vez, esta chuva é variável em quantidade, intensidade, no espaço e no tempo. Portanto, saber aproveitá-la é estratégico para a convivência com as condições semiáridas. Neste sentido, os autores ressaltam que na aplicação das técnicas de aproveitamento da água da chuva é importante que sejam considerados aspectos que norteiam o processo de planejamento das tecnologias de captação e uso de água de chuva em condições de semiaridez, como:

- magnitude volumétrica das precipitações – quando se fala que a média anual de precipitação de determinada localidade é de 400 a 500 mm, parece pouco significativo; no entanto, não se pode esquecer que, para cada milímetro de precipitação, há um potencial de captação de até 1 litro de água para cada metro quadrado de superfície;

- evitar desperdício – a água, por ser um insumo escasso nas regiões áridas e semiáridas, é preciso ter eficiência no sistema de captação, condução e uso, quer seja armazenada no perfil do solo (captação in situ, barragem subterrânea), em reservatórios fechados (cisternas, poços) ou abertos (tanques de pedra, açudes e barragens);

- priorizar cultivos de baixo consumo – para as zonas de baixa precipitação, a melhor maneira de aproveitar as chuvas é usá-las em cultivos resistentes à seca, quer seja pela sua tolerância genética ao estresse hídrico ou pelo seu curto ciclo fenológico.

Embora os conhecimentos sobre as tecnologias de captação, armazenamento e uso de água de chuva estejam consolidados e contemplados em políticas públicas voltadas para a região há, mesmo assim, a necessidade de sua adequação a cada situação específica. Neste sentido, os pesquisadores deverão focar aspectos que integrem a pluralidade dos conhecimentos com a diversidade dos sistemas agrícolas praticados. Além desses aspectos pode-se alertar ainda para a observância às limitações naturais como exigência à implantação de algumas tecnologias. Citam-se, também, as restrições de solo para a barragem subterrânea, o que será discutido posteriormente. A partir dessas premissas, definir a hierarquia para as diversas necessidades hídricas da propriedade, que deverão ser: consumo humano, consumo animal e produção vegetal, principalmente, é a prioridade.

Estudos sobre a viabilidade do uso de técnicas de captação e utilização da água de chuva em comunidades rurais com limitação de recurso hídricos foram iniciados no final da década de 1970, na Embrapa Semiárido (Silva & Porto, 1982) nos quais o aproveitamento da água de chuva proveniente do escoamento superficial para o consumo humano, por meio de cisternas; o consumo animal utilizando-se tanques e barreiros e vegetal por meio de pequenas barragens subsidiam, atualmente, políticas de governo nas esferas federal, estaduais e municipais.

Para um entendimento melhor sobre as tecnologias de captação de água de chuva apresenta-se, a seguir, uma descrição daquelas mais utilizadas no Semiárido brasileiro, muitas das quais inseridas em programas de governo.

## 2.1 Cisterna para armazenamento de água de chuva

### 2.1.1 Consumo humano

A cisterna para a captação e armazenamento de água de chuva para o consumo humano é utilizada há séculos, em várias partes do planeta. As pesquisas iniciadas por Silva & Porto (1982) partiram de duas limitações para o uso da cisterna como reservatório de água: custos elevados para construção da cisterna em alvenaria e área das instalações rurais, insuficientes para captar o volume de água necessário; no primeiro caso foram avaliados diversos materiais alternativos na construção do tanque, como lona de PVC, polietileno, tijolo a galga e tela-cimento. No que concerne ao tamanho da área de captação – componente essencial para o sucesso da cisterna dada à irregularidade climática - a limitação foi superada utilizando-se o próprio solo revestido ou não como área para captar a água da chuva. Atualmente, a cisterna com área de captação no solo é conhecida como “cisterna calçadão”. Nesses estudos foram definidos parâmetros essenciais ao dimensionamento do volume de água necessário às famílias tal como das áreas de captação considerando-se o número de pessoas por família, o consumo médio diário de água, por pessoa, a precipitação pluviométrica da região e o período sem chuvas, com base na média dos anos de menor precipitação de uma série histórica.

A partir desses estudos, surgiram novos modelos de cisterna que fomentam, atualmente, o Programa Um Milhão de Cisterna (P1MC), como pode ser destacada a cisterna de placas pré-moldadas a qual, devido à facilidade de construção, baixos custos e a maior participação da família no processo construtivo, é o modelo-padrão adotado (Figura 1 A). Em algumas comunidades a cisterna de alambreado também tem sido uma alternativa utilizada, em virtude de apresentar maior resistência (Figura 1 B). A partir de 2012 novo modelo de cisterna de polietileno começou a ser adotado no Semiárido brasileiro com objetivo semelhante ao das cisternas de placas, isto é, consumo humano, animal e produção de alimentos.

Este tipo de cisterna inserido na política do governo federal, por meio do Ministério da Integração Nacional (MIN), tem, como principal vantagem, a velocidade de instalação (Figura 1 C).



Figura 1. Cisterna de placas pré-moldadas construídas em área de assentamento (A), de tela de alambrado (B) e de Polietileno (C).  
Fotos: Nilton de Brito Cavalcanti

Neste Programa a capacidade de armazenamento de água da cisterna corresponde a 16 mil litros de água, o que é capaz de garantir água para atender a uma família de cinco pessoas (beber, cozinhar e escovar dentes) pelo período de estiagem de aproximadamente oito meses (Silva & Porto, 1982). Neste contexto, a Fundação de Serviços de Saúde Pública (Ministério da Saúde, 1981) hoje denominada Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), responsável pela promoção da saúde pública no País, estima em 10 L por pessoa a necessidade mínima diária. Daí, no planejamento da cisterna é de suma importância considerar variáveis como: consumo mínimo por pessoa por dia, número de pessoas da família e período seco, o que pode indicar garantia de água por um período mínimo sem a ocorrência de precipitações. Também é considerado, por este Programa, o telhado das residências como área de captação de água de chuva mas, nem sempre esta área é suficiente ou adequada para encher a cisterna, em razão da irregularidade das chuvas em muitos municípios.

O P1MC, que contempla a cisterna para armazenamento da água de chuva visando ao consumo da família – conhecido como “primeira água” está consolidado, hoje, no Semiárido brasileiro, contemplando mais 500 mil de famílias. Novas ações de pesquisas precisam focar aspectos de qualidade da água armazenada. Neste sentido, os primeiros estudos sobre qualidade bacteriológica da água de chuva armazenada em cisterna foram feitos por Amorim & Porto (2001), em que observaram a presença de coliformes fecais nas águas destinadas ao consumo das famílias. Corroborando com esses resultados, Brito et al. (2005) avaliaram as águas de cisternas em quatro municípios do Semiárido brasileiro e constataram riscos de contaminação das águas das cisternas com destaque para coliformes fecais. Referidos resultados alertaram para a necessidade de maiores cuidados no manejo da água da cisterna, sobretudo daquelas famílias que não têm a oportunidade de realizar tratamento da água de beber ou, por outro lado, o fazem de forma inadequada. Assim, foi recomendado o uso de processos simples de tratamento de água, como: fervura – prática pouco comum; filtração com areia e carvão vegetal ou filtro doméstico, exposição da água ao sol e uso de cloro. Neste sentido, 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 (OPAS/OMS, 1999).

Como forma de reduzir os riscos de contaminação da água de chuva desde seu contato com a área de captação ao momento de consumi-la, é recomendado o uso de barreiras físicas no sistema (área de captação, calhas, tubulações e tanque de armazenamento). Essas barreiras se constituem em cuidados e medidas que devem ser tomadas a partir do momento da escolha do local da cisterna, como: construir a cisterna a pelo menos 30 m de fossas, currais etc; não captar as primeiras águas das chuvas, o que pode ser feito utilizando-se dispositivos simples e de fácil acesso às famílias; utilizar sempre bomba para retirada da água, pois baldes com corda ou outros vasilhames podem colocar em risco à qualidade da água armazenada; telar as aberturas de circulação de ar para evitar a entrada de insetos e pequenos animais; realizar limpeza e desinfecção da cisterna, periodicamente; fazer manutenção da cisterna e da área de captação, evitando rachaduras que podem favorecer o desenvolvimento de algas; limpar e manter, de forma adequada, as calhas e conexões para reduzir desperdícios de água (Silva et al., 1984; 1988; Brito et al., 2005; 2007a).

Desta maneira e se considerando os parâmetros de dimensionamento do volume de água necessário às famílias, da área de captação de água de chuva e as barreiras físicas, pode-se garantir que a cisterna fornecerá água às famílias em quantidade suficiente e com qualidade adequada, mesmo nos anos mais secos desde que não ocorram desperdícios. Este é o maior desafio a ser superado neste sistema pelo P1MC. Para isto, essas famílias necessitam ser capacitadas e conscientizadas quanto à máxima eficiência de uso da água da cisterna.

### **2.1.2 Consumo vegetal**

A cisterna de produção ou segunda água está contemplada no Programa de Segurança Alimentar e Nutricional do MDS denominado “Uma Terra e Duas Águas (P1+2)” ou “segunda água” e, mais recentemente, no Plano Brasil Sem Miséria (PBSM), como alternativa que pode contribuir com a melhoria da dieta alimentar das famílias rurais ofertando, com qualidade e regularidade, frutas, hortaliças e espécies medicinais para suprir suas necessidades nutricionais; a segunda água também pode atender à demanda de água de pequenos animais, em especial dos caprinos e ovinos.

No contexto da produção vegetal a cisterna de produção objetiva a melhoria dos alimentos ofertados às famílias rurais do Semiárido brasileiro e, no que concerne à qualidade, a dieta dessas famílias é, em geral, composta prioritariamente por alimentos com alto valor energético e baixo teor nutricional. Estudos desenvolvidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011) apontam que a dieta de 90% dos

brasileiros está fora do padrão recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) no que diz respeito ao consumo de frutas, verduras e legumes. O baixo consumo desses alimentos pode favorecer uma possível carência de micronutrientes caracterizando a chamada “fome oculta”.

Segundo Brito et al. (2012) se bem manejada, a água armazenada na cisterna de produção, que tem capacidade para 52 mil litros, é suficiente para manter um pequeno pomar, em torno de 30 fruteiras, e 2 a 4 canteiros de hortaliças com, em média, 12 m<sup>2</sup> de área. Nas Figuras 2 e 3 se observam cisternas de consumo familiar e de produção, instaladas em área de produtor, na comunidade de Lage Alta, município de Jaguarari, BA, e em área experimental da Embrapa, em Petrolina, PE.



Figura 2. Cisternas de consumo humano e de produção, instaladas na Comunidade de Lage Alta, município de Jaguarari, BA.

Foto: Nilton de Brito Cavalcanti



Figura 3. Cisterna de produção instalada em área experimental da Embrapa Semiárido

Foto: Nilton de Brito Cavalcanti

Estudos realizados em escala experimental mostram que em 2011, com 589,0 mm de precipitação e se aplicando 586,0 litros, totalizando 1.175,6 litros de água por planta, foram obtidos 929,3 kg de frutas em um pomar com 36 plantas de espécies frutíferas, como mangueira (*Mangifera*), aceroleira (*Malpighia emarginata*), limoeiro (*Citrus x citrus*), cajueiro (*Anacardium occidentale*), mamoeiro (*Carica papaya*) e pinheira (*Annona squamosa* L.). Esta produção é significativa e permite a inserção de frutas na dieta das famílias. Mesmo em 2012, com 149,0 mm de precipitação e se aplicando 612,0 litros totalizando 761,0

litros por planta, foi possível se obter 550 kg de frutas no pomar, o que representa mais de um quilo de frutas por dia por família.

Na cisterna de produção também é permitido o cultivo de espécies oleáceas, como tomate (*Solanum lycopersicum*), cebolinha (*Allium cepa*), coentro (*Coriandrum sativum*), alface (*Lactuca sativa*), pimentão (*Capsicum annuum*), berinjela (*Solanum melongena*), rúcula (*Eruca sativa*), couve-flor e couve-folha

(*Brassica oleracea*), e cenoura (*Daucus carota*) (Figura 4). Também foram avaliadas algumas espécies medicinais, como capim-santo (*Cymbopogon citratus*), erva-cidreira (*Melissa officinalis*), alecrim (*Rosmarinus officinalis*), hortelã (*Mentha spicata*) e mastruz (*Lepidium virginicum*).



Figura 4. Cisterna de produção de espécies oleráceas  
Fotos: Nilton de Brito Cavalcanti

Araújo et al. (2011) consideram a possibilidade de cultivar várias espécies de frutas e de oleráceas na cisterna de produção e, com a produção obtida, incrementar melhorias significativas na dieta das famílias rurais e na saúde.

### 2.1.3 Consumo animal

A cisterna também é mais uma opção para atender à demanda de água para pequenos animais, em especial caprinos e ovinos visto que, em geral, a disponibilidade de água para os mesmos é reduzida e de baixa qualidade. Segundo Guimarães Filho et al. (2001), no Semiárido brasileiro os caprinos e ovinos têm, como alternativa de alimentação, a vegetação da caatinga complementada, às vezes, com o uso de forragens de baixa demanda hídrica, conservadas na forma de feno ou silagem. Com a garantia da disponibilidade de água e de alimentos, esses animais são capazes de produzir ganho de peso de até 35 kg ano<sup>-1</sup> tornando-se, assim, uma atividade mais competitiva.

Para melhorar a qualidade e garantir a disponibilidade de água para os animais, várias tecnologias são

citadas na literatura; como exemplo, os poços amazonas e artesianos mas, em geral, apresentam elevada salinidade e podem conter elementos em níveis elevados, além de baixa tolerância pelos animais. Nem sempre, porém, essas alternativas são apropriadas ao sistema de produção utilizado pela maioria dos pequenos caprino-ovincultores desta região por apresentarem principalmente custos elevados. Desta forma e devido ao baixo consumo de água por esses animais, que oscila em torno de 4,5 litros por dia, a cisterna passa a ser uma alternativa nas políticas públicas da “segunda água” ou P1+2, voltada para a produção de alimentos (Brito et al., 2005).

Uma cisterna de produção com capacidade de 52 mil litros de água é capaz de atender a um rebanho formado por, aproximadamente, 50 cabeças, durante oito meses. Com base em uma demanda maior por água, os produtores têm a opção de construir mais de uma unidade para atender, de forma adequada, à demanda de água pelos animais. A Tabela 1 apresenta coeficientes técnicos da cisterna de produção visando ao armazenamento de água para consumo para três tamanhos de rebanho, ou seja, 50, 100 e 150 cabeças de caprinos/ovinos e duas situações de áreas de captação AC (m<sup>2</sup>) sendo uma estrada de barro batido e outra o telhado de uma construção. Além dessas variáveis o volume de água necessário VA (m<sup>3</sup>) foi dimensionado considerando-se dois períodos sem chuvas (P, dias), correspondendo a 240 e 300 dias, precipitação média (PM) de 400 mm anuais e coeficientes de escoamento superficial (e) para estrada de barro (0,60) e cobertura de telha de barro (0,75).

É importante reforçar que em situações de a área de captação ser no solo batido ou em estrada de barro, o cisterna deve dispor de um sistema de filtragem, formado, principalmente, por pedra, areia grossa e fina, para reter materiais em suspensão transportados pelas águas de chuva melhorando, assim, a qualidade da água de beber dos animais. Nas Figuras 5 a e d pode-se observar detalhes da cisterna de produção destinada a armazenar água de chuva para consumo por caprinos e ovinos, instaladas no campo experimental da Embrapa e em área de produtor.

Tabela 1. Volume de água: V<sub>A</sub> (m<sup>3</sup>) e área de captação: A<sub>C</sub> (m<sup>2</sup>) em função do número de animais (n) e do consumo (C), período sem chuvas (dias), precipitação média (PM) de 400 mm anuais e um coeficiente de escoamento superficial (e) de 0,6 e 0,75.

N	C (L/dia)	Água (L/dia)	Período (dias)	V <sub>A</sub> = n*c*p		A <sub>c</sub> = $\frac{Va}{P \times e}$		(m <sup>2</sup> )
				(L)	(m <sup>3</sup> )	Estrada	Telhado	
50	4,5	225,0	240	54000	54,0	225	180	
	4,5	225,0	300	67500	67,5	281	844	
100	4,5	450,0	240	108000	108,0	450	1.350	
	4,5	450,0	300	135000	135,0	563	1.688	
150	4,5	675,0	240	162000	162,0	675	2.025	
	4,5	675,0	300	202500	202,5	844	2.531	



Figura 5. Cisternas de produção para atender aos caprinos e ovinos, instaladas no campo experimental da Embrapa (A), em área de produtor (B) e detalhes do sistema de filtragem (C) e bebedouro (D).  
Fotos: Nilton de Brito Cavalcanti.

#### 2.1.4 Custos

Os custos da cisterna de consumo humano com capacidade de armazenamento de 16 mil litros e de produção de 52 mil litros de água, construída em placas pré-moldadas, têm pouca amplitude de variação entre os estados da região Nordeste. Em média, podem oscilar entre R\$ 2.500,00 - R\$ 4.000,00 e R\$ 7.000,00 R\$ 10.000,00, respectivamente, dependendo dos elementos considerados no sistema como, por exemplo, descarga das primeiras águas da chuva; sistema de filtragem, bebedouro para os animais, mangueiras e conexões para instalação do sistema de irrigação, entre outros.

#### 2.1.5 Principais desafios

- Os principais desafios a serem superados com a tecnologia da cisterna se revestem da preocupação com a qualidade da água destinada ao consumo. Para isto, há a necessidade de que os órgãos federais, estaduais e municipais que atuam neste segmento enquadrem a água de chuva armazenada nas cisternas em suas políticas de tratamento;

- Não menos importante é o fator quantidade, sobretudo, para aquelas famílias cuja demanda supera a capacidade de armazenamento da cisterna, ou seja, famílias com mais de cinco pessoas; nesses casos

as famílias recorrem, quando em situação de emergência, às fontes hídricas tradicionais para buscar água visando atender às suas necessidades e, muitas vezes, sem garantia da qualidade;

- Referente à quantidade de água, é fator decisivo as famílias tomarem conhecimento de que o volume de 52 mil litros de água é limitante para aplicar a grandes áreas, seja no pomar ou canteiros de hortaliças;

- É importante inserir, nas políticas públicas atuantes no Semiárido brasileiro, o componente de “capacitação contínua”, de modo que as famílias se sintam “poderosas” ante o conhecimento fornecido para manejar os componentes da cisterna, isto de forma adequada.

## 2.2. Barragem subterrânea

A barragem subterrânea é uma tecnologia que tem proporcionado, à família agricultora, o aproveitamento das águas da chuva para produção de alimentos contribuindo com a redução dos efeitos negativos dos longos períodos de estiagem e, conseqüentemente, com a diminuição da pobreza. Consiste em uma parede construída dentro da terra cuja função é barrar as águas das chuvas que escorrem no interior e acima do solo formando uma vazante artificial na qual o terreno permanece molhado até quase o fim do período de estiagem, geralmente de três a oito meses após as chuvas (Ferreira, 2012; Silva et al., 2007a). Esse tempo de permanência da umidade na área de acumulação da barragem subterrânea depende da quantidade de chuva ocorrida e, sobretudo, do manejo adotado em sua área de plantio (Silva et al., 2010a).

A barragem subterrânea pode ser instalada em leito de rios e riachos de vazão média ou em locais onde escorre o maior volume de água no momento da chuva (linhas de drenagem/caminho da água). Sua construção é feita escavando-se uma vala com retroescavadeira ou manualmente, no sentido transversal ao escoamento das águas, até a profundidade onde se encontra a camada mais endurecida do solo, conhecida por camada impermeável ou rocha. Dentro da vala se estende uma lona plástica de polietileno com espessura de 200 micra por toda a sua extensão. Após o plástico estendido (Figura 6a) a vala é fechada com pá mecânica ou manual com a terra que foi retirada na abertura. O plástico dentro da vala se constitui na parede na qual, por outro lado, é construído um sangradouro (Figuras 6b e 6c) com a função de escoar o excedente da água em anos de chuvas torrenciais (Costa et al., 2000; Oliveira et al., 2010; Brito et al., 2010; Melo et al., 2011; Lima, 2013).



Figura 6. Vala impermeabilizada com lona plástica (A); barragem construída em linhas de drenagem com sangradouro (B); barragem subterrânea em funcionamento com seus principais elementos (C).

Fotos: Roseli Freire de Melo e Maria Sonia Lopes da Silva, respectivamente.

### 2.2.1 Parâmetros construtivos

No modelo Embrapa Semiárido os principais parâmetros recomendados para seleção do local e construção de barragens subterrâneas, são:

- Local apropriado: podem ser construídas em leito de rio ou riacho e em linhas de água (linhas de drenagem);
- Profundidade do solo: em torno de 1,5 m a no máximo 4 m;
- Textura do solo: preferencialmente variando de média a arenosa;
- Relevo do local (declividade/topografia): de no máximo 2% visando a uma área maior de molhamento;
- Vazão do rio ou riacho: não recomendado quando forte a muito forte para não romper/danificar a estrutura da barragem subterrânea (parede, sangradouro);
- Qualidade da água: de preferência sem problema com sais;
- Abertura de trincheiras: recomenda-se abrir trincheiras ao longo da linha onde será aberta a vala da parede, visando identificar os locais das ombreiras (extremidades da parede) e do sangradouro e conhecer as profundidades máxima e mínima do solo da área onde será instalada a barragem subterrânea.

As experiências com barragens subterrâneas vêm comprovando que se trata de uma tecnologia que contribui para a produção de alimentos, segurança alimentar e nutricional das famílias agricultoras, bem como para a geração de renda a partir da inserção dos excedentes da produção em mercados locais, regionais e institucionais. Produtos como mandioca, feijão e milho oriundos da agricultura de base ecológica, com maior valor agregado, podem ser inseridos nos diversos circuitos de comercialização (mercado justo, feiras agroecológicas etc). Contribuem, também, para a diminuição da demanda por produtos externos à propriedade, a exemplo de alguns alimentos e fitoterápicos para consumo familiar e de pequenos animais. As barragens subterrâneas têm proporcionado, às famílias, melhoria do poder aquisitivo e maior acesso a bens de consumo. É uma tecnologia viável mas é importante que as instituições e os programas de políticas públicas atentem para alguns aspectos:

- Estabelecer critérios para escolha das famílias que irão adquirir uma unidade de barragem subterrânea;
- É fundamental que as famílias se apropriem da tecnologia e entendam sua importância para a complementação de sua renda;
- Antes da implantação da barragem subterrânea, são recomendadas a sensibilização e a capacitação da família no que diz respeito à seleção do local, construção, manutenção da estrutura hidráulica, manejo do solo e da água, quanto à possibilidade de cultivos a serem explorados dentro da bacia de acumulação;
- É aconselhável, quando possível, realizar análise do solo e da água antes da definição do local de sua instalação e a cada dois anos para acompanhar a fertilidade do solo e os níveis de sais, tanto no solo como na água evitando, assim, a perda da capacidade produtiva da barragem subterrânea.

## 2.2.2 Potencialidades e limitações de solos para barragens subterrâneas

### - Solos de textura arenosa

Solos de textura arenosa, como os Neossolos Quartzarênicos típicos (Figura 7a), geralmente não são aptos para barragem subterrânea, em virtude de serem muito profundos (mais de 5 m) e possuir baixa capacidade de retenção de água. Porém, quando esses solos apresentam uma camada impermeável até 3 m de profundidade, e certo teor de argila como os Neossolos Quartzarênicos latossólicos (Figura 7b), podem ser utilizados com bons resultados; eles apresentam melhores retenções de água nos horizontes mais profundos devido aos maiores teores de partículas finas (argila).

Os Neossolos Flúvicos (aluviões) são os mais recomendados para construção de barragens subterrâneas em leito de riacho (Figura 7c); no entanto, especial atenção tem que ser dada para a profundidade. A barragem subterrânea Modelo Embrapa só admite sua construção em solos com profundidade de até 4 m, por permitir maiores resistência e segurança ao plástico quanto à vazão da água, bem como maior folga na dobra do plástico quando da fixação na camada impermeável e na superfície.

Em se tratando dos Neossolos Flúvicos, é fundamental se ter ideia da vazão do riacho antes de se decidir qual tipo de material vai ser utilizado na construção da parede para que não se coloque em risco a estrutura da barragem quando de um ano com chuvas muito além da média da região. Enfatiza-se que referidas limitações, no que diz respeito à profundidade e, conseqüentemente, ao material utilizado na parede, são para barragens subterrâneas (septo impermeável de plástico que vai até 50 cm acima da superfície e 4 m de profundidade) e não para barragem submersa (parede totalmente dentro do solo).



Figura 7. Perfis caraterísticos de Neossolo Quartzarênico típico (A); Neossolo Quartzarênico latossólico (B); e Neossolo Flúvico (C). Fotos: Arquivo Embrapa Solos Recife

Em leitos de rios ou riachos, onde os solos apresentem profundidades maiores e, normalmente, com grande vazão, em especial no período das chuvas, é aconselhável a construção de barragem subterrânea com septo impermeável/parede em alvenaria ou de pedra e cimento, para maior garantia do não rompimento da parede; outro aspecto a se considerar em riachos com fortes vazões é o intervalo de tempo entre grandes eventos de chuva. Mesmo quando o histórico aponte ocorrência de chuvas fortes em grandes intervalos de tempo (a cada 10 - 20 anos), não recomendada a construção de barragem subterrânea de plástico pois a forte vazão em ocasiões de grandes chuvas danifica ou mesmo rompe o septo impermeável (parede), comprometendo todo o investimento.

### - Solos de textura média/argilosa

Os solos com textura média/argilosa podem apresentar propriedades favoráveis proporcionando maior retenção de água e nutrientes e melhores condições de manejo, principalmente no período de chuvas. Os Argilosos Amarelos (Figura 8A) e Argissolos Vermelho-Amarelos (Figura 8B), com textura média/argilosa, são solos que ocorrem com grande frequência no Semiárido brasileiro e neles podem ser locadas barragens subterrâneas com maior garantia de sucesso, devido às suas características de média fertilidade e condições físicas favoráveis, mesmo quando apresentam camada de impedimento superior a 1,0 m de profundidade. O impedimento físico proporciona um comportamento peculiar nesses solos que pode ser favorável em termos de suprimento de água às plantas, sobretudo na região Semiárida. A baixa disponibilidade de água nas camadas aráveis é compensada pelos horizontes subsuperficiais apresentando um aumento da capacidade de armazenamento. Esta característica, aliada a uma permeabilidade menor e a uma capacidade moderada de infiltração, permite uma condição de armazenamento de água maior e mais demorada nessa zona de impedimento e acima dela o que constitui, para a barragem subterrânea, característica favorável. Os Planossolos (Figura 8C) que apresentam uma camada superficial arenosa de 1 - 2 m de profundidade imediatamente acima de outra argilosa, estão sendo muito utilizados para a construção de barragens subterrâneas mas especial atenção deve ser dada ao seu manejo pois se trata de um solo que apresenta alto risco de salinização devido à presença de sais. É fundamental que se tenha conhecimento das potencialidades e limitações do solo da área de plantio da barragem subterrânea, haja vista que a partir desse conhecimento se escolherão o manejo e os cultivos adequados.

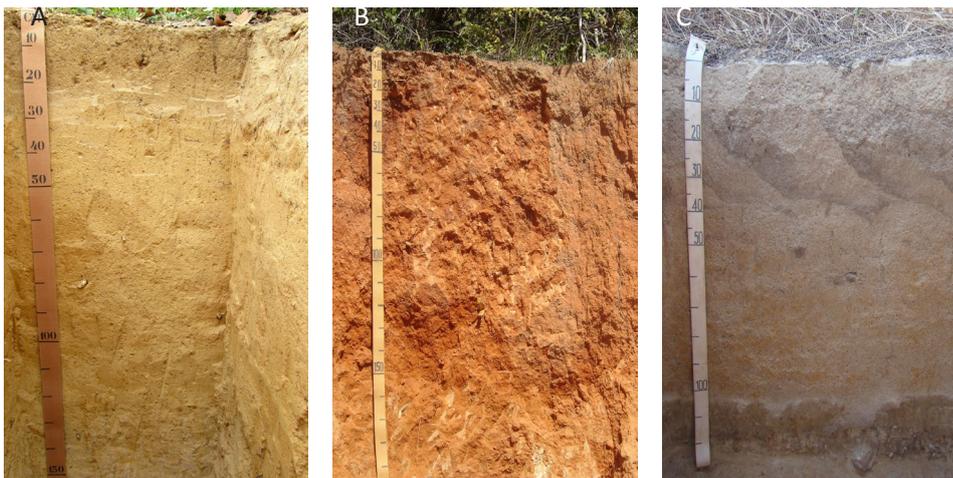


Figura 8. Perfis de Argissolo Amarelo (A); Argissolo Vermelho Amarelo (B); e Planossolo com camada superficial arenosa de 1 - 2 m de profundidade (C)  
Fotos: Arquivo Embrapa Solos UEP Recife

### - Solos de textura argilosa e muito argilosa

Os solos argilosos e muito argilosos, como os Vertissolos (Figura 9A), os Luvisolos Crômicos vertissólicos (Figura 9B) e outros com características vérticas, apesar da alta e da média fertilidade natural, não são viáveis para a construção de barragem subterrânea em consequência de suas características de expansão e contração conforme o teor de umidade. Essa característica pode comprometer a estrutura da parede proporcionando vazamento, e dificultar o manejo da área de plantio dentro da bacia hidráulica, durante o período chuvoso. Além dessas características eles apresentam limitações, como baixa permeabilidade, baixa condutividade hidráulica, alta capacidade de retenção de água e baixa velocidade de infiltração, condições que propiciam acúmulo de sais na superfície, o que é indesejável para barragem subterrânea.



Figura 9. Perfis de Vertissolo (A) e Luvisolo Crômico vertissólico (B).

Fotos: Maria do Carmo Catanho Pereira de Lins (A); Flávio Hugo. B. B. da Silva (B).

### - Solos rasos e poucos profundos

Os solos rasos, como os Neossolos Litólicos (Figura 10), são solos pouco profundos (< 100 cm) razão pela qual não são sugeridos para locação de barragens subterrâneas em virtude de proporcionarem pouca acumulação de água; por definição, referidos solos não são recomendados para uso agrícola convencional podendo ser utilizados com pastagens ou para preservação ambiental.



Figura 10. Perfil de um Neossolo Litólico.  
Fotos: Arquivo Embrapa Solos UEP Recife

As potencialidades e limitações das classes de solo aqui descritas devem ser tomadas como regra geral. O conhecimento e a experiência do agricultor e do técnico responsável pela implantação da tecnologia serão decisivos, entretanto, para sua locação, construção, uso e manejo. Em certas situações, o agricultor dispõe, em certas situações, de uma área apropriada com vista à construção da barragem subterrânea mas, no que diz respeito às condições de relevo e disponibilidade de água, o solo não é o mais adequado, situação que não deve ser encarada como impedimento definitivo à sua implantação. Conhecendo o ambiente pode-se planejar o uso e o manejo adequados às suas características. É fundamental, para quem trabalha e possui barragens subterrâneas, conhecer várias experiências exitosas ou não, a origem de sucessos e os problemas que limitam seu uso nos diversos solos que compõem os ambientes do Semiárido. O que se busca com a técnica da barragem subterrânea não é o alcance do potencial genético ou econômico das culturas mas a melhoria das condições de vida no meio rural possibilitando tanto o cultivo de espécies para alimentação de pequenos animais como principalmente para consumo das famílias agricultoras e a comercialização de excedentes da produção.

### **2.2.3 Manejo de solo e água em barragem subterrânea**

Sugere-se, no manejo da barragem subterrânea, o uso de práticas agroecológicas com o preparo do solo da área de plantio sendo feito após as primeiras chuvas, à semelhança do sistema de plantio de agricultura de vazante, o qual é feito acompanhando a linha da água (curva de nível) podendo-se utilizar, para isto, implementos à tração animal ou mecanizado porém, a área próxima ao sangradouro (onde ocorre maior acúmulo de água) não deve ser plantada logo no início das chuvas visto que, com possibilidades de ocorrência de precipitações elevadas pode causar, em contrapartida, perda de sementes e de mudas do plantio; nesta área é melhor plantar mais próximo do final do período chuvoso. A cada dez linhas de plantio é aconselhável abrir um sulco de contenção para diminuir a força das enxurradas em anos de chuvas torrenciais (Silva et al., 2007b).

Quanto às práticas culturais e de manejo do solo para barragem subterrânea, orienta-se que sejam adotados rotação de culturas; cultivos consorciados; diversificação de cultivos; adubação orgânica com a utilização de esterco, tortas vegetais, cobertura “morta”, adubação verde, composto orgânico e biofertilizantes enquanto no controle fitossanitário o uso de inseticidas naturais, a exemplo dos macerados de Nim (Cavalcanti et al., 2006).

Nas barragens localizadas em leito de rio ou riacho, ou seja, onde a profundidade do solo permitir, sugere-se construir um poço, tipo amazonas, na área de plantio/captação, na parte mais profunda do terreno, a, aproximadamente, 5 m da parede, permitindo a renovação da água; consumo pelas criações; irrigação do seu entorno e, no período seco, a própria barragem subterrânea. O poço pode ser revestido com anéis de cimento, tijolos ou placas pré-moldadas (Lima et al., 2005; Cavalcanti et al., 2006). O poço permite o acompanhamento do nível da água dentro do solo e facilita sua coleta para análise de qualidade. Esta análise da água é recomendada a cada dois anos, nos períodos de estiagem e durante as chuvas, respectivamente (Silva et al., 2010b).

### 2.2.4 Alternativas de cultivos

Os cultivos na barragem subterrânea (Figura 11A e 11B) variam com o interesse econômico de cada família. Via de regra, nos estados da Bahia e de Pernambuco as barragens subterrâneas são cultivadas tradicionalmente, sobretudo, com feijão de corda (caupi), milho, batata-doce, mandioca, guandu e forragem; no Rio Grande do Norte, região onde chove, em média, 1000 mm anuais, há agricultores produzindo arroz; no alto sertão da Paraíba, no município de São Mamede, um agricultor produz manga para exportação (Costa et al., 2000) e nas regiões do Cariri, Brejo e Curimataú são cultivados, além do milho e feijão, hortaliças e forragem para serem comercializados em feirinhas municipais; é muito comum também, em todo o Semiárido, o cultivo de fruteiras para consumo familiar, tais como limão, goiaba, pinha, banana, coco, acerola, caju e manga, entre outras.

### 2.2.5 Custo

O custo de uma unidade de barragem subterrânea varia de acordo com o comprimento da parede, profundidade do solo ao longo da valeta/parede, tamanho e tipo de sangradouro, da construção ou não de poço e da utilização de bomba ou não; em média, oscila entre R\$ 3.500,00 a R\$ 8.000,00.



Figura 11. Diversificação de cultivos em áreas de plantio de barragens subterrâneas, forragem e fruteiras em Ouricuri, PE  
Foto: Maria Sonia Lopes da Silva.



Hortaliças em Remígio, PB.  
Foto: Gizelia Barbosa Ferreira

### 2.2.6 Pesquisas desenvolvidas pela Embrapa em barragem subterrânea

A Embrapa vem desenvolvendo pesquisas em barragem subterrânea desde a década de 80, objetivando fomentar ações que promovam o aumento ao acesso e uso da água em agroecossistemas de base familiar, nos territórios rurais do Semiárido brasileiro.

Esses projetos têm uma abordagem participativa com enfoque holístico-sistêmico, nos quais os agricultores, os técnicos e pesquisadores formam os “múltiplos atores” que estão exercitando a construção

do conhecimento coletivo, sistematização, comunicação e a experimentação em barragens subterrâneas. Os resultados desses estudos, obtidos em parceria com outras instituições de pesquisa, ensino, desenvolvimento, organizações não governamentais e com as famílias rurais, estão colaborando com ações voltadas para o melhor convívio das famílias com o Semiárido, em especial para fundamentar a implantação de políticas públicas para o Semiárido brasileiro.

### 2.2.7 Programa de formação e mobilização social para a convivência com o Semiárido

A Articulação Semiárido Brasileiro (ASA) é uma rede com mais de três mil organizações da sociedade civil que trabalha em prol do desenvolvimento social, ecológico, econômico, cultural e político do Semiárido brasileiro; entendendo que a água não é bem de consumo, é direito humano básico e ao mesmo tempo alimento necessário à vida e insumo para a produção de outros alimentos. A ASA desenvolveu o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido o qual abriga sete tecnologias sociais populares de captação e armazenamento de água para consumo humano e para a produção de alimentos, dentre elas, a barragem subterrânea vem-se destacando pela sua contribuição na sustentabilidade dos agroecossistemas; além disto, a ASA fortalece outras iniciativas de convivência com o Semiárido, como a troca horizontal de conhecimentos (Figura 12), a construção da agroecologia como ciência; os bancos ou casas de sementes crioulas; os fundos rotativos solidários; as cooperativas de crédito voltadas para a agricultura familiar e camponesa; a criação animal; a educação contextualizada e o combate à desertificação, entre outras.

Em 2007, a ASA iniciou o P1+2 com a implantação de unidades demonstrativas em alguns estados que compõem o Semiárido brasileiro. As unidades de barragens subterrâneas construídas por esse programa, até julho de 2013, estão distribuídas em todo o Semiárido, conforme a Figura 13.

Visando avaliar o impacto das alternativas de convivência produtiva e sustentável com o Semiárido brasileiro, a ASA consolidou parceria com o Instituto Nacional do Semiárido - INSA por meio do projeto de pesquisa Sistemas agrícolas familiares resilientes a eventos ambientais extremos no contexto do SAB: alternativas para enfrentamento dos processos de desertificação e mudanças climáticas. Com este projeto estão sendo realizados estudos socioeconômicos e ecológicos em unidades agrofamiliares em transição agroecológica, nos nove estados do Semiárido brasileiro, considerando-se mecanismos e princípios que expliquem a capacidade adaptativa das comunidades e dos sistemas às variações climáticas (INSA, 2013).



Figura 12. Troca de conhecimento entre agricultoras e agricultores, dentro do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido.

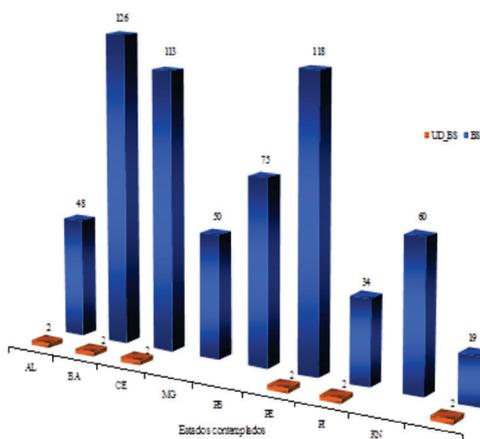


Figura 13. Distribuição de barragens subterrâneas construídas pelo P1+2 no Semiárido brasileiro, no total de 605 contando com as unidades demonstrativas. Recife, Julho 2013. Fonte: ASA (informação pessoal - Maitê Maronãs)

### 2.2.8 Principais desafios

Apesar de a barragem subterrânea ser, sem dúvida, uma das alternativas que, em conjunto com outras tecnologias de captação de água de chuva, vêm contribuindo para o aumento da produção de alimentos e a dessedentação de animais no Semiárido brasileiro, ainda há desafios a serem superados, dentre os quais são citados:

- Capacitar e sensibilizar técnicos e agricultores no que diz respeito aos diferentes tipos e modelos de barragens subterrâneas, consequentemente, o ambiente mais adequado a cada um deles;
- Irradiar adequadamente a tecnologia, respeitando seus limites;
- Caracterizar as estratégias de uso e manejo da água armazenada e identificar as possibilidades de

inovação para sua otimização, valorizando o sistema de produção da família;

- Aprofundar estudos de impacto sobre os agroecossistemas, as famílias e as comunidades nas dimensões econômica, social e ambiental;
- Aprofundar estudos: (i) nas microbacias, de forma sistêmica, onde estão e/ou serão construídas as unidades de barragens subterrâneas; (ii) monitoramento do nível do lençol freático tanto a montante como a jusante da barragem; (iii) avaliação da capacidade de recarga da bacia hidráulica; (iv) avaliação da capacidade dos agroecossistemas resistirem e/ou se recuperarem de eventos climáticos severos como a seca ou a inundação;
- Defendê-los para que se tornem uma das alternativas tecnológicas de política do Governo Federal de Convivência com o Semiárido, de forma permanente.

### 2.3 Captação in situ

A exploração de cultivos em regime de sequeiro no Semiárido brasileiro encontra inúmeros problemas relacionados com o manejo de água de chuva e de conservação de solo; além disto, existem algumas limitações relacionadas aos fatores climáticos, como a ocorrência de baixas precipitações pluviométricas, a irregularidade no tempo e no espaço, concentrando-se em períodos de 3 a 4 meses, alta intensidade e a baixa capacidade financeira dos pequenos agricultores.

Nessas condições climáticas há grandes variações de produtividades de uma safra para outra. Pesquisas têm demonstrado que apenas três em cada dez anos são considerados normais quanto à distribuição das precipitações transformando a agricultura em uma atividade de risco (Porto et al., 1983).

Visando reduzir esses riscos e tornar a atividade menos vulnerável aos fatores climáticos, diversas práticas de preparo de solo foram desenvolvidas/adaptadas pela Embrapa Semiárido com o objetivo de armazenar água no perfil do solo e aumentar sua disponibilidade para as culturas, além de reduzir as perdas de solo por erosão. Dentre essas técnicas se destacam os diferentes métodos de captação de água de chuva in situ, que utilizam a tração motora ou animal (Anjos, 1985).

### 2.3.1 Princípios de funcionamento da captação in situ

A captação de água de chuva in situ normalmente se utiliza de técnicas de preparo de solo e consiste na modificação do perfil do terreno com a finalidade de induzir o escoamento superficial para a área de plantio aumentando, desta forma, o tempo disponível à infiltração da água no solo (Figura 14) (Anjos et al., 2007).

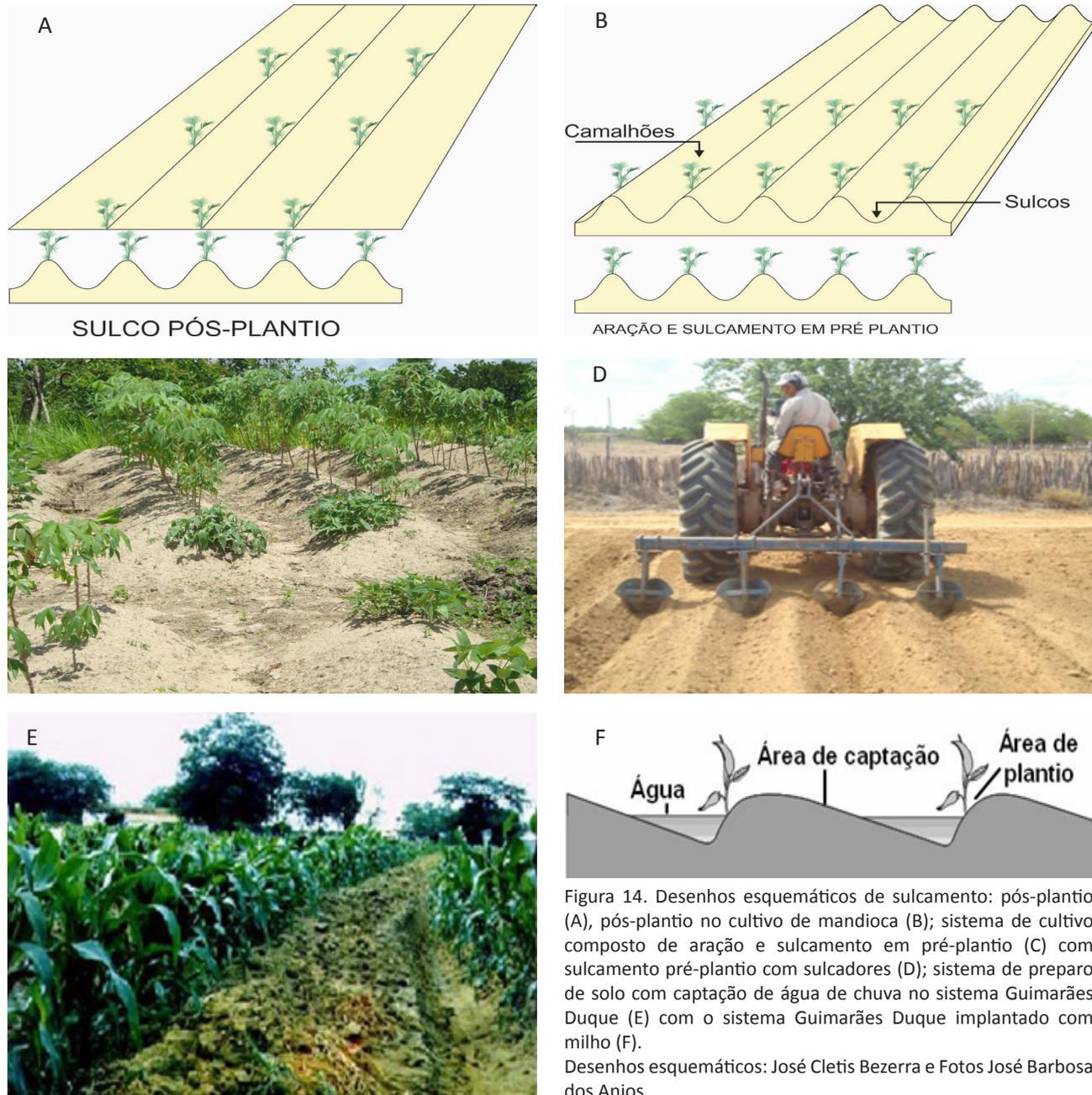


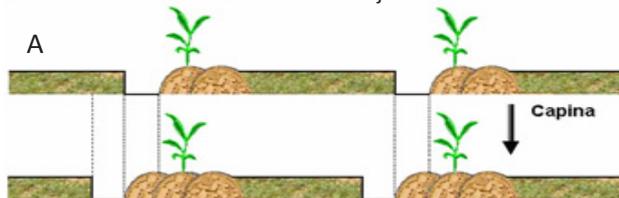
Figura 14. Desenhos esquemáticos de sulcamento: pós-plantio (A), pós-plantio no cultivo de mandioca (B); sistema de cultivo composto de aração e sulcamento em pré-plantio (C) com sulcamento pré-plantio com sulcadores (D); sistema de preparo de solo com captação de água de chuva no sistema Guimaraes Duque (E) com o sistema Guimaraes Duque implantado com milho (F).

Desenhos esquemáticos: José Cletis Bezerra e Fotos José Barbosa dos Anjos

Na maioria das vezes a captação de água de chuva está associada ao preparo de solo destinado à implantação de cultivos em condições de sequeiro, principalmente milho, feijão, mandioca e forrageiras. Qualquer alteração no perfil do solo em decorrência da mobilização da camada arável, independentemente dos implementos utilizados, se constitui em uma técnica de captação de água de chuva in situ.

Há várias maneiras de modificar a superfície do terreno por ocasião do preparo do solo utilizando-se de adaptações ou construindo novos equipamentos (Figura 15A-F). A captação de água de chuva é de fundamental importância para o clima semiárido e uma das alternativas é obter água de fora da área de plantio como o desvio de águas de estradas e caminhos e ou de malha asfáltica (Figura 15G-H).

Figura 15. Desenho esquemático aração em faixas (a); Aração em faixas, efetuada com tração animal (b); Barrador de sulcos (c); Água de chuva captada em sulcos barrados (d); captação in situ utilizando trator: método Guimarães Duque (e); captação in situ em área declivosa (f); captação de água de chuva em estradas e caminhos (g); opções de captação de água em malha asfáltica (h). Desenho e Fotos: José Barbosa dos Anjos.





### 2.3.2 Fatores decisivos para a implantação da captação in situ

Na implantação de um sistema de captação in situ é necessário dispor de informações sobre vários fatores relacionados à propriedade, como o tamanho da área a ser cultivada, tipo de solo, topografia, quantidade e distribuição das chuvas, épocas de plantio e tipo de culturas (anuais e perenes), disponibilidades de equipamentos, mão de obra e custos de implantação (Anjos et al., 2007).

**Escolha da área** - A escolha da área vai depender do seu tamanho, topografia, tipo de solo e da bacia hidrográfica, entre outros.

A escolha da fonte de potência vai depender de sua disponibilidade e dos respectivos custos. Quando se pretende utilizar a tração animal como fonte de potência, ela deve estar disponível na propriedade e/ou na vizinhança, caso em que se sugere que as áreas cultivadas sejam menores, comprimento de 100 a 120 metros, pois durante as manobras os animais são aliviados dos esforços contínuos aos quais são submetidos principalmente nas operações de preparo do solo, como aração e sulcamento.

Vários autores têm estudado o tamanho ideal de áreas destinadas ao cultivo no Semiárido brasileiro. Observa-se que, na prática, o agricultor sempre planta áreas superiores à sua capacidade de conduzir a cultura em condições ideais. Inicialmente, começa com o preparo mínimo do solo mobilizando o solo da linha de plantio; outros efetuam a semeadura utilizando a enxada manual onde apenas se faz a mobilização do solo na área que abrange as covas e muitos cultivos são prejudicados por falta de tratamentos culturais (capinas) na época oportuna (Figura 16), sobretudo, quando não se dispõe de recursos para o aluguel de mão de obra e animais de trabalho (Porto, 2005).



Figura 16. Mobilizações do solo destinado à linha de semeadura (A); da área das covas para semeadura (B); capina parcial nas linhas de milho e o sorgo na área central ainda sem capina (C)

Fotos: José Barbosa dos Anjos

Em se tratando de moto-mecanização as glebas podem ser maiores e, de preferência, trabalhar no sentido da maior extensão, desde que a topografia o permita, diminuindo, assim, as manobras, a fim de aproveitar o máximo de trabalho efetivo das máquinas. Há uma tendência na região de efetuar o preparo de solo e a sementeira mecanizada além das demais etapas de condução da cultura utilizando ferramentas manuais (enxada) e implementos a tração animal (cultivadores e sulcadores) para efetuar os tratos culturais e fitossanitários (pulverizadores costais e de tração animal) (Figura 17).



Figura 17. Aração com tração animal (A); aração com trator (B); capina com tração animal (C).  
Fotos: José Barbosa dos Anjos

**Tipo de solo** - Predominantemente, os solos do Semiárido brasileiro são originados no embasamento cristalino, normalmente planos, silicosos e pedregosos, com baixa capacidade de infiltração e baixo conteúdo de matéria orgânica, o que reforça a necessidade do uso de fertilizantes orgânicos (esterco e compostos) produzidos na propriedade como medida para reduzir os custos de produção e tornar a propriedade agrícola autossustentável.

**Topografia** - As técnicas de captação de água de chuva in situ se adaptam bem aos solos com relevo ligeiramente plano. Devido à alta intensidade das chuvas, declividades superiores a 5% não são recomendadas para implantação de técnicas simples de preparo de solo, pois implica em mais investimentos em mão de obra, máquinas e implementos para implantação de infraestrutura conservacionista, como a construção de terraços de contenção, cordões em contorno com pedras ou com vegetação, capazes de mitigar os efeitos danosos da erosão (Figura 18).



Figura 18. Conservação de solo e captação de água de chuva in situ utilizando terraços construídos com pedras, em Triunfo, PE  
Foto: José Barbosa dos Anjos

**Distribuição das precipitações pluviométricas** - Dois são os aspectos a serem considerados, em que um se refere às altas intensidades de precipitações; por um lado, podem ocasionar perdas de água por escoamento superficial e, em contrapartida, a erosão hídrica mas, por outro lado, a irregularidade das chuvas causa déficit hídrico às culturas podendo levar à perda total ou parcial da produtividade nos estabelecimentos agrícolas.

Um dos fatores que mais contribuem para a ocorrência da erosão hídrica é a intensidade da precipitação pluviométrica (IP). Quando esta intensidade é maior que a capacidade de infiltração de água no solo (CIS) isto deve ser amenizado com alguma técnica de captação de água; já a capacidade de infiltração de água no solo está relacionada com as características do solo, vegetação, topografia e com umidade antecedente, dentre outros. Segundo Lopes & Brito (1993), o período crítico em relação à erosividade dos solos causada pela água de chuvas é de fevereiro a abril, quando ocorrem, em média, 64,76% do total anual do índice de erosividade (EI30).

**Culturas e época de plantio** - A época de plantio é de extrema importância para o sucesso da agricultura dependente de chuva. Conforme Porto et al. (1983), o período ideal para o plantio da cultura do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) no município de Petrolina-PE, se situa entre 2 e 6 de março, quando sai de um patamar de 30 para 70% de chances de colheita e para o milho (*Zea mays* L.) é de 17 de janeiro a 9 de fevereiro coincidindo com a época de maior concentração e distribuição das chuvas. A cultura do milho, sem considerar outros fatores de produção, necessita de uma lâmina de água variando de 500 a 800 mm bem distribuídos, principalmente, nas fases de floração e de formação de grãos o que exige maior necessidade de água. Em toda a extensão do semiárido brasileiro as precipitações pluviométricas não ocorrem na mesma

época do ano e a distribuição variada dá origem às unidades geombientais. Trabalhos desenvolvidos por Silva et al. (1982) defendem que, para a cultura do feijão caupi, a melhor época de plantio no município de Petrolina, PE, é no mês de março; já para o milho este período corresponde aos meses de janeiro e fevereiro coincidindo com o período de maior concentração na distribuição das chuvas.

Outros recursos podem ser incrementados para reforçar a implantação dos cultivos em regime de sequeiro, como o uso de hidrogeis e de sementes peletizadas que contêm substâncias que absorvem água, como a vermiculita expandida (um tipo de argila mineral), polímeros orgânicos à base de amido ou polímeros sintéticos (desde que não tenham sódio em sua composição).

As operações de preparo de solo para o plantio na agricultura dependente de chuva devem ser efetuadas após as primeiras chuvas. No Semiárido brasileiro a recomendação para o plantio é após a ocorrência de pelo menos 30 mm de precipitação pluviométrica (Drumond et al., 2008). As culturas mais exploradas são: milho, sorgo granífero e forrageiro, feijão *Vigna* e *Phaseolus*, mamona, algodão e mandioca, entre outras.

O agricultor deve adaptar suas atividades para aproveitar ao máximo a água captada no solo, inclusive as áreas que ficam inundadas por pequenos períodos de tempo com culturas mais resistentes e, quando possível, explorar as culturas em sistema de consórcio (Figura 19).



Figura 19. Consórcio de batata doce com feijão guandu (A); consórcio de batata doce com sorgo granífero (B)  
Fotos: José Barbosa dos Anjos

**Equipamentos e mão de obra** - De maneira geral, é pouca a disponibilidade de equipamentos no mercado nacional destinados à agricultura familiar, em que predomina a exploração de pequenas áreas. Com base nesta dificuldade é comum o uso de cultivadores e arados de aiveca a tração animal no preparo de solo; entretanto, quando há disponibilidade deve-se usar a motomecanização para as operações de aração e gradagem e às vezes semeadura, ficando os tratos culturais efetuados com cultivadores e sulcadores a tração animal e repasse com enxada manual e tratos fitossanitários (pulverizadores costais e de tração animal).

Alguns estados do Nordeste brasileiro fomentam o programa “terra pronta” no qual o Estado fornece gratuitamente horas máquinas (trator e grade aradora) e as empresas de assistência técnica divulgam o trabalho como aração mas, na prática, o preparo de solo é efetuado com grades, o que consiste em risco para a conservação dos solos pois o uso contínuo deste equipamento promove a compactação logo abaixo da camada mobilizada e em anos mais chuvosos provoca erosão dos solos (Figura 20). É notória a tendência de se utilizar máquinas motorizadas nas operações de colheita (debulha) de milho e feijão, recolhedores de forragens para ensilagem ou fenação, produção de raspa de mandioca, descarçador de algodão, visando à agregação de valor e redução do custo de produção.

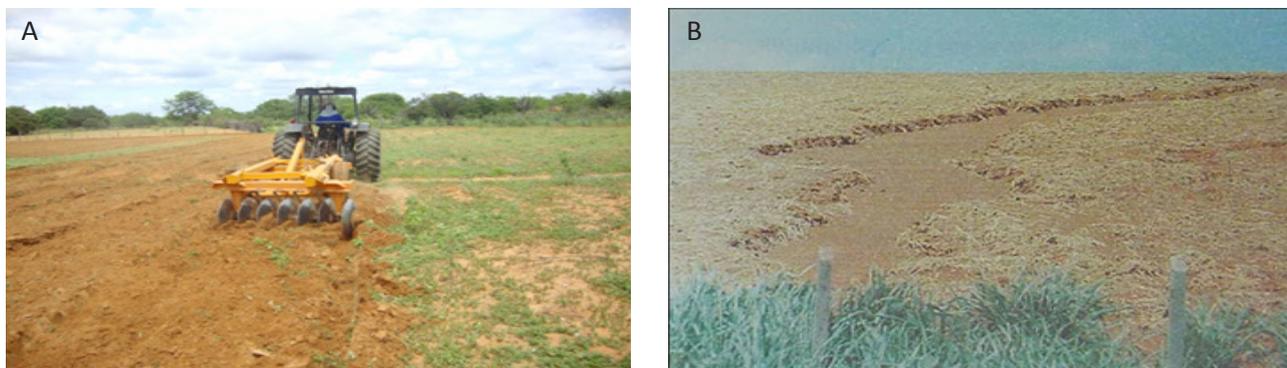


Figura 20. Preparo de solo com grade aradora (A); Área preparada com grade aradora após ocorrência de chuvas de alta intensidade (B)  
Fotos: José Barbosa dos Anjos

**Preparo do solo** - A aração (mobilização/revolvimento) visa melhorar as condições físicas e a incorporação de restos de culturas e plantas espontâneas destinados ao fornecimento de matéria orgânica. Embora seja possível preparar o solo no período seco, a recomendação para o Semiárido brasileiro é de que esta operação seja realizada com solo úmido visando incorporar sementes de plantas espontâneas a maiores profundidades, eliminando-as ou retardando sua emergência a fim de não competir por água e nutrientes com o cultivo implantado.

Há inúmeros métodos de preparo do solo com o objetivo de captar água de chuva *in situ*, tais como: Guimarães Duque - efetuado com tração motora; a aração parcial ou em faixas - efetuado com tração animal sendo os sistemas com sulcos e camalhões; sistema tipo mexicano, sistema W e sulcos barrados que, apesar de serem efetuados com tração animal, requerem equipamentos do tipo chassi porta-implementos nem sempre disponíveis no mercado nacional (Anjos, 1988).

O preparo do solo (aração) visando à captação de água de chuva *in situ* pode ser efetuado de forma simultânea à prática de semeadura. No sertão pernambucano os municípios de Dormentes, Afrânio e Santa Filomena, esta técnica consiste em adaptar uma semeadora (fabricação local) sobre o arado de discos de maneira que a extremidade dos parafusos que fixam o disco na coluna posterior do arado acione o mecanismo de distribuição de sementes da cultura a ser implantada (milho ou feijão) (Figura 21).

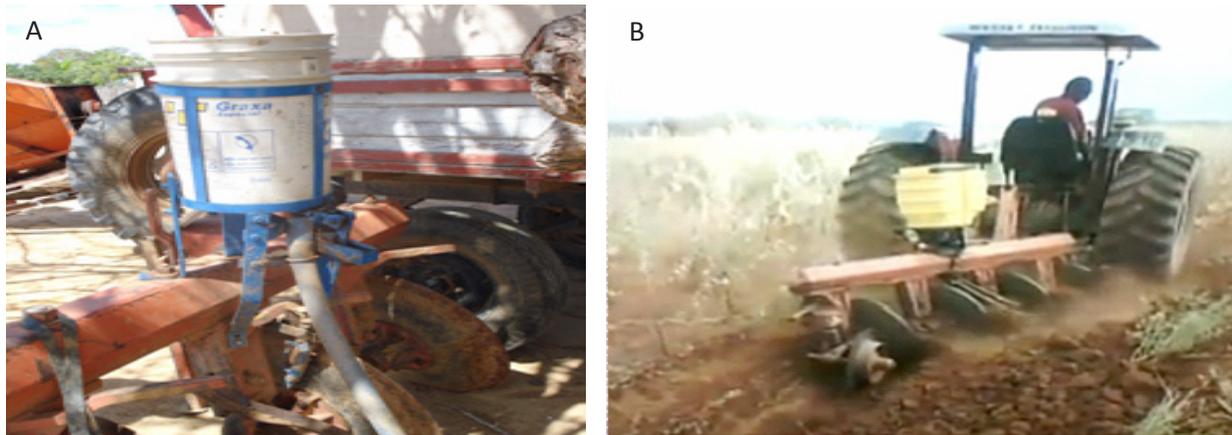


Figura 21. Conjunto arado e semeadora, adaptados para efetuar a aração simultânea à semeadura (A)

Foto A: Sérgio Guilherme de Azevedo e conjunto semeador e adubador adaptados sobre arado para efetuar a aração simultânea à semeadura (B)

Foto B: Edmilson Gomes

A técnica de semeadura simultânea ao preparo de solo (aração) despertou o interesse do técnico agrícola Edmilson Gomes e foi levada para o município Ibititá-BA, onde passou por aperfeiçoamentos (adubadora e semeadora) ambas acionadas por motor elétrico de 12 volts, que recebe energia elétrica da bateria do trator (Figura 21b). Quando se dispõe de tratores com potência acima de 140 CV (103,04 KW) o ideal é adaptar o conjunto de adubadoras e semeadoras com mais linhas de semeadura sobre um arado gradeador, aumentando a largura de trabalho com eficiência operacional maior reduzindo os custos de preparo de solo e semeadura.

A captação de água de chuva in situ normalmente permite uma gestão melhor de solo e da água e melhora as condições físicas e químicas do solo. Não é uma técnica desenvolvida somente para a região tropical; agricultores de regiões temperadas já fazem a captação de água de chuva usando uma lona plástica introduzida na camada arável do solo com o auxílio de subsolador introdutor de manta plástica, para cultivos de milho em sequeiro no estado de São Paulo.

**Exploração agrícola** - O produtor rural deve explorar a propriedade de maneira a conciliar a exploração de lavoura, floresta (vegetação nativa) e pecuária mantendo, sempre que possível, um arranjo de lavouras implantadas em curvas de nível, pastagens, forragens para corte, vegetação nativa, linhas de drenagem e aguadas em equilíbrio com a configuração do terreno, com o clima e o tipo de solo, visando à exploração técnica e econômica da propriedade associada à conservação ambiental.

## 2.4 Irrigação de salvação

Após as primeiras chuvas é comum, no Semiárido brasileiro, ocorrerem períodos de 20 a 30 dias sem novas chuvas comprometendo seriamente a germinação e o desenvolvimento das culturas, situações em que o ideal seria que os agricultores dispusessem de uma fonte hídrica para aplicar água às culturas nesses intervalos, evitando que as mesmas sofram estresse hídrico, o que inibiria, sem dúvida, seu desenvolvimento; esta prática é denominada irrigação de salvação.

Há, nesta região, grande quantidade de reservatórios e poços cujas águas podem ser utilizadas na irrigação de salvação; alguns desses reservatórios, por não terem sido construídos para este objetivo específico, necessitam de bombeamento da água até as áreas de plantio.

### 2.4.1 Modelo de reservatório adaptado

O modelo de reservatório proposto pela Embrapa Semiárido possibilita a captação e o armazenamento das águas que escoam no solo, para uso das águas por gravidade, durante os períodos de estiagem por meio da irrigação de salvação (Silva et al., 2007). Este é formado por área de captação (AC), tanque de armazenamento (TA) e área de plantio (AP) (Figura 22). O tanque de armazenamento dispõe de uma parede divisória com a função de reduzir as perdas de água por evaporação no início e no final do período chuvoso, de vez que a água pode estar armazenada em apenas um dos compartimentos. Este modelo reduziu as perdas de água em até 50%, em estudos realizados em experimentos conduzidos na Embrapa Semiárido (Silva et al., 1981).

Neste modelo, vários fatores devem ser considerados na implantação de um sistema de aproveitamento de água do escoamento superficial, ou seja, do barreiro para uso em irrigação de salvação. Os solos mais indicados para AC são, de preferência, aqueles inadequados à exploração agrícola, como exemplo, rasos, pedregosos ou rochosos, para permitir maior escoamento superficial. Para a AP os solos devem ser férteis, com profundidade superior a 0,50 m, com características físico-hídricas ideais às culturas e não apresentar riscos de salinização.



Figura 22. Barreiro para uso em irrigação de salvação de culturais anuais  
Foto: Nilton de Brito Cavalcanti

O tanque de armazenamento requer solos com baixa capacidade de infiltração visando à redução de perdas por percolação e proporcionar maior estabilidade ao talude (parede) do reservatório. Aspectos climáticos devem ser considerados, principalmente no que se refere às precipitações pluviométricas para permitir dimensionar melhor a área de captação. Como a irrigação se dá por gravidade, para o sistema funcionar adequadamente é conveniente uma área global com declividade variando de 0,5 a 15% porém a área de plantio deve ter declividade de até 5%.

No dimensionamento dos componentes do barreiro para uso na irrigação e salvação em regiões de baixas precipitações (400 mm anuais) deve-se considerar que (Silva & Porto, 1982):

- 100 mm de água armazenada por hectare, à disposição do produtor, são necessários para reduzir sensivelmente os efeitos das secas prolongadas que ocorrem durante o período chuvoso, denominados veranicos;
- 1,5 ha de área cultivada com culturas alimentares é suficiente para o produtor garantir a alimentação básica da família e algum excedente que possa ser comercializado;
- perdas totais de água por infiltração e evaporação correspondem a aproximadamente 50% do volume útil. Por outro lado, para irrigar uma área de 1,5 ha com culturas de milho e feijão, são imprescindíveis em torno de 3000 m<sup>3</sup> e uma área de captação de água de 3,8 ha, com eficiência de escoamento (C) de 0,20.

### 2.4.2 Manejo da água de irrigação de salvação

A água pode ser fornecida às plantas por meio das chuvas, da irrigação ou por ambas, desde que sejam compatibilizadas suas necessidades mínimas com os requerimentos necessários ao seu desenvolvimento e à

obtenção de máximas produtividades para as condições em que estão sendo cultivadas. De acordo com Silva et al. (2007), para aumentar a eficiência de uso da água alguns fatores são necessários:

**Água** - o consumo de água do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L., (Walp.)), pode variar de 300,0 a 450,0 mm no ciclo, dependendo da cultivar, do solo e das condições climáticas locais. O consumo hídrico diário raramente excede 3,0 mm, quando a planta está na fase inicial de desenvolvimento. Para as condições edafoclimáticas de Teresina-PI foram encontrados valores da ordem de 2,1 mm.dia<sup>-1</sup> para a variedade BR 10-Piauí (Embrapa Meio Norte, 2003). Considerando o total das chuvas e as irrigações de salvação ocorridas, a lâmina de água total aplicada no ciclo do feijão caupi foi de 398,1, valor este entre os limites apresentados por Lima (1989), citado por Andrade Júnior et al. (2003).

Para a cultura do milho (*Zea mays* L.), Doorenbos & Kassan (1979) ressaltam que a quantidade de água necessária durante seu ciclo produtivo é, em média, de 500,0-800,0 mm. Afirmam, ainda, que o rendimento máximo de uma cultura é aquele obtido com uma variedade altamente produtiva e bem adaptada ao respectivo ambiente de crescimento, cultivada em condições em que não haja limitação de fatores como água e nutrientes e controle de pragas e doenças, durante seu cultivo até o amadurecimento; em geral, a diminuição na produtividade ocasionada por déficit hídrico durante o período vegetativo e de maturação, é relativamente pequena enquanto durante o florescimento e os períodos de formação da produtividade será maior. Além da quantidade é conveniente considerar a qualidade da água a ser utilizada na irrigação pelo fato de algumas culturas apresentarem restrições a águas com elevados teores de sólidos dissolvidos e de outros elementos presentes em quantidades acima dos níveis tolerados.

**Solo** – de acordo com recomendações da Embrapa Meio Norte (2003) o feijão caupi pode ser cultivado em quase todos os tipos de solo. De modo geral, ele se desenvolve em solos com teor de matéria orgânica regular, soltos, leves e profundos, arejados e dotados de média a alta fertilidade. Outros tipos de solo podem, entretanto, ser cultivados mediante a aplicação de fertilizantes químicos e/ou orgânicos;

**Planta** – o consumo de água por uma cultura se refere, normalmente, à água perdida pela planta (transpiração) e pela superfície do solo (e evaporação) mais a água retida nos tecidos vegetais, que é menor que 1% do total evaporado durante o ciclo de crescimento da planta. Assim, a transpiração mais a evaporação, que são responsáveis pelas maiores e mais importantes perdas de água do sistema solo-planta, conhecidas como evapotranspiração (Reichardt, 1985), compreende a necessidade de água a ser repostas. A carência de água de uma cultura depende da espécie, da variedade e de suas fases fenológicas (germinação, floração, formação de grãos ou frutos e maturação).

**Clima** – a perda de água que ocorre no processo da evapotranspiração é um parâmetro relevante no cálculo das necessidades de água da cultura e depende de vários fatores, como radiação solar, temperatura, velocidade do vento e umidade relativa do ar, entre outros.

Independente desses fatores, a irrigação só deverá ser realizada quando, dentro do período chuvoso, ocorrer um veranico capaz de comprometer o desenvolvimento das culturas. No geral, recomenda-se que a irrigação de salvação deve ser efetuada quando a planta apresenta sintomas de falta de água, de forma que não afete seu desenvolvimento nem comprometa sua produção. O ideal é fazer o monitoramento da umidade do solo e irrigar quando esta umidade estiver, no máximo, a 30-40% da capacidade de campo. Como na prática nem sempre isto é possível, recomenda-se irrigar duas ou três vezes por semana, após observar a umidade do solo próximo à planta, entre 0,20 e 0,30 m de profundidade, efetuando-se a irrigação quando perceber que o solo já se encontra seco. A lâmina de água a ser aplicada deve estar em torno de 50% da lâmina necessária à planta, tendo-se sempre em mente que as chuvas podem ocorrer a qualquer momento (Silva et al., 2007).

Considerando as características climáticas da região e do ciclo de desenvolvimento do feijão caupi, para uma variedade precoce (65 dias) pode-se observar que a falta total de água correspondeu a 211,7 mm. Embora a precipitação média do período (273,1 mm) tenha sido superior à necessidade da cultura, mesmo assim ocorreu déficit de água havendo, assim, a necessidade de aplicação de uma lâmina de 9,71 mm de água, para não ocasionar maiores danos à cultura. Daí, torna-se imprescindível verificar a distribuição das chuvas em cada fase de cultivo e não somente para todo o período (Silva et al., 2007). Na Figura 23 pode-se observar um barreiro com água sendo usada na irrigação do feijão caupi e do milho.



Figura 23. Irrigação de salvação aplicada à cultura do feijão caupi  
Foto: Nilton de B. Cavalcanti, 2005

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tecnologias de captação, armazenamento e uso de água de chuva apresentadas, podem responder às demandas de água das famílias residentes no setor rural do Semiárido brasileiro, tanto no contexto do consumo familiar, enfocando aspectos de qualidade, quantidade e regularidade no atendimento ao consumo dos animais como também para reduzir os riscos da exploração agrícola diante à instabilidade climática, característica intrínseca desse espaço. É notório que ainda se precisa avançar na temática da água da chuva principalmente se definindo metodologias simples de manejo que primem pela qualidade da água e possam ser facilmente empoderadas pelas pessoas locais para que, a cada vez, um número maior de famílias seja beneficiado. Neste aspecto, as instituições de pesquisas, ensino e extensão continuam atuando no sentido de superar esses desafios. Ressalta-se o apoio dos governos federal, estaduais e municipais que oportunizam as comunidades com infraestrutura hídrica capaz de ofertar água para o período de um ano por meio do Programa Segurança Alimentar, em que estão inseridas tecnologias que ofertam água para o consumo das famílias (P1MC) e para a produção (P1+2). A cisterna de consumo apresenta grande vantagem em comparação com outras estruturas de armazenamento de água que, por estar sendo construída ao lado de cada residência elimina, sobremaneira, o esforço para realizar a atividade de transportar a água de fontes hídricas distantes para atender às necessidades das famílias desconhecendo-se, naturalmente, a incerteza da qualidade da água transportada.

Muito ainda precisa ser feito para dotar as famílias do Semiárido de uma infraestrutura hídrica capaz de superar anos de seca, à semelhança de 2012 e 2013, e permitir a convivência harmoniosa de sua população com a adversidade climática. Para isto, o aproveitamento da água das chuvas e um conjunto de inovações técnicas, sociais e econômicas adaptadas às condições locais e que sejam capazes de valorizar os recursos naturais em suas diversas combinações, poderão contribuir para a mudança deste cenário.

No contexto socioeconômico a maioria dessas tecnologias está inserida no conceito de “tecnologias sociais” para captação e armazenamento de água da chuva para a produção agropecuária.

### 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. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. CD-Rom.
- Andrade Júnior, A. S. De; Santos, A. A. Dos; Athayde Sobrinho, C.; Bastos. E. A.; Melo, F. De B.; Viana, F. M.; Freire Filho, F. R.; Carneiro, J. Da S.; Rocha, M. De M.; Cardoso, M. J.; Silva, P. H. S. Da; Ribeiro, V. Q. Cultivo de feijão-caupi. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2003. (Embrapa Meio-Norte. Sistemas de Produção, 2). <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoCaupi/index.htm>>. 22 Abr. 2009.

- Anjos, J. B. dos. Equipements a traction animale developpes par le CPATSA pour les cultures de la region tropicale semi-aride du Brésil. *Machinisme Agricole Tropicale*, v.91, p.60-63, 1985.
- Araujo, J. de O.; Brito, L. T. de L.; Cavalcanti, N. de B. . Água de chuva pode incrementar qualidade nutricional da dieta das famílias. In: Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2011, Fortaleza. Anais... 2011.
- Anjos, J. B. dos; Baron, V.; Bertaux, S. Captação de água de chuva in situ com aração parcial. Petrolina: Embrapa CPATSA, 1988. 4p. Comunicado Técnico, 26.
- Anjos, J. B. dos; Cavalcanti, N. de B.; Brito, L. T. de L.; Silva, M. S. L. da. Captação “in situ”: água de chuva para produção de alimentos. In: Brito, L. T. de L.; Moura, M. S. B. de; Gama, G. F. B. (ed.). *Potencialidades da água de chuva no semi-árido brasileiro*. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. cap.7, p.141-155.
- Bojanic A. Água e segurança alimentar. Santiago, Chile, 2012. <<https://www.fao.org.br/DMApcqcn15mladFAO.asp>> 20 Jun. 2013.
- Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005a. Brasília: SEMA. 23p. 2005a. <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. 16 Mai. 2008.
- Brasil. Ministério da Integração Nacional. Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Ciência e Tecnologia. Portaria Interministerial n.1, de 09 de março de 2005b. Diário Oficial, Brasília, 11 de março de 2005..
- Brito, L. T. de L.; Araújo, J. O. De; Cavalcanti, N. de B.; Silva, M. J. da. Água de chuva armazenada em cisterna produz frutas e hortaliças para o consumo pelas famílias rurais: estudo de caso. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 8, 2012, Campina Grande. Aproveitamento da água de chuva em diferentes setores e escalas: desafio da gestão integrada. Campina Grande: Anais... ABCMAC: INSA: UEPB: UFCG: IRPAA; Petrolina: Embrapa Semiárido, 2012. CD-Rom.
- Brito, L. T. de L.; Porto, E. R.; Cavalcanti, N. de B.; Gnadlinger, J.; Xenofonte, G. H. S. Avaliação da qualidade das águas de açudes nos municípios de Petrolina e Ouricuri (PE) e Canudos e Uauá (BA): estudo de caso. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 5, 2005, Teresina. Anais.... Teresina: ABCMAC, 2005a. CD Rom.
- Brito, L. T. de L.; Porto, E. R.; Silva, D. F. da; Holanda Junior, E. V. de; Cavalcanti, N. de B. Água de chuva para consumo animal: estudo de caso com caprinos. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 5, 2005, Teresina. Anais... Teresina: ABCMAC, 2005b. CD Rom.
- Brito, L. T. de L.; Silva, A. de S.; D’ávila, O. A. Avaliação técnica do programa de cisternas no Semiárido brasileiro. In: Vaitsman, J.; Paes-Sousa, R. (org.). *Avaliação de políticas e programas do MDS: Resultados*. Brasília: MDS: SAGI, 2007. v.1, cap. 5, p. 199-234.
- Brito, L. T. de L.; Silva, A. de S.; Porto, E. R.; Amorim, M. C. C.; Leite, W. de M. Cisternas Domiciliares: água para consumo humano. In: Brito, L. T. de L.; Moura, M. S. B. de; Gama, G. F. B. (org.). *Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro*. 1.ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. v.1, p.81-101.
- Brito, L. T. de L.; Silva, A. de S.; Silva, M. S. L. da; Porto, E. R.; Pereira, L. A. Tecnologias para o aumento da oferta de água no Semiárido brasileiro. In: SA, I.; SILVA, P. C. G da. (ed.). *Semiárido brasileiro: Pesquisa, desenvolvimento e inovação*. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. v.9, p.317-351.
- Cavalcanti, A.; Lins, F. E.; Farias Júnior, M.; Morais, V. de M. Barragem subterrânea: um jeito inteligente de guardar água na terra. Recife: Diaconia, 2006. 46p. Série Recursos Hídricos.
- Costa, W. D.; Lima, C. N. Barragens subterrâneas: Uma opção para o semi-árido. Recife: São Mamede, 2000. n.p.
- Doorenbos, J. E Kassam, A. H. Yield response to water. Rome: FAO, 1979. 193p. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33
- Drumond, M. A.; Anjos, J. B. dos; Moregado, L. B.; Beltrão, N. E. de M.; Severino, L. S. Cultivo da mamoneira para o semiárido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2008. 12p. Circular Técnica, 85
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema de produção do caupi. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2003. <<http://sistemadeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/F>>. 29 Mar. 2007.
- Ferreira, G. B. Sustentabilidade dos agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido paraibano. São Carlos: UFSCar, 2012. 139p. Dissertação Mestrado Guimarães Filho, C.; Lopes, P. R. C. Subsídios para a formulação de um programa de convivência com a seca no Semiárido brasileiro. Petrolina: Embrapa CPATSA, 2001. 22p. Documentos, 171.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009: Análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 150 p.
- INSA – Instituto Nacional do Semiárido. [http://www.insa.gov.br/?page\\_id=85](http://www.insa.gov.br/?page_id=85). 29 Jun. 2013.
- Leal, A. de S. As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidade e usos. In: Freitas, M. A. V. de. (ed.). *O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos*. Brasília: ANEEL-SRH/MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p.139-164.
- Lima, A. de O. Manejo sustentável dos recursos hídricos: Construindo barragens subterrâneas. Natal: Visão Mundial, 2005. 26p. Visão Mundial. Série Água é vida.
- Lima, A. de O. Nova abordagem metodológica para locação, modelagem 3d e monitoramento de barragens subterrâneas no semiárido brasileiro. Natal: UFRN, 2013. 248p. Tese Doutorado

- Lopes, P. R. C.; Brito, L. T. de L. Erosividade da chuva no médio São Francisco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.17, p.129-133, 1993.
- Melo, R. F. de; Anjos, J. B. dos; Pereira, L. A.; Brito, L. T. de L.; Silva, M. S. L. da. Barragem subterrânea. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. Embrapa Semiárido. Instruções Técnicas, 96
- Ministério da Saúde. Fundação Serviços de Saúde Pública. Manual de saneamento. 2.ed. Rio de Janeiro, 1981. 255p.
- Nascimento, J. W. B. do; Azevedo, M. A. de; Farias, Soahd, A. R. F. Barragens subterrâneas. Campina Grande: UFCC/Gráfica Agenda, 2008. 96p.
- Oliveira, J. B. de; Alves, J. J.; França, F. M. C. Barragem subterrânea. Fortaleza: Secretaria dos Recursos Hídricos, 2010. 31p. Cartilhas temáticas tecnologias e práticas hidroambientais para convivência com o Semiárido; v. 3
- OPAS/OMS – Organização Pan-Americana de Saúde. Água – La desinfección del agua. 1999. <[www.paho.org/spanish/HEP/HES/agua.htm](http://www.paho.org/spanish/HEP/HES/agua.htm)>. 17 Fev. 2006.
- Porto, E. R.; Brito, L. T. De L.; Silva, A de S. Influência do tamanho da propriedade para convivência com o Semiárido. In: Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva, 5, 2005, Teresina. Anais...Teresina: ABCMAC: Embrapa Semiárido, 2005. CD-Rom.
- Porto, E. R.; Dutra, M. T. D.; Amorim, M. C. C. de; Araujo, G. G. L. de. Uso de erva sal (*Atriplex nummularia*) como forrageira irrigada com água salina. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2000. 17 p. Circular Técnica, 53.
- 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: Embrapa CPATSA, 1983. 129p. Documentos, 23.
- Porto, E. R.; Silva, A. de S.; Brito, L. T. de L. Conservação e uso racional de água na agricultura dependente de chuvas. In: Medeiros, S. de S.; Gheyi, H. R.; Galvão, C. de O.; Paz, V. P. da S. (ed.). Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. cap.3, p.59-85.
- Rebouças, A. da. Água doce no mundo e no Brasil. In: Rebouças, A. da C.; Braga, B.; Tundisi, J. G. (ed.). Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras, 2006. cap.1, p.1-34.
- Reichardt, F. Processos de transferência nos sistema solo-planta-atmosfera. 4.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 466p.
- Rocha, J. C. da; Andrade, L. I. de; Freire, A. G.; Arraes, M.F.; Silveira, L. M. da; Silva, M. R. da; Menezes, R. S. C.; Petersen, P. F. Barrando água e terra na propriedade. In: Menezes, R. S. C; Petersen, P. F. (ed.) Água das chuvas: Promovendo vida no semi-árido. Recife: UFRPE, 2007. p.11-13. Experiências em Agroecologia. Agricultura familiar no Semi-Árido; 1.
- Silva, A. de S.; Brito, L. T. De L.; Rocha, H. M. Captação e conservação de água de chuva no Semiárido brasileiro: cisternas rurais II - água para consumo humano. Petrolina: Embrapa CPATSA: SUDENE, 1988. 79p. Circular Técnica, 16.
- Silva, A. de S.; Moura, M. S. B. de; Brito, L. T. de L. Irrigação de salvação em culturas de subsistência. In: Brito, L. T. de L.; Moura, M. S. B. de; Gama, G. F. B. (ed.). Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. cap.8, p.159-179.
- Silva, A. de S.; Porto, E. R. Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do tropico Semiárido do Brasil: Tecnologias de baixo custo. Petrolina: Embrapa CPATSA, 1982. 128p. Documentos, 14
- Silva, A. de S.; Porto, E. R.; Gomes, P. C. F. Seleção de áreas e construção de barreiros para uso em irrigação de salvação no Trópico Semi-Árido. Petrolina: Embrapa CPATSA, 1981. 43p. Circular Técnica, 3
- Silva, A. de S.; Porto, E. R.; Lima, L. T. de; Gomes, P. C. F. Captação e conservação de água de chuva para consumo humano: cisternas rurais; dimensionamento; construção e manejo. Petrolina: Embrapa CPATSA, 1984. 103p. Circular Técnica, 12
- Silva, M. S. L. da; Anjos, J. B. dos; Ferreira, G. B.; Mendonça, C. E. S.; Santos, J. C. P.; Oliveira Neto, M. B. de. Barragem subterrânea: uma opção de sustentabilidade para a agricultura familiar do semi-árido do Brasil. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2007a. 10 p. Circular Técnica, n 36
- Silva, M. S. L. da; Mendonça, C. E. S.; Anjos, J. B. dos; Honório, A. P. M.; Silva, A. de S.; Brito, L. T. de L. Barragem subterrânea: água para produção de alimentos. In: Brito, L. T. de L.; Moura, M. S. B. de; Gama, G. F. B. (ed.). Potencialidades da água de chuva no semiárido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007b. v.1, p.121-137.
- Silva, M. S. L. da; Oliveira Neto, M. B. de; Ferreira, G. B.; Moreira, M. M.; Mendes, A. M. S.; Ferreira, T. J. C.; Santos, J. C. P. dos; Parahyba, R. Da B. V.; Anjos, J. B. dos; Matias, J. A. B.; Rocha, J. C.. Atributos físicos E químicos de solos em áreas de barragens subterrâneas no Agreste e no Planalto da Borborema, Estado da Paraíba. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010b. 10p. Circular Técnica, 47.
- Silva, M. S. L. da; Parahyba, R. P. da B.; Oliveira Neto, M. B. de; Leite, A. P.; Santos, J. C. P dos, Cunha, T. J. F.; Moreira, M. M.; Ferreira, G. B.; Anjos, J. B.; Melo, R. F. de. Potencialidades de classes de solos e critérios para locação de barragens subterrâneas no Semiárido do Nordeste brasileiro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010a. 7p. Circular Técnica, 45

# CAPÍTULO 12

## ASPECTOS SOCIAIS, TECNOLÓGICOS E SANITÁRIOS DOS AVANÇOS E DESAFIOS DO USO DA ÁGUA DE CHUVA NO SETOR RURAL

Cícero Onofre de Andrade Neto

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

## **ASPECTOS SOCIAIS, TECNOLÓGICOS E SANITÁRIOS DOS AVANÇOS E DESAFIOS DO USO DA ÁGUA DE CHUVA NO SETOR RURAL**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>274</b>
<b>2 AVANÇOS E DESAFIOS DO USO DA ÁGUA DE CHUVA</b>	<b>277</b>
<b>3 A QUESTÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E A NECESSÁRIA PROTEÇÃO SANITÁRIA</b>	<b>281</b>
<b>4 A QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA NO INÍCIO DA PRECIPITAÇÃO, O DESVIO DAS PRIMEIRAS ÁGUAS DE CADA CHUVA E A PROTEÇÃO SANITÁRIA DA CISTERNA</b>	<b>282</b>
<b>5 OUTRAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO SANITÁRIA DE CISTERNAS</b>	<b>289</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>290</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>291</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Está cada vez mais difícil obter água potável, porque no Brasil se tem descuidado muito da proteção sanitária dos mananciais. Face à crescente degradação e contaminação dos mananciais usuais com substâncias e microrganismos emergentes e recalcitrantes, a cada dia fica mais difícil obter água que pode ser potabilizada com tratamento simples e cada vez mais se transporta água de mananciais mais distantes, elevando muito o custo da água para consumo humano e outros usos exigentes em qualidade.

Muitas pessoas já utilizam água de chuva para beber, mas, certamente, muitas outras mais também irão beber água de chuva futuramente, porque em muitos casos ela é, e em outros será futuramente, á água mais fácil de ser potabilizada, quando já não for potável.

A água das nuvens é naturalmente evaporada das águas superficiais de lagos, rios e mares, deixando os sais, as partículas e os microrganismos e, por isso, é, geralmente, excelente para vários usos, inclusive para beber (Andrade Neto, 2002). A água da chuva que pode ser captada é água precipitada das nuvens, porém, quando atravessa a atmosfera baixa os primeiros milímetros da água da chuva arrastam poluentes e contaminantes, e quando escorre sobre a superfície de captação, arrastam também poluentes sedimentados ali em concentrações maiores que as encontradas na atmosfera. Portanto, sobretudo, em locais com forte poluição atmosférica, densamente povoados ou industrializados, as primeiras águas de cada chuva são de má qualidade. Mas, em geral, o primeiro milímetro de cada chuva é suficiente para “lavar” a atmosfera e a superfície de captação; e se esse primeiro milímetro de cada chuva for descartado ou desviado para outros usos, quase toda a água da chuva captada será essencialmente água das nuvens, de excelente qualidade, e fácil de ser potabilizada com simples desinfecção, quando necessário. Ademais, a água da chuva pode ser armazenada e utilizada no local onde se precipita, dispensando infraestrutura de transporte.

Nos Estados Unidos e, provavelmente, em outros países já se pode comprar, em supermercados, água de chuva engarrafada (Figura 1). Mas a captação direta no próprio local, mesmo doméstica, é uma opção muito mais sustentável do ponto de vista econômico, energético, ecológico, ambiental e social.



Figura 1. Água de chuva engarrafada para consumo como bebida

Água de chuva também serve para diluir água salina ou salobra. Em algumas regiões, há água disponível e sanitariamente segura se não fosse a alta concentração de sais, e essa água pode ser diluída com água de chuva, que tem concentrações de sais baixíssimas, propiciando água de boa qualidade (Andrade Neto, 2013).

Os requisitos de qualidade estão diretamente relacionados ao uso da água. Como as alternativas de uso são incontáveis, podem-se utilizar águas de chuva captadas de diversas formas, armazenadas sob várias condições e com diversos graus de qualidade.

Cisterna é um tanque construído para armazenar imediatamente as águas de chuva captadas em uma superfície próxima, em geral um telhado de cobertura. Podem ser utilizadas como importante manancial de água para abastecimento no meio rural e também no meio urbano.

No meio rural as águas de chuva armazenadas em cisternas são utilizadas para consumo doméstico. Nas cidades as cisternas se prestam, principalmente, para controle de enchentes, mas também podem ser uma importante fonte alternativa de suprimento de água. (Andrade Neto, 2012a).

O uso de cisternas para captação e armazenamento de água de chuva para consumo doméstico é uma prática milenar em várias regiões do mundo e, atualmente, tem merecido maior interesse e ampla aplicação. Está cada vez ficando mais evidente que cisterna não é uma tecnologia “atrasada”, “de país pobre”, “pra coisa pequena”; ao contrário, apesar de milenar, continua moderna, quando incorpora novos conceitos, materiais, técnicas construtivas, segurança sanitária e melhor aproveitamento. Ademais, é uma tecnologia ecologicamente sustentável e de aplicação difusa e socialmente justa.

A China, por exemplo, tem mais de cinco milhões de cisternas construídas nos últimos anos. No sul da Austrália cerca de 80% da população rural e 30% da urbana utilizam a água da chuva como fonte de abastecimento. Países como Japão e Alemanha também vêm ampliando muito o uso de cisternas de águas pluviais.

É provável que o maior sistema para captação de águas de chuva atual seja a “gigantesca obra que se destina a captar, transportar e estocar águas pluviais urbanas de Tóquio para evitar inundações, transbordamentos de rios e, ao mesmo tempo, servir de fonte de água potável após tratamento” (Água de chuva, 2013; <http://www.aguadechuva.com/download.php> (Project Tokyo água de chuva para potabilização)) acesso em 31/10/2013.

Vários estudos que examinaram a qualidade de águas de chuva armazenadas em cisternas concluíram que estas águas, de maneira geral, atendem ao padrão de potabilidade da Organização Mundial de Saúde para os parâmetros físico-químicos, porém, com frequência, não atendem o mesmo padrão em relação aos critérios de qualidade microbiológica, porque estão geralmente contaminadas ou susceptíveis a contaminação por microrganismos patogênicos (Gould, 1999; Simmons, 1999; Vidal, 2002; Gould & Nissen-Petersen, 2002).

No entanto, o consumo de água de cisterna não é perigoso. Milhões de pessoas em áreas rurais de várias partes do planeta utilizam água de chuva captada em telhados e armazenada em cisterna para usos

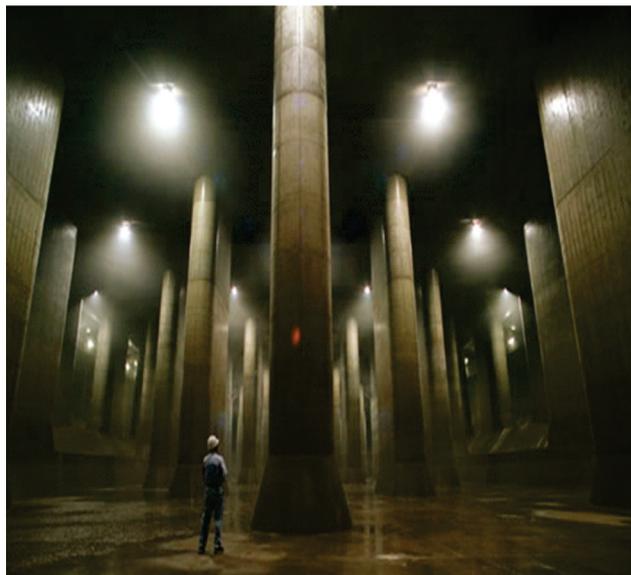


Figura 2. A grande cisterna de Tóquio (Água de chuva, 2013)

domésticos, e o número de casos informados de problemas sérios de saúde relacionados a essa prática é muito pequeno.

O Projeto Cisternas (“Melhoramentos Tecnológicos e Educação Ambiental para a Sustentabilidade dos Projetos de Armazenamento de Águas de Chuva em Cisternas no Nordeste Semiárido”) foi um projeto de pesquisa aplicada em escala real, financiado pela FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos, do Ministério da Ciência e Tecnologia do Governo Brasileiro, por iniciativa e com recursos do CT-HIDRO – Fundo Setorial de Recursos Hídricos, e executado com a participação de cinco universidades brasileiras. Tal Projeto aportou muitos dados, informações e conclusões ao conhecimento sobre a água de cisternas no Semiárido nordestino. As pesquisas desse Projeto mostraram que a água de cisternas apresenta, geralmente, boas características químicas e físicas, mas, com frequência, contém microrganismos, inclusive indicadores de contaminação fecal, sobretudo, quando a cisterna recebe, também, água de procedência duvidosa, transportada por carro-tanque. Porém, quando a cisterna acumula somente água de chuva e tem manejo cuidadoso, incluindo o uso de bomba para retirada da água e o descarte do primeiro milímetro de cada chuva, a qualidade é muito melhor e pode atender ao padrão de potabilidade.

Em consonância com os objetivos deste livro, este capítulo procura mostrar as vantagens do aproveitamento imediato da água de chuva para diversos usos, apresenta e comenta avanços e dificuldades do uso da água de chuva no meio rural no Brasil e avalia e discute a segurança da água e a proteção sanitária do sistema de captação e armazenamento como um dos maiores desafios, aliado às questões socioculturais.

## 2 AVANÇOS E DESAFIOS DO USO DA ÁGUA DE CHUVA

No Brasil, o uso de água de chuva captada e armazenada em cisternas domésticas ocorre há séculos, mas a captação imediata de água de chuva no meio urbano, visando ao aproveitamento em usos diversos, ainda é insipiente. Nas cidades brasileiras de médio e grande portes, tem-se desprezado o potencial da água da atmosfera, condensada nas nuvens, como manancial de água de boa qualidade; porém, há uma crescente tendência internacional de captar águas pluviais diretamente, durante as precipitações e antes que sejam poluídas e contaminadas, e armazená-las em tanques para diversos usos.

Vereadores do município de São Paulo aprovaram, em janeiro de 2002, uma Lei que tornou obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m<sup>2</sup>. Esta Lei estabelece que a água deve ser, preferencialmente, infiltrada no solo, podendo também ser despejada na rede pública de drenagem após uma hora de chuva, ou ser utilizada para fins não potáveis. Desde então, vários outros municípios brasileiros têm aprovado leis semelhantes. Embora o objetivo principal seja o controle de enchentes, a prática certamente vai incentivar o uso da água de chuva no meio urbano, como já acontece em muitos outros países.

Para que a água de chuva seja melhor aproveitada, captada imediatamente em cisternas para consumo, seja como água potável ou não, é ainda necessário adequar tecnologia, mas, principalmente, há que se perceber dois aspectos fundamentais do uso racional da água de chuva. O primeiro é que nem sempre o mais adequado, do ponto de vista econômico e energético (conservação de energia), é reservar água em grandes reservatórios para consumo nos períodos secos, mas, sim, em alguns casos, utilizar reservatórios menores para captação e regularização em períodos chuvosos, para economizar energia e outras fontes de água disponíveis, mas de custo mais alto nesses períodos. O segundo se refere ao fato de que as primeiras águas da chuva (geralmente, apenas o primeiro milímetro) são as de pior qualidade, mas após o início da

precipitação a qualidade da água melhora muito, e, portanto, as primeiras águas de cada chuva não devem ser direcionadas para a cisterna, mas sim desviadas para descarte ou outros usos.

No meio rural se utilizam, há muito tempo, cisternas para captar e armazenar a “água de beber”, mas somente há décadas é que a população mais pobre teve acesso a esta forma de abastecimento de água difusa e socialmente justa. No passado, não havia ação de governo para ampliar a construção de cisternas para uso da água de chuva, ficando as poucas existentes limitadas ao acesso de pessoas com capacidade financeira para suportar o investimento privado individual.

A nossa história de esforço em busca do acesso universal à água de boa qualidade no meio rural, de forma socialmente justa, ainda é recente e a difusão do conhecimento tecnológico e das questões sanitárias ainda é muito deficiente. Mas, nas últimas duas décadas, notadamente na última, programas e ações têm permitido avançar bastante. É preciso ressaltar que se deve ter muita prudência ao mostrar as dificuldades e desafios e criticar os avanços no uso da água de chuva em nossa realidade atual, porque o pior seria se nada estivesse sendo feito, e, na verdade, os avanços são elogiáveis, mas não se deve ocultar as críticas que provocam o aperfeiçoamento.

Para comentar os avanços no uso da água de chuva no setor rural do Brasil na década mais recente, é oportuno transcrever um breve histórico e alguns números que dão noção do contexto inicial e do andamento dos principais programas e ações de governo neste campo de atuação. D’Alva e Farias (2007) registraram um histórico sucinto das ações mais abrangentes de implantação de cisternas para captação de água de chuva no meio rural do Brasil nos últimos anos.

Em novembro de 1999, durante encontro paralelo à Terceira Convenção de Combate à Desertificação e à Seca, da ONU, um conjunto de organizações da sociedade civil elaborou o documento intitulado “Declaração do Semiárido”, estabelecendo uma série de compromissos e ações pela sustentabilidade da vida no Semiárido. O processo culminou com a criação da Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA) e a elaboração de uma proposta com vistas a garantir o acesso à água para consumo humano das famílias rurais do semiárido por meio do armazenamento da água de chuva em cisternas familiares.

A experiência prévia de utilização de cisternas para captação de água de chuva por iniciativa familiar e comunitária, com apoio de organizações de base, criou uma referência que inspirou outras experiências semelhantes e embasou a ASA na concepção do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido – Um Milhão de Cisternas (P1MC). A proposta visa garantir o acesso à água adequada ao consumo humano para todas as famílias rurais do semiárido brasileiro, por meio da formação, mobilização social e construção de cisternas de placas.

A construção de cisternas, inicialmente realizada a partir de um convênio entre a ASA e o Ministério do Meio Ambiente (MMA), em 2001, permitiu desenvolver um projeto-piloto para a construção de 500 cisternas. Posteriormente, a Agência Nacional de Águas (ANA) financiou o equivalente a 12.400 cisternas, cujos recursos, somados às contrapartidas, resultaram na construção de 12.750 cisternas. Em meados de 2003, a ASA estabeleceu uma parceria com o Ministério Extraordinário de Segurança Alimentar e Combate à Fome (MESA), que nesse mesmo ano financiou 17.140 cisternas.

Em 2004, o Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS) instituiu a ação “Construção de Cisternas para Armazenamento de Água” no âmbito do Programa de Construção de Cisternas e Capacitação para Convivência com o semiárido. O Programa Cisternas do MDS estabeleceu como público prioritário as famílias rurais do semiárido brasileiro com perfil de elegibilidade ao Programa Bolsa Família. Por meio de termo de parceria com a ASA e convênios com governos estaduais e municipais, essa ação vem apoiando a construção de cisternas familiares, a

mobilização e a capacitação de famílias rurais do semiárido para a gestão de recursos hídricos.

Em dezembro de 2006, os dados da SESAN/MDS contabilizavam um total de 270.100 famílias beneficiadas com cisternas, construídas por diversas iniciativas. Dessas famílias, 150.418 (56% do total) foram beneficiadas com recursos do MDS, sendo 134.822 pelo termo de parceria com a ASA, 14.572 por convênios com governos estaduais e 1.024 com governos municipais. (D'alva & Farias, 2007).

Segundo o MDS (2013), ([www.mds.gov.br/segurancaalimentar/acessoagua/cisternas/](http://www.mds.gov.br/segurancaalimentar/acessoagua/cisternas/), 31/10/13), já foram construídas 555.950 cisternas no Brasil com financiamento deste ministério.

No âmbito do Programa 1 Milhão de Cisternas foram construídas 489.327 cisternas rurais até 01/10/2013, conforme informações da ASA ([www.asabrasil.org.br](http://www.asabrasil.org.br), 31/10/13). Para que esses resultados fossem alcançados, a ASA conta com a parceria de pessoas físicas, empresas privadas, agências de cooperação e do governo federal.

Além dos números, podem ser destacados alguns avanços elogiáveis do P1MC e do P1+2: consolidação de diretrizes políticas voltadas para o retorno social dos investimentos, o fortalecimento da economia local, a valorização da cidadania e a participação efetiva da sociedade civil organizada e do povo; os esforços de formação e mobilização social da população rural para o uso racional da água de chuva (embora carecendo de melhor fundamentação técnico-científica) entre outros aspectos sociais e políticos. Elogiáveis, também, são os avanços na gestão dos programas e a implantação do SIG Cisternas (Andrade Neto, 2012a).



Figura 3. Modelo de cisterna rural antes do P1MC (A); Modelo de cisterna rural do P1MC (B)

Os principais desafios que se apresentam para continuidade e aperfeiçoamento das ações de governo na construção de cisternas para captação e armazenamento de água de chuva no meio rural, tomando como base as ações do P1MC, são no domínio das questões tecnológicas, da transmissão de conhecimento para uso adequado (manejo) dessa tecnologia, da proteção sanitária e da qualidade da água. Além de consolidar essas ações em arranjo institucional mais bem definido para suportar políticas permanentes de aproveitamento e uso racional da água de chuva, acelerar o andamento de implantação para ampliar a cobertura e fixar metas mais ambiciosas, é necessário adequar a tecnologia, aperfeiçoar a transmissão de conhecimento (educação sanitária e ambiental) com base em informações mais bem fundamentadas, e assegurar a qualidade da água, mantendo o marco cultural pelo qual cisterna no meio rural deve ser utilizada para captar e armazenar água de boa qualidade.

Quando se tem em curso um grande programa de construção de cisternas rurais, com enorme poder de influenciar técnicas, comportamentos e práticas, a ponto de criar uma nova cultura para o uso de cisternas no Brasil, é necessária muita atenção para que esta nova cultura incorpore corretamente a preocupação constante com a qualidade das águas e a segurança sanitária, aprofundando a discussão das questões tecnológicas (tecnologia construtiva, proteção sanitária, etc) e culturais.

As ações e os programas atuais têm três importantes falhas tecnológicas: 1) usam a mesma tecnologia de construção de cisternas sem questionamento suficiente; 2) adotam o mesmo volume para as cisternas em todas as situações, sem considerar o regime pluviométrico local, o número de usuários nem a área de captação; 3) não incorporam adequadamente a divulgação de informação abundante e a execução dos dispositivos para a correta proteção sanitária (barreiras sanitárias físicas e culturais) da água. Não tem sido dada, também, a devida importância ao uso do tanque de descarte do primeiro milímetro de cada chuva, nem da bomba para retirada da água, na ingênua pretensão de garantir a qualidade da água apenas mediante desinfecção com cloro.

É necessário aportar todo o conhecimento disponível sobre construção de cisternas para selecionar a(s) tecnologia(s) mais adequada(s) face às diversas situações, mas há de serem considerados, na escolha de alternativas, os aspectos socioculturais e econômicos. Por exemplo, o sucesso da aplicação das cisternas de placas, no programa P1MC se deve, certamente, à sua compatibilidade com a participação da sociedade no processo e com o emprego de mão de obra local pouco qualificada na construção, fortalecendo a economia e fomentando o desenvolvimento de atividades locais em sintonia com os objetivos sociais. É sempre prudente uma análise ampla e abrangente antes de se propor alterações na tecnologia construtiva, mas não se pode deixar de aperfeiçoá-la.

Deve-se fazer o dimensionamento do reservatório considerando a área de captação, o regime pluviométrico local, as perdas na captação, o número de pessoas e o consumo por pessoa. Não se pretende que cada cisterna seja dimensionada em função desses dados, em cada caso, o que seria inexequível, mas podem ser estabelecidas tipologias de cisternas com volumes diferentes (quatro ou cinco tipos de reservatório, tipos A, B, C ou D, por exemplo) para atender às diversas situações, haja vista que, se estabelecidos as perdas e o regime pluviométrico de cada região, pode-se elaborar tabelas para definir o volume (tipo A, B, C ou D) em função da área de captação e do número de pessoas.

A segurança sanitária de sistemas de captação de água de chuva em cisternas depende da educação sanitária dos usuários e do manejo seguro e também de um projeto adequado, além de inspeção regular e manutenção do sistema.

Um projeto (desenho do sistema) adequado, que incorpora barreiras físicas de proteção sanitária e uma boa operação e manutenção, constitui o que há de mais simples e eficaz para proteção da qualidade da água de cisternas.

Para implantar barreiras físicas eficazes de proteção sanitária da qualidade da água de cisternas é necessário, basicamente, aperfeiçoar os dispositivos de desvio (descarte ou uso para outros fins) das primeiras águas de cada chuva, desenvolver novas bombas e avaliar e aperfeiçoar as bombas manuais disponíveis e sua aplicação.

Quanto aos aspectos socioculturais, além do avanço necessário na transmissão de conhecimentos mais bem fundamentados, há que se ter mais atenção com a séria questão do uso das cisternas como reservatório de água de carros-pipa de procedência duvidosa. Se em época de seca (períodos não chuvosos muito prolongados) for preciso abastecer a cisterna com água de outra procedência, é imprescindível que essa água seja de manancial adequado (procedência segura), transportada de forma sanitariamente correta, e potável.

O Projeto Cisterna, que envolveu cinco universidades da região Nordeste (UFCG, UFPE, UEPB e UFRPE como executoras, e mais o consultor da UFRN) e a Embrapa Semiárido, constatou o desvirtuamento cultural a que as cisternas estão expostas porque, há séculos “percebidas” na cultura popular como reservatório próprio para captar e armazenar água de chuva de boa qualidade, ao serem utilizadas indiscriminadamente para armazenar água de carro-pipa proveniente de barreiros e outras fontes de água não potável, a cisterna passa a ser “entendida” e “percebida” como um reservatório de água de qualidade duvidosa. O Projeto também comprovou a efetividade das barreiras sanitárias e a inclusão cultural da sua importância, mostrando que é possível criar essas barreiras tecnológicas e de manejo, acessíveis às populações rurais.

Esses resultados precisam ser expostos e divulgados em todos os níveis e instâncias nas ações voltadas para a construção de cisternas e aproveitamento da água de chuva, e transmitidos de forma competente para o saber popular.

Contudo, é necessário avançar nas questões tecnológicas, mas sem interromper as ações e sem prejudicar as conquistas das diretrizes políticas, mantendo o foco no interesse social difuso.

Os avanços dos últimos dez anos em construção de cisternas rurais no Brasil são elogiáveis, mas já está passando da hora de se discutir, de forma competente, as questões tecnológicas, envolvendo a academia, outros setores e o saber popular.

Além de consolidar as ações atuais em arranjo institucional mais bem definido para suportar políticas permanentes de aproveitamento e uso racional da água de chuva, mantendo as diretrizes políticas voltadas para a rentabilidade social, acelerar o andamento de implantação para ampliar a cobertura e fixar metas mais ambiciosas, é necessário adequar e desenvolver a tecnologia, aperfeiçoar a transmissão de conhecimento (educação sanitária e ambiental) com base em informações mais bem fundamentadas, e assegurar a qualidade da água, mantendo o marco cultural pelo qual a cisterna no meio rural é para água de boa qualidade.

Há que se avançar no desenvolvimento e na adequação da tecnologia, e manter ou acelerar o ritmo das ações, mas sem perder as diretrizes políticas conquistadas, voltadas para a justiça social e a cidadania. Este é o grande desafio.

### 3 A QUESTÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E A NECESSÁRIA PROTEÇÃO SANITÁRIA

Em geral, a contaminação da água de chuva ocorre quando lava o ar das camadas baixas da atmosfera e, sobretudo, na superfície de captação ou quando está armazenada de forma não protegida. Quando atravessa a camada da atmosfera mais perto do solo que contém partículas em suspensão, inclusive microrganismos, e escoar sobre a superfície de captação, a água da chuva lava estes ambientes carregando a sujeira acumulada no intervalo entre uma chuva e outra.

Metais pesados são potencialmente perigosos em áreas com densidade alta de tráfego ou próximas a indústrias. Substâncias químicas orgânicas, usadas em venenos, praguicidas e herbicidas, quando em altas concentrações na atmosfera, também podem contaminar a água da chuva. Contudo, a contaminação atmosférica da água da chuva é normalmente limitada a zonas urbanas e industriais poluídas e, mesmo nesses locais, a água de chuva tem, quase sempre, boa qualidade química (dureza, salinidade, alcalinidade etc) para vários usos.

Sempre há alguma matéria em suspensão no ar, inclusive microrganismos, e que também estão sempre presentes no sedimento que se acumula rapidamente na superfície de captação (quase sempre o telhado). Mas o primeiro milímetro de chuva é, em geral, suficiente para “lavar” a atmosfera e a superfície de captação enquanto a qualidade da água do restante da chuva fica preservada.

Embora os riscos epidemiológicos associados às cisternas sejam pequenos, os estudos recentes recomendam que todo esforço deve ser feito para minimizar a contaminação das águas de chuva usadas para consumo humano. Comparadas com as águas das tradicionais cisternas sem proteção sanitária, águas de chuva captadas e armazenadas com a devida segurança sanitária são consideravelmente melhores e podem ser usadas para beber.

Quanto maior o risco de contaminação maior também deve ser o rigor na proteção sanitária das cisternas. O risco depende, principalmente: das condições de uso (público, multifamiliar ou unifamiliar); das condições da superfície de captação (material, situação, facilidade de limpeza etc); da exposição a contaminantes (localização rural ou urbana, isolada ou exposta); das condições epidemiológicas da região (doenças endêmicas, higidez ambiental, risco de surtos epidêmicos, etc); e da operação e manutenção do sistema.

Ademais, é evidente que quanto melhores os níveis de educação sanitária e ambiental e de conhecimento de práticas higiênicas dos usuários, mais segura a qualidade das águas das cisternas. A educação é obtida de forma mais permanente por meio da participação comunitária, quando o conhecimento não é apenas repassado, mas também adequado, renovado e assimilado. Portanto, são fundamentais a discussão e o envolvimento dos cidadãos e das comunidades para a segurança sanitária das águas de cisternas.

#### **4 A QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA NO INÍCIO DA PRECIPITAÇÃO, O DESVIO DAS PRIMEIRAS ÁGUAS DE CADA CHUVA E A PROTEÇÃO SANITÁRIA DA CISTERNA**

Pesquisas desenvolvidas no Brasil, em Florianópolis e Vitória, no âmbito do PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (FINEP/CNPq/CAIXA) mostraram que a água captada diretamente da chuva, antes de passar pela superfície de captação, e sem exclusão do primeiro milímetro apresentou, respectivamente: turbidez média de 1,6 e 0,9 UNT e cloretos de 0,6 e 4,1 mg/L<sup>-1</sup>. Contudo, em Vitória, o primeiro milímetro da chuva continha 0,32 mg/L<sup>-1</sup> de Nitrato e 12 mg/L<sup>-1</sup> de cloretos e condutividade elétrica de 35,5 µS/cm<sup>-1</sup>; após passar pela superfície de captação (telhado), a turbidez passou de 0,9 para 10,4 UNT, a DQO mudou de 8,9 para 32,2 mg/L e a concentração de cloretos cresceu de 4,1 para 14,4 mg/L<sup>-1</sup> (Gonçalves et al., 2006). Esses dados demonstram que o primeiro milímetro de cada chuva, que lava a atmosfera e a superfície de captação, não deve ser armazenado nas cisternas, mas, sim desviado para outros usos ou descarte automático, sendo o restante da água muito mais pura.

Melo & Andrade Neto (2007) avaliaram a variação da qualidade da água de chuva coletando amostras distintas sequenciais dos 10 primeiros milímetros de chuva diretamente, com coletor semelhante a um pluviômetro (Figura 4), sem passar por superfície de captação, em três pontos com características distintas na cidade de Natal (Figura 5). Para isto foram escolhidos três pontos diferentes na cidade: o primeiro ponto (ponto 1 na Figura 5) localizado em Ponta Negra a menos de 100 m do mar, para analisar a contribuição marítima na atmosfera; o segundo ponto (ponto 2 na figura) localizado no bairro Cidade Alta, onde se encontra grande concentração populacional e de automóveis, supostamente uma das áreas com maior poluição atmosférica em Natal; enfim, o terceiro ponto foi localizado no Campus Universitário da UFRN, supostamente um dos pontos menos poluídos de Natal, visto que ventos que chegam ao Campus neste ponto vêm do Parque das Dunas, que é uma área de mata de preservação permanente.



Figura 4. Dispositivo para coletar separadamente os 10 primeiros milímetros da chuva (Melo & Andrade Neto, 2007)



Figura 5. Mapa de Natal com a localização dos pontos de amostra da pesquisa. (Melo & Andrade Neto, 2007)

As medições realizadas comprovaram a correlação da qualidade do ar e da água de chuva, em que se obteve a qualidade dos primeiros milímetros de água, em concordância com o esperado, quando observadas as características atmosféricas para cada um dos três pontos analisados (Figura 06). Na região de menor poluição atmosférica se encontra a água de chuva desde o início muito limpa; na região de maior concentração urbana, há valores de condutividade elétrica mais elevados; e na região litorânea, os valores iniciais de condutividade elétrica, pH e Turbidez se apresentaram elevados e com grande redução após o primeiro e o segundo milímetros de chuva, por se tratar de uma região com forte contribuição dos sais presentes no “spray” marítimo, que são de fácil “lavagem” (Melo & Andrade Neto, 2007).

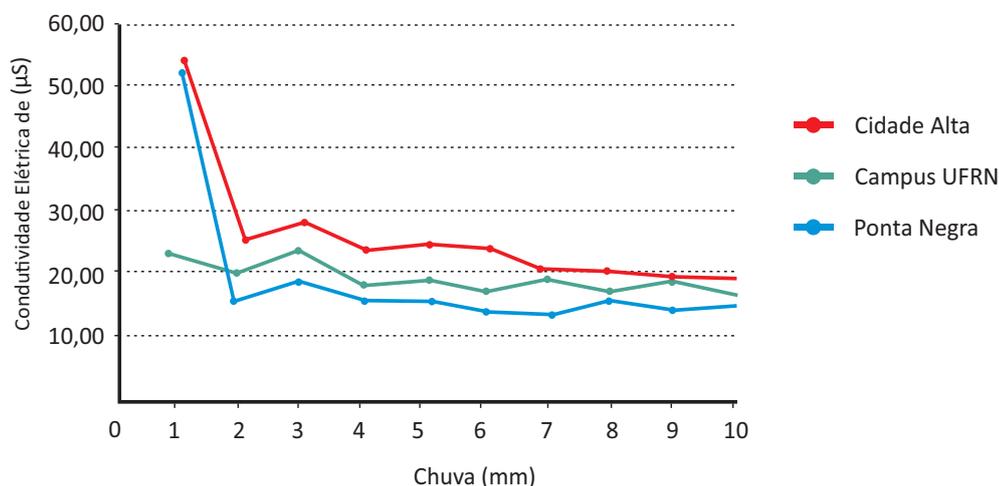


Figura 06: Valores de Condutividade Elétrica das médias de cada milímetro para três pontos, da cidade de Natal.  
Fonte: Melo & Andrade Neto, (2007)

Os autores concluíram que, exceto para a área de menor poluição atmosférica (ponto 3, Campus da UFRN), onde desde o início a água da chuva já continha poucos contaminantes capazes de variar a condutividade elétrica da água, os valores de pH e condutividade elétrica sofreram redução brusca no primeiro milímetro de cada chuva, e no ponto localizado na UFRN a turbidez, que também ali foi significativa, também caiu bruscamente após o primeiro milímetro de cada chuva. Esta conclusão apoia estudos anteriores que demonstraram ser o primeiro milímetro da chuva geralmente suficiente para carrear partículas e micróbios e “lavar” gases do ar das camadas baixas da atmosfera. Se não bastar um milímetro, em geral, 1,5 mm ou 2 mm são suficientes, mas se houver forte poluição e grande risco são necessários 3 mm ou mais.

Fontes bibliográficas pesquisadas apresentam vários tipos de dispositivos para proteção sanitária de cisternas, os quais incluem: grades ou peneiras autolimpantes; um arsenal de filtros telados ou com centrifugação; filtros de areia externos ou internos; e dispositivos diversos mas de difícil aplicabilidade, ou muito sofisticados, com sensores de qualidade da água e comandos eletrônicos e eletromecânicos para desvio das primeiras águas.

Dacach (1979) apresenta um tanque para desvio de fluxo antecedido de uma tela, aparentemente sem finalidade, mas também apresenta um tanque de desvio baseado no princípio do limite de compressibilidade da água e do fecho hídrico por equilíbrios de pressões, que fundamenta um dos dois tipos de desvio automático mais utilizados atualmente, incluindo, no entanto, uma boia interna desnecessária.

Fendrich & Oliyuk (2002) mostram dispositivos de desvio de fluxo acionados eletronicamente e outros mecanismos sofisticados utilizados no Japão, filtros não autolimpantes e um tanque de desvio para descarte da chuva inicial com uma desnecessária boia interna.

Lee & Visscher (2000) incluem engenhos complicados e mirabolantes para desvio dos primeiros milímetros de água, também apresentados por Gould e Nissen-Petersen (2002) mas esses últimos mostram uma grande variedade de outros dispositivos, inclusive bons filtros autolimpantes e alguns engenhos não muito lógicos.

O manual do Texas (TWDB, 1997) se concentra em filtros de tela. Vidal (2002) apresenta um “tê” para desvio dos primeiros milímetros de água semelhante ao de outras publicações, que tem volume insuficiente, uma bola como válvula de vedação de um orifício que já obstrui o fluxo antes do momento oportuno para desvio de descarte e um orifício para drenagem, sujeito a obstruções frequentes.

Em trabalhos anteriores, o autor apresentou dispositivos para desvio automático da água do início da chuva. A Figura 7 apresenta desenho esquemático desse dispositivo (Andrade Neto, 2004), a Figura 8 mostra outros arranjos para o mesmo dispositivo e na Figura 09 se vê fotografias desse mesmo aparato de proteção sanitária aplicado no prédio do LARHISA – Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da UFRN, para aproveitamento da água de chuva visando à produção da água a ser utilizada no laboratório, no preparo de soluções, diluições etc, por ser a água mais fácil de ser mineralizada, propiciando água com alto grau de pureza a custo mais baixo.

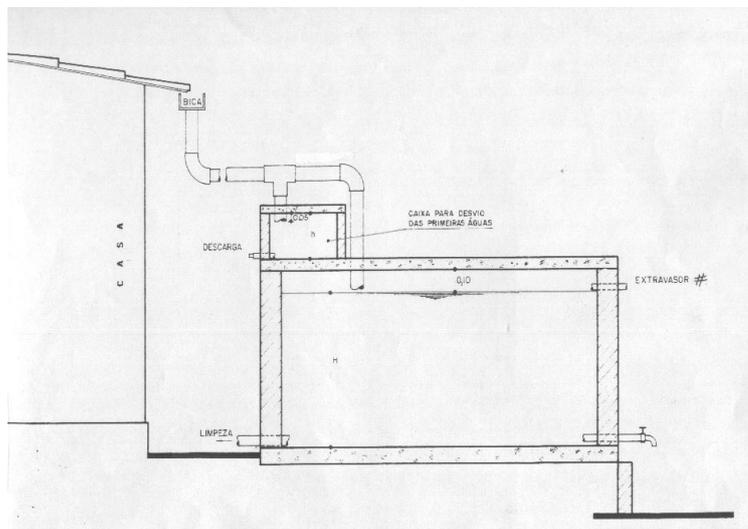


Figura 7. Dispositivo de desvio proposto por Andrade Neto (2004)

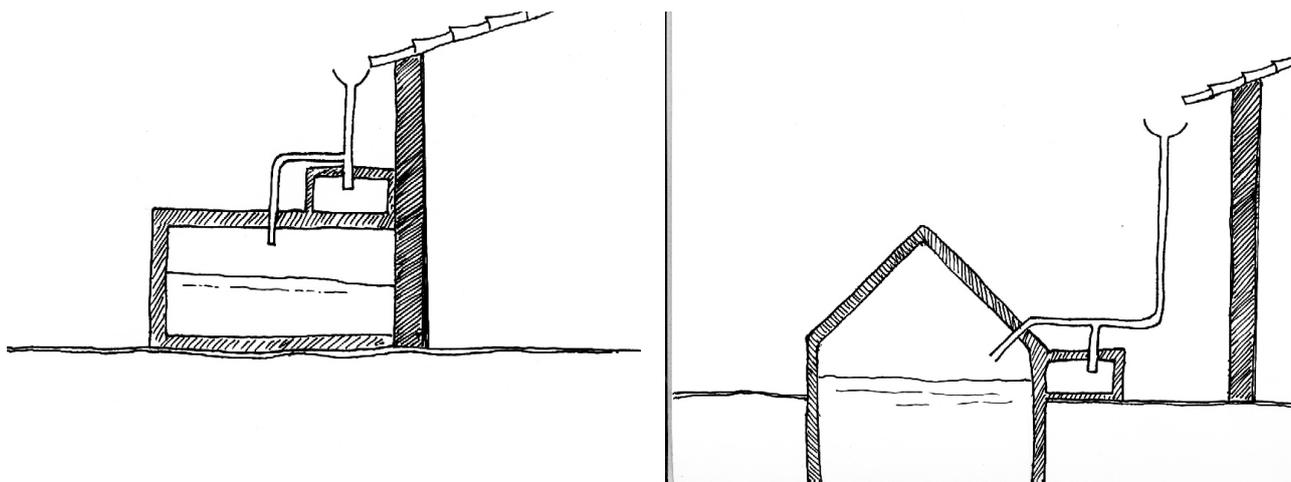


Figura 8. Modelo de desvio automático das primeiras águas proposto por Andrade Neto (2004)



Figura 9. Fotos do dispositivo de desvio automático de desvio do primeiro milímetro, LARHISA da UFRN, em Natal  
Fonte: Fotos do autor

A Figura 10 apresenta um desenho de dispositivo proposto por Martinson & Tomas (2003), também para desvio automático das primeiras águas de cada chuva, de fácil construção e operação.

Para a cisterna

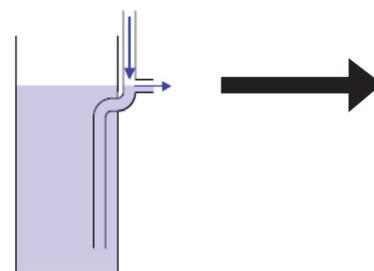


Figura 10. Modelo de desvio automático das primeiras águas proposto por Martinson & Tomas (2003)

Pesquisadores do Projeto Cisternas (Xavier, et al. 2009; Xavier, 2010; Gavazza, 2009; Souza, 2009; entre outros) fizeram adequações e testaram dois tipos de desvios automáticos, sendo um baseado em modelo proposto por Andrade Neto (2004) e outro no modelo proposto por Martinson e Tomas (2003), e concluíram que ambos são realmente eficientes na proteção sanitária da água das cisternas, embora não sejam isoladamente suficientes para garantir a qualidade, face as de outras barreiras sanitárias físicas e culturais também serem importantes. A Figura 11 demonstra desenhos esquemáticos de dispositivos de desvio da água inicial de cada chuva, elaborados por pesquisadores do Projeto Cisternas (Xavier et al., 2009) e a Figura 12 mostra fotos desses dispositivos utilizados na pesquisa (Xavier et al., 2009).

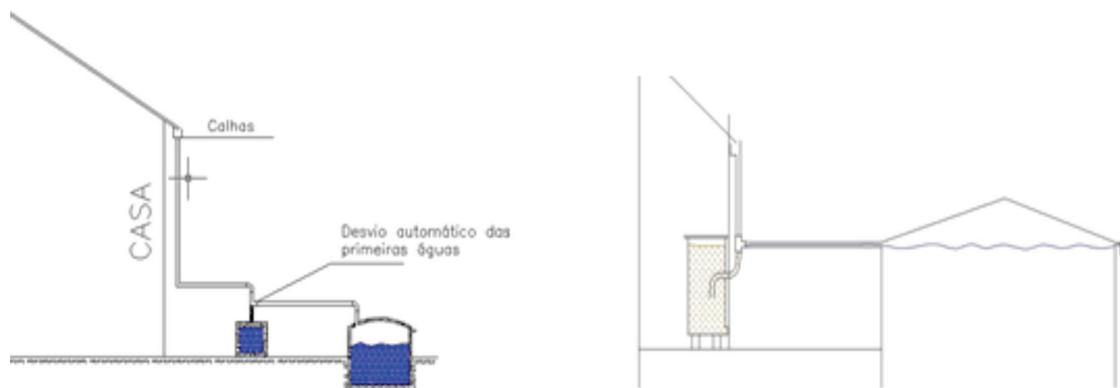


Figura 11. Desenhos esquemáticos dos dispositivos de desvio do Projeto Cisternas (Xavier et al., 2009)

Os dispositivos para desvio da água inicial da chuva, apresentados nas Figuras 07 a 11, são automáticos, muito simples, eficazes e de baixo custo. São apenas pequenos tanques para os quais são desviadas automaticamente as primeiras águas de cada chuva, simplesmente através de um “tê” intercalado na tubulação de entrada da cisterna, que deriva para este pequeno tanque a água de lavagem do ar e da superfície de captação. No primeiro caso (desenho da esquerda), como o tanque de desvio permanece totalmente fechado, quando o telhado está lavado ele enche e só então é que a água de melhor qualidade vai para a cisterna. O fecho hídrico dispensa boias ou outros artifícios. No segundo caso (desenho da direita na Figura 11), somente quando o tanque enche é que a água é, então, encaminhada à cisterna pelo princípio dos vasos comunicantes.

Depois da chuva, e antes que se acumule sujeira na superfície de captação, o tanque de desvio deve ser esvaziado, através de uma tubulação de descarga, que novamente fechada deixa o dispositivo pronto para o desvio automático das primeiras águas da próxima chuva. O tanque de desvio é pequeno (cerca de um litro por  $m^2$  de área de captação) e, portanto, “perde-se” muito pouco da água, que pode ser empregada em usos menos exigentes, mas se ganha muito em qualidade da água armazenada.

Assim, a operação e a manutenção adequadas do sistema consistem tão somente em dar as descargas no tanque de descarte da água inicial da chuva (que deve ser aproveitada em outros usos), inspecionar periodicamente o estado de conservação e limpeza da área de captação, das calhas, das tubulações e do tanque, e manter a cisterna sempre tampada.

Em alguns casos menos exigentes, podem ser utilizadas grades ou peneiras autolimpantes, que removem as sujeiras da linha de fluxo, mas são relativamente caras e requerem manutenção, ou filtros de “tela” não

autolimpantes ou, ainda, filtros de areia externos ou internos. Porém, esses últimos não removem as sujeiras da linha de fluxo e, quando a água for utilizada para beber, não se deve colocar este tipo de filtro antes do dispositivo de desvio das primeiras águas, porque os contaminantes retidos no filtro continuam sendo “lavados” pela água que vai para a cisterna.

Pesquisas da Universidade Federal de Campina Grande e da Universidade Estadual da Paraíba em sistemas piloto, nos quais foram construídos desvios automáticos para as primeiras águas da chuva (Figura 12), constituídos por caixas de alvenaria com volume apropriado para reter 1 milímetro da água de chuva captada pelo telhado, analisaram indicadores físicos e químicos de qualidade da água da chuva captada diretamente, retirada do tanque de desvio e após o tanque de desvio. Concluíram, entre outros aspectos, que: 1) todos os valores dos parâmetros físicos e químicos das amostras de água da chuva (coletada diretamente nas bacias) foram bem inferiores aos VMP exigido nos padrões de potabilidade do Brasil, com pH levemente ácido ( $\text{pH} = 6,22$ ), turbidez de 0,9 UT e SDT de  $46 \text{ mg L}^{-1}$ , revelando água de excelente qualidade; 2) ambos os sistemas de desvio automático se mostraram eficazes como barreiras sanitárias reduzindo significativamente todos os parâmetros físicos e químicos analisados (turbidez, SDT, alcalinidade, pH, dureza total,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e condutividade elétrica), com destaque para a turbidez que, em um dos experimentos, mudou de 11,0 UT na água do tanque de desvio para 2,7 UT após o desvio do primeiro milímetro e redução média da turbidez de 53% para um dos tipos de desvio (Xavier, 2010; Xavier et al., 2009).



Figura 12. Fotografias dos dispositivos de desvio estudados no Projeto Cisternas  
Fonte: Xavier et al. (2009)

Pesquisadores do Projeto Cisternas na Universidade Federal de Pernambuco (Souza, 2009; Gavazza, 2009) constataram a importância do uso de dispositivos de desvio das primeiras águas de chuva quando verificaram que, independente do princípio de funcionamento, ambos os modelos avaliados foram eficazes em reduzir a quantidade de impurezas encaminhadas às cisternas, principalmente turbidez, coliformes totais e bactérias heterotróficas totais.

Nos estudos mais recentes da Universidade Federal de Pernambuco, no Campus de Caruarú, a equipe desenvolveu um novo dispositivo de desvio automático do primeiro milímetro de cada chuva utilizando tubos de PVC acoplados cujos desenho esquemático e fotografia da Figura 13 são autoexplicativos.

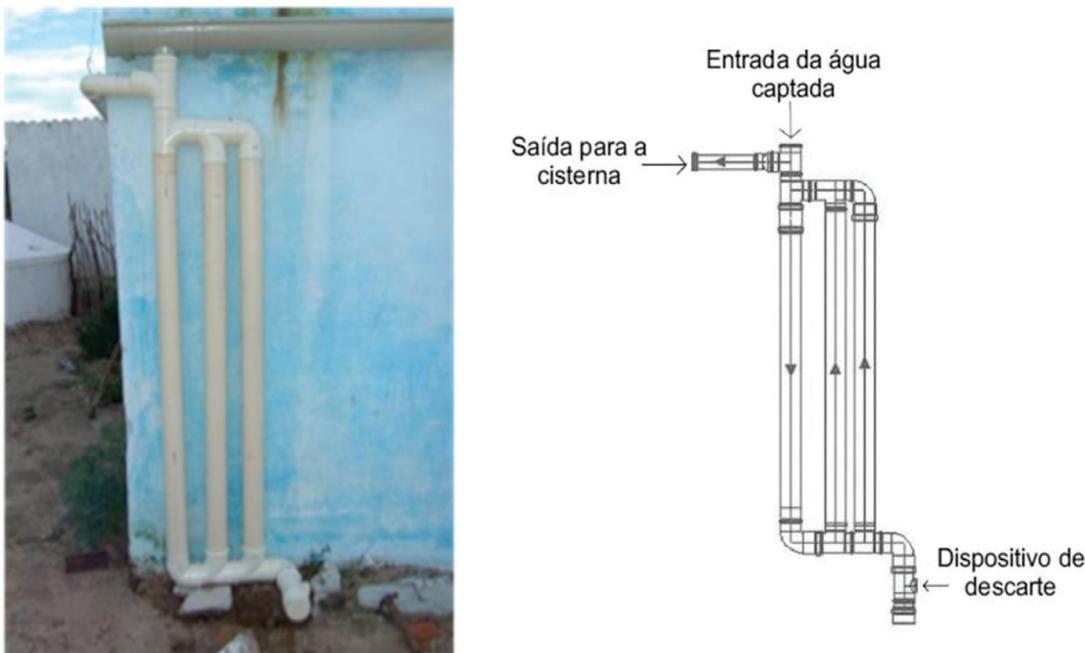


Figura 13: Dispositivo de desvio automático das primeiras águas de cada chuva, desenvolvido na UFPE (Alves et al., 2012; Carvalho et al., 2012)

Este dispositivo tem uma vantagem, que é a facilidade de modulação, aumentando ou diminuindo a quantidade de tubos acoplados, de acordo com o volume a ser desviado (geralmente 1 litro por metro quadrado da área de captação), mas tem um problema a ser resolvido, pois o material flutuante (mais leve que a água) pode retornar depois do desvio e ir para a cisterna. Este problema pode ser resolvido alterando o desenho do dispositivo de maneira que possa reter o material flutuante, e, certamente, os resultados serão ainda melhores que os obtidos nos trabalhos citados e resumidos em seguida.

Alves et al. (2012) monitoraram a qualidade da água de sete cisternas localizadas no semiárido brasileiro durante quatro anos. Em uma delas foi instalado dispositivo de desvio automático das primeiras águas de chuva (Figura 13). Os principais resultados mostraram que houve presença de coliformes totais em todas as amostras, e E-coli em 73,8% do total. Mas a cisterna na qual foi instalado o dispositivo de descarte das primeiras águas, apresentou os menores teores de contaminantes e os valores mais baixos (2,5 vezes menor)

e mais estáveis (menor desvio padrão) para coliformes totais quando comparada com as demais cisternas (Alves et al. 2012).

Carvalho et al. (2012) avaliaram o desempenho de um dispositivo automático concebido para desviar o primeiro milímetro de cada evento de precipitação (Figura 13). Os experimentos foram conduzidos, inicialmente, por meio de precipitação simulada (PS), seguida da avaliação em campo (precipitação natural) do desempenho do dispositivo implantado em cisternas na zona rural do agreste de Pernambuco. Os resultados obtidos para PS indicaram que é o primeiro milímetro desviado o responsável pela remoção substancial dos poluentes: 93,7, 93,2, 98,2 e 100%, respectivamente, para turbidez, cor aparente, coliformes totais e E.Coli para I = 23 mm/h. Para precipitação natural os valores correspondentes para turbidez, coliformes totais e E-coli foram 62,4 e 96,5 e 100%. A avaliação do dispositivo de descarte do primeiro milímetro em campo indicou que ele foi responsável pela remoção de 94,2 e 44,8%, respectivamente, nos teores de coliformes totais e bactérias heterotróficas totais. Os autores concluíram, então, que o desvio dos primeiros milímetros de chuva é extremamente importante para garantir o encaminhamento de água de boa qualidade às cisternas.

Embora outras medidas de proteção sanitária de cisternas sejam também importantes, sem dúvida os dispositivos automáticos que desviam as primeiras águas de cada chuva para descartar as águas que lavam a atmosfera e a superfície de captação, constituem a barreira física mais eficiente. Mas o descarte do primeiro milímetro (um e meio, dois ou três, dependendo do risco) de cada chuva não deve ser confundido com a prática de descartar as águas da primeira chuva do período chuvoso que também é aconselhável, porque carregam sujeira acumulada durante muito tempo e, para excluí-la, o desvio de apenas um milímetro de chuva não é suficiente.

## 5 OUTRAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO SANITÁRIA DE CISTERNAS

Durante o longo período em que fica armazenada na cisterna e se não tiver a devida proteção sanitária a água pode ser contaminada de várias formas, como pelo contato direto de pessoas (mãos) e utensílios (balde, lata, corda) contaminados. Animais, inclusive insetos, não devem ter acesso à água pois esses últimos podem depositar seus ovos dos quais eclodem larvas. Também não podem entrar na cisterna detritos, poeiras ou águas contaminadas, seja por aberturas, frestas ou infiltrações. A incidência de luz na água também prejudica a qualidade, porque propicia a proliferação de algas que tornam a água imprópria para consumo humano.

A água deve ser retirada, preferencialmente, através de tubulação (tomada direta, se a cisterna for apoiada no solo, ou por bomba, se for enterrada). Quando necessária (obrigatória em cisternas públicas enterradas), a bomba pode ser tão simples como as bombas de êmbolo ou com bola de gude, mas também pode ser necessário um sistema motobomba mais eficiente. Os dados e as conclusões do Projeto Cisternas já demonstraram sua grande importância na proteção da qualidade da água.

As cisternas enterradas devem ser impermeabilizadas para evitar infiltrações de águas contaminadas, sempre que houver esse risco. As cisternas apoiadas são mais fáceis de serem protegidas sanitariamente, pois não correm risco de infiltração de águas contaminadas e não requerem bombas para a retirada de água por tubulação.

A cisterna deve ser provida de extravasor e ventilação para garantir a reoxigenação da água mas sem propiciar a entrada de insetos e pequenos animais ou luz abundante; para isto, deve haver uma tela (malha) de plástico, nylon ou metal, em todas as saídas porém não na calha nem na tubulação de entrada da água na cisterna para que não retenha a sujeira na linha de fluxo. Não se deve colocar tela antes da derivação para o

dispositivo de desvio das primeiras águas porque assim as sujeiras não seriam removidas e ficariam retidas no fluxo durante o enchimento da cisterna.

Quanto maior o risco de contaminação maior também deve ser o rigor na proteção sanitária das cisternas. Em casos de baixo risco a proteção pode ser menos rigorosa e algumas das recomendações acima expostas podem ser relaxadas mas sempre de forma muito responsável e mediante uma avaliação qualificada.

Por segurança, a água de cisternas que vai ser bebida deve receber alguma forma de tratamento para garantir a qualidade; uma maneira viável de fazer o tratamento como barreira sanitária complementar é a desinfecção solar em garrafas de refrigerante expostas ao sol (capítulo 13). Em alguns casos, quando há maior segurança sanitária face à educação sanitária mais elevada e ao manejo seguro incluindo o uso de bomba para retirada da água, entre outros fatores de riscos controlados, o tratamento da água pode ser dispensado.

O tratamento da água exige um treinamento mais difícil de ser assimilado pelos usuários, tem um custo considerável e, ainda, corre o risco da falta de produtos químicos quando não podem ser adquiridos a tempo; contudo, quando a cisterna armazena águas suspeitas de outras fontes ou água de chuva coletada em sistemas de captação na superfície do solo ou, ainda, quando as barreiras físicas de proteção não são suficientes, o tratamento é indispensável.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, os esforços em busca do acesso universal à água de boa qualidade no meio rural ainda são recentes e a difusão do conhecimento tecnológico e das questões sanitárias é deficiente mas nas últimas duas décadas ocorreram avanços importantes.

Somente no âmbito do P1MC já foram construídas cerca de 500 mil cisternas e com alguns avanços elogiáveis do ponto de vista social, quais sejam: a consolidação de diretrizes políticas voltadas para o retorno social dos investimentos, o fortalecimento da economia local, a valorização da cidadania e a participação efetiva da sociedade civil organizada e do povo; os esforços de formação e mobilização social da população rural para o uso racional da água de chuva, embora carecendo ainda de melhor fundamentação técnico-científica; entre outros.

Os principais desafios residem no domínio das questões tecnológicas, da transmissão de conhecimento para uso adequado dessa tecnologia, da proteção sanitária e da qualidade da água. Além de consolidar as ações em arranjo institucional mais bem definido para suportar políticas permanentes de aproveitamento e uso racional da água de chuva, é necessário adequar a tecnologia, aperfeiçoar a transmissão de conhecimento com base em informações mais bem fundamentadas e assegurar a qualidade da água mantendo o marco cultural pelo qual cisterna no meio rural deve ser utilizada para captar e armazenar água de boa qualidade.

É amplo o conhecimento tecnológico internacional e nacional que deve ser utilizado de forma mais competente com vistas ao aproveitamento imediato da água de chuva para diversos usos, sobretudo, para maximizar a relação benefício/custo, aumentar a segurança sanitária dos sistemas e, assim, assegurar a qualidade da água.

A proteção sanitária da água de cisternas é relativamente simples; basicamente, requer o desvio das primeiras águas de cada chuva para descarte ou outros usos, cobertura do tanque, retirada da água por tubulação, geralmente através de uma bomba hidráulica e um manejo adequado, que depende de informação correta e suficiente aos usuários.

Os primeiros milímetros da cada chuva exercem grande influência sobre a qualidade da água captada em cisternas. O primeiro milímetro é, de maneira geral, suficiente para lavar a atmosfera e a superfície de

captação e se esta água for descartada o restante da água da chuva tem boa qualidade para diversos usos.

Existem dispositivos simples, de baixo custo e de eficiência comprovada para o descarte automático das águas do(s) primeiro(s) milímetro(s) de cada chuva.

Quanto aos aspectos socioculturais, além do avanço qualitativo necessário na transmissão de conhecimentos, há que se ter mais atenção com a séria questão do uso das cisternas como reservatório de água de carros-pipa de procedência duvidosa.

É imprescindível avançar nas questões tecnológicas mas sem interromper as ações e sem prejudicar o foco no interesse social difuso. Em suma, o maior desafio pode ser resumido na dificuldade de avançar no desenvolvimento e adequação da tecnologia e manter ou acelerar o ritmo das ações mas sem perder as diretrizes políticas conquistadas, voltadas para a justiça social e a cidadania.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Água de chuva, 2013.(<http://www.aguadechuva.com/download.php> (Project Tokyo água de chuva para potabilização). 31 Out. 2013.
- Alves, F; Luz, J; Figueiras, M. L.; Medeiros, L. L.; Santos, S. M.; Gavazza, S. Qualidade de água em cisternas do semiárido Pernambucano. In: Simpósio Brasileiro de Captação E Manejo de Água de Chuva, 8, 2012, Campina Grande. Anais... Campina Grande: ABCMAC, 2012. CD Rom.
- Andrade Neto, C. O. Aproveitamento imediato da água de chuva. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, v.1, p.67-80, 2013.
- Andrade Neto, C O de. Mesa redonda 2: Gestão Integrada da Água de Chuva no Setor Rural. Tema: Avanços e desafios do uso da água de chuva no setor rural. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 8, 2012, Campina Grande. Anais ... Campina Grande: ABCMAC. 2012a. CD Rom.
- Andrade Neto, C O de. O Descarte das Primeiras Águas e a Qualidade da Água de Chuva. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 8, 2012, Campina Grande. Anais ... ABCMAC. 2012b.
- Andrade Neto, C. O. Proteção sanitária das cisternas rurais. In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 11, 2004, Natal. Anais... Rio de Janeiro: ABES/APESB/APRH, 2004. CD Rom.
- Andrade Neto, C. O. de. Captação e uso da água da chuva. Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente. Rio de Janeiro, Ano XI, Nº 22, abr./jun. 2002.
- Carvalho, J. R. S.; Lima, J. C. A. L.; Figueiras, M. L.; Medeiros, L. L.; Santos, S. M.; Gavazza, S. Influência do descarte das primeiras águas de chuva sobre a qualidade da água encaminhada às cisternas. In: Simpósio Brasileiro De Captação E Manejo De Água De Chuva, 8, 2012. Campina Grande. Anais... Campina Grande: ABCMAC, 2012. CD Rom.
- D'alva, O. A.; Farias, L. O. P. Programa Cisternas: Um estudo sobre a demanda, cobertura e focalização. Cadernos de Estudos Desenvolvimento Social em Debate, Brasília, MDS, n.7, 2007. [http://www.mds.gov.br/segurancaalimentar/acessoagua/cisternas/como-implantar/copy\\_of\\_como-implantar](http://www.mds.gov.br/segurancaalimentar/acessoagua/cisternas/como-implantar/copy_of_como-implantar). 2 Ago. 2012.
- Dacach, N G. Saneamento básico. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979. 314p.
- Fendrich, R.; Oliynik, R. Manual de utilização das águas pluviais (100 maneiras práticas). Curitiba: Livraria do Chain, 2002. 167p.
- Gavazza, S. Aspectos de qualidade da água relacionados às barreiras sanitárias. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 2009, Caruaru. Anais... Caruaru: ABCMAC, 2009. CD Rom.
- Gonçalves, R. F. (coord) et al. Uso racional da água em edificações. Rio de Janeiro: ABES. 2006. 352p.
- Gould, J.; Nissen-Petersen, E. Rainwater catchment systems for domestic supply – design, construction and implementation, London: ITDG Publishing, 2002. 356p.
- Gould, J. Is Rainwater safe to drink? A review of recent findings. In: Conferência Internacional de Sistemas de Captação de Água de Chuva, 9, 1999, Petrolina. Anais...Petrolina: IRCSA / ABCMAC, 1999. CD Rom.

- Lee, M. D.; Visscher, J. T. A colheita de água em cinco países africanos. Maputo, Moçambique: IRC – Centro Internacional de Água e Saneamento, 2000. 127p.
- Martinson, D. B.; Tomas, T. Improving water quality by design. In: International Conference em Rainwater Catchment Systems, 11, 2003, Cidade do México. Proceedings.... Cidade do México: IRCSA, 2003. CD Rom.
- Melo, L. R. C.; Andrade Neto, C. O. Um amostrador automático simples para avaliação da qualidade da água de chuva e para avaliação preliminar da qualidade do ar. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 31, 2008, Santiago. Anais... Santiago: AIDIS, 2008. CD Rom.
- Melo, L. R. C.; Andrade Neto, C. O. Variação da qualidade da água de chuva em três pontos distintos da cidade de Natal-RN. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 2007. CD Rom.
- Simmons, G. Assessing the microbial health risks of potable water. In: Conferência Internacional de Sistemas de Captação de Água de Chuva, 9, 1999, Petrolina. Anais... Petrolina: IRCSA / ABCMAC, 1999. CD Rom.
- Souza, S. H. B. Avaliação da eficácia de barreiras sanitárias em modelos piloto para captação de águas de chuva no semi-árido Pernambucano. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2009. Dissertação Mestrado
- TWDB. Texas Guide to Rainwater Harvesting .Texas Water Development Board in Cooperation with the Center for Maximum Potential Building Systems. Austin, 1997. 65p.
- Vidal, R. T. Agua de lluvia, agua saludable (manual de mantenimiento del sistema de captación de agua de lluvia). Proyecto de Apoyo a la Reforma del Sector Salud en Guatemala – APRESAL, Comisión Europea. República de Guatemala, 2002. 108p.
- Xavier, R. P. Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2010. Dissertação Mestrado
- Xavier, R P; Nóbrega, R L B; Miranda, P C de; Galvão, C O; Ceballos, B S O de. Avaliação da eficiência de dois tipos de desvio das primeiras águas de chuva na melhoria da qualidade da água de cisternas rurais. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 7, 2009, Caruaru. Anais ... Caruaru: ABCMAC. 2009. CD Rom.

# CAPÍTULO 13

## TRATAMENTO ALTERNATIVO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NO MEIO RURAL – SODIS

Márcio Pessoa Botto

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

# **TRATAMENTO ALTERNATIVO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NO MEIO RURAL – SODIS**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	295
<b>2 DESENVOLVIMENTO</b>	297
2.1 Aproveitamento e tratamento da água de chuva	297
2.2 Desinfecção solar: Uma abordagem geral	299
2.3 Características e eficiência de inativação	302
2.4 Vantagens e desvantagens do SODIS	305
2.5 Estudos laboratoriais de eficácia do SODIS	305
<b>3 ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DO SODIS EM CAMPO</b>	306
3.1 Aspectos sociais	306
3.2 Aspectos tecnológicos	311
3.3 Aprimoramento do SODIS	314
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	315
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	316

## 1 INTRODUÇÃO

O acesso aos serviços de saneamento básico apropriados é a principal ferramenta de combate aos efeitos deletérios causados pela poluição, em termos de agravo da saúde humana, qualidade de vida e danos ecológicos.

A falta do abastecimento universal e igualitário de água tratada para a população é uma característica presente em países em desenvolvimento. Devido ao lançamento de efluentes de esgoto natural com elevada carga de poluição nos recursos hídricos e suas proximidades, a população está sujeita a captar uma água de poços ou mananciais superficiais, imprópria sanitariamente para consumo humano.

Apesar do avanço alcançado com as Metas de Desenvolvimento do Milênio, em junho de 2011, as Nações Unidas reportaram que 11% da população mundial (aproximadamente 783 milhões de pessoas) não possuem acesso à água segura (UN, 2012).

O Brasil, tal como outros países da América Latina, se enquadra nesta realidade. Devido aos custos elevados e à necessidade de mão de obra local especializada, não é possível fornecer, à população situada em áreas difusas, mesmo em curto prazo, uma água tratada a partir de métodos convencionais. A construção de grandes sistemas centralizados nessas condições, não é uma boa opção, pois não podem ser mantidos por recursos locais, porém a necessidade de água tratada é imediata. Segundo WHO/UNICEF (2000), não se pode esperar pelos grandes investimentos em infraestruturas para fornecer água saudável, a todos que dela precisem; seria inaceitável não considerar as prioridades imediatas dos mais necessitados.

De acordo com Philippi Jr. (2005) o agravo à saúde, causado pela falta de abastecimento de água potável e pela ausência de coleta segura de esgotos, é o principal problema causado pela poluição divulgada em uma lista do Relatório de Gestão dos Problemas da Poluição no Brasil. Em geral, a exposição à poluição ambiental é involuntária e, muitas vezes, as pessoas, podem ignorar a presença dos poluentes e seus prováveis efeitos, impedindo-as de exercer algum controle sobre os riscos de exposição.

O saneamento do meio é uma estratégia importante na mitigação ou reversão dos impactos negativos das modificações ambientais. É evidente que as ações do saneamento precisam ser bem planejadas uma vez que em diferentes localidades existem diferenças culturais, sociais, ambientais e econômicas, que devem ser respeitadas. Desta forma, é inevitável a busca de tecnologias apropriadas de saneamento para cada realidade local. Como exemplo, as tecnologias adequadas para pequenas comunidades com capacidade financeira mais limitada, entre outras características socioculturais, diferem daquelas implantadas em áreas urbanas com densidade demográfica maior.

A contribuição da disponibilidade de água de boa qualidade à melhoria da saúde humana pode ser observada diretamente na redução de consultas médicas em postos de saúde. Os maiores benefícios da água segura são: a melhoria da qualidade de vida, incremento do setor produtivo, o aproveitamento escolar maior e, em consequência, o aumento da expectativa de vida (Philippi Jr., 2005).

As doenças de veiculação hídrica constituem o grupo de moléstias relacionadas à água no qual o agente patogênico é ingerido junto com a água. Os microrganismos presentes nas águas naturais são inofensivos; mesmo assim e devido ao despejo indiscriminado de esgoto sanitário, poderão estar presentes microrganismos prejudiciais à saúde humana. Os microrganismos patogênicos incluem vírus, bactérias, protozoários e helmintos. A sobrevivência destes no ambiente, a intensidade de exposição, a suscetibilidade do indivíduo exposto, a temperatura da água e a presença de partículas suspensas e coloidais são fatores para a prevalência das doenças de veiculação hídrica (PROSAB, 2001).

De acordo com EAWAG/SANDEC (2005), as bactérias *Vibrio cholerae*, *Shigella* *Salmonella*, bem como diferentes cepas de *E.coli*, são os patogênicos mais importantes transmitidos pela água passíveis de causar enfermidades graves e que, geralmente, requerem tratamento.

Devido à falta de saneamento do meio e a precariedade das habitações e das cisternas, tal como à ausência de adoção de barreiras sanitárias, as águas de chuva captadas e armazenadas em cisternas não atendem aos padrões de potabilidade para abastecimento humano, sobremaneira, quanto aos critérios sanitários, exigidos pelo Ministério da Saúde e recomendados pela Organização Mundial de Saúde. Como consequência direta desta contaminação, são comuns os casos de doenças de veiculação hídrica na população abastecida por água de chuva, as quais poderiam ser facilmente evitadas por meio de modificações no meio incluindo intervenções que facilitem o acesso à água segura.

Segundo Blackburn et al. (2005), as possíveis fontes de contaminação bacteriológica das cisternas são: a presença de animais sobre as estruturas de captação e dentro das cisternas; o mau acondicionamento dos baldes usados para coletar água na cisterna; o uso da cisterna para receber água de outras fontes; enfim, o não descarte ou descarte inadequado das primeiras águas de chuva.

Wegelin et al. (1994) sugerem algumas ações essenciais para fornecer água desinfetada às populações desprovidas de água segura, como a redução de custos dos sistemas de abastecimento de água através do incremento de tecnologias apropriadas e de baixo custo e também que esses sistemas possam ser geridos e sustentados a partir de recursos locais.

A fervura, o uso de hipoclorito de sódio, pastilhas de cloro, filtro cerâmico e radiação ultravioleta são métodos de tratamento físico e químicos já difundidos e aplicados em diversos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Algumas dessas técnicas já foram testadas em condições controladas em laboratório e avaliadas em campo quanto à sua eficiência na produção de água com qualidade microbiológica aceitável (Sobsey, 2002). A nível doméstico a fervura e o uso de compostos de cloro são comumente utilizados para desinfecção.

Caslake et al. (2004) ressaltam que a falta de recursos e de infraestrutura de distribuição torna a aplicação de métodos como a cloração caseira extremamente limitada nos países em desenvolvimento, em que os casos de doenças de veiculação hídrica são elevados. Quanto à fervura, o gasto energético é muito alto sendo necessário o consumo de 1 kg de madeira para cada litro de água.

Uma técnica que vem sendo estudada e aplicada em países em desenvolvimento como uma tecnologia segura para o tratamento microbiológico de água é a desinfecção solar. Esta técnica, hoje denominada SODIS, sigla em inglês para desinfecção solar, foi primeiramente estudada por Aftim Acra, em 1984, e posteriormente aprimorada pelo Instituto Federal Suíço para Ciências e Tecnologia (EAWAG), na Suíça. O SODIS, método em batelada, extremamente simples e barato, dispensa o fornecimento de energia elétrica e utiliza apenas garrafas tipo PET (Polietileno tereftalato) como insumo e o sol, universalmente disponíveis e gratuitos.

Mercado et al.(2005) classificam o SODIS como um “método ambientalmente sustentável no tratamento de água para consumo humano a nível domiciliar em localidades nos quais a população corre risco de consumir água microbiologicamente contaminada”.

Conforme Sobsey (2002) e Hobbins & Mäusezah (2003), a adoção de tecnologias sociais de tratamento de água, como a desinfecção solar (SODIS) pode reduzir consideravelmente a morbidade e a mortalidade causadas por diarreia em crianças que vivem em áreas rurais e em países em desenvolvimento.

Considerando a praticidade e simplicidade do método, o SODIS é uma tecnologia que pode ser facilmente replicada em zonas rurais e comunidades peri-urbanas para o tratamento de água de chuva a nível domiciliar, com o propósito de atender às necessidade diárias de consumo. Devido a esta simplicidade e, sobretudo, pelo baixo custo, este método vem sendo difundido nos países em desenvolvimento e utilizado diariamente em mais de 50 países da Ásia, América Latina e África (McGuigan et al., 2012).

Diversos estudos e trabalhos de campo apontam para a eficiência do método mostrando possível a inativação de patógenos (Wegelin et al., 1994; Boyle et al., 2008; Lonnen et al. 2005; Heaselgrave; Kilvington, 2011; Acra et al., 1984) com impactos diretos na redução de doenças diarreicas. Esta eficiência, segundo esses autores, depende das condições de insolação local, grau de nebulosidade, qualidade da água, tipo de recipiente utilizado, espessura da lâmina d'água, condição de aerobiose e superfície de suporte para exposição. A maior desvantagem do uso desta tecnologia é a ausência do residual na água podendo ocasionar a recontaminação dependendo das condições de armazenamento e higiene domiciliar.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Aproveitamento e tratamento da água de chuva

Os mais afetados pelos riscos envolvidos na ausência de sistemas de saneamento (abastecimento de água tratada e coleta e tratamento dos resíduos líquidos) sobretudo pela escassez hídrica e devido à insegurança alimentar, se encontram em áreas difusas, ou seja, comunidades rurais distantes dos centros urbanos.

WSSCC (2003) afirma que, na maioria dos países em desenvolvimento, apenas 1% a 2% do gasto governamental são direcionados para projetos de saneamento de baixo custo. Uma das causas da crise da água é exatamente a obsessão que muitos países têm por construções grandiosas, sistemas de tratamento grandes e centralizados, que não podem ser mantidos por recursos locais; enquanto uma minoria dispõe de um serviço moderno, a grande maioria sobrevive sem qualquer benefício.

Para superar as dificuldades no fornecimento de água potável é preciso se afastar dos sistemas convencionais de grande porte e aderir às novas intervenções eficazes de pesquisa e estratégias de implementação, que podem aumentar a aceitação por tecnologias e melhorar as perspectivas de sustentabilidade em comunidades vulneráveis (Lantagne et al., 2006).

Por meio da prevenção das doenças as tecnologias sociais de tratamento de água podem contribuir para o desenvolvimento e redução da pobreza. Enquanto os sistemas coletivos de distribuição de água não conseguem ser ofertados de forma adequada, universal e igualitária, o uso das tecnologias sociais em conjunto com práticas saudáveis de higiene pode salvar milhões de vida (Lantagne et al., 2006).

Diante deste cenário sistemas descentralizados de abastecimento de água têm sido implementados com sucesso em diversas partes do mundo e têm contribuído de forma significativa para o alcance das Metas de Desenvolvimento do Milênio. Nas comunidades rurais localizadas em regiões semiáridas o aproveitamento das águas da chuva vem sendo promovido como proposta eficiente e capaz de manter o homem no campo e formar assentamentos locais (Naddeo et al., 2013).

O aproveitamento da água da chuva fornece água diretamente para as casas, cujos membros da família possuem total controle dos seus próprios sistemas de abastecimento, o que reduz significativamente, quando comparados com os sistemas centralizados, os custos operacionais e de manutenção.

Os requisitos básicos para a escolha das técnicas de tratamento da água de chuva são: baixo custo, simplicidade, praticidade e sustentabilidade. A primeira barreira sanitária no aprimoramento da qualidade da água de chuva é a adoção da prática do descarte das primeiras águas, e a segunda, também de extrema importância, é a desinfecção.

A desinfecção da água tem por finalidade precípua a inativação dos microrganismos patogênicos, realizada por intermédio de agentes físicos e/ou químicos, considerada um dos mecanismos essenciais na preservação da saúde pública (PROSAB, 2001).

Diversos métodos de tratamento de água das chuvas já foram testados, de forma individual e combinados; alguns deles, como a fervura, são tradicionalmente conhecidos e altamente difundidos mas não devem ser considerados a única nem a melhor opção (Mintz et al., 2001) em termos financeiros, bem como de qualidade da água pós-tratamento.

Para Helmreich; Horn(2009) o método mais utilizado e facilmente aplicado nos sistemas de abastecimento de água de chuva é a cloração. Este método é conhecido como de baixo custo e eficiente para a maioria dos microrganismos, com exceção do *Cryptosporidium parvum* e espécies de *Mycobacteria* (Sobsey, 2002; Mintz et al., 2001). Segundo Gordon et al. (1995), a cloração deve ser realizada após a água da chuva ser retirada do tanque de armazenamento uma vez que o cloro pode reagir com a matéria orgânica sedimentada no fundo do tanque e formar subprodutos indesejáveis. Por outro lado, e de acordo com Burch et al. (1998) o cloro (hipoclorito de sódio) ainda vai continuar sendo o mais utilizado em pequenas comunidades por se tratar de um método barato e que possui a importante propriedade de conferir residual à água.

Conforme Wegelin et al. (1994), a fervura, o hipoclorito de sódio e os filtros cerâmicos, são métodos de tratamento em escala doméstica, eficazes e propagados em populações difusas; no entanto, esses métodos possuem algumas desvantagens, como:

- Na fervura, há um excessivo custo energético, seja a lenha ou a gás.
- A utilização do hipoclorito para a desinfecção é muitas vezes rejeitada devido ao gosto e sabor indesejáveis proporcionados pela substância. Incluem-se, ainda, a irregularidade na distribuição do produto e a falta de informação dos usuários quanto à dosagem.
- O uso de filtros cerâmicos torna-se inviável devido aos custos de manutenção e compra de velas.

Lantagne et al. (2006) classificaram algumas tecnologias de tratamento de água a nível domiciliar, quanto ao aspecto técnico de inativação de patógenos, de aceitação social e replicabilidade (Tabela 1).

Tabela 1. Eficiência dos principais tratamentos de água em escala doméstica

Critério	Eficiência em laboratório				Eficiência em campo		Aplicação em larga escala
	Técnica de tratamento de água a nível domiciliar	Vírus	Bactéria	Protozoário	Proteção residual	Aceitação do uso	
Cloração	Médio	Elevado	Baixa	Cloro	Sim	Sim (4 estudos)	Sim (operado em comunidade em escala nacional)
Filtro Bioareia (filtração lenta)	Desconhecida	Média-elevada	Elevada	Não há	Sim	Desconhecido	Desconhecido (operado em comunidades e em escala regional)
Filtro cerâmico	Desconhecida	Média-elevada	Elevada	Não há	Sim	Sim (1 estudo com filtros importados)	Desconhecido (operado em comunidades e em escala regional)
Desinfecção solar	Elevada	Elevada	Elevada	Armazenamento seguro	Sim	Sim (4 estudos)	Desconhecido (operado em comunidades e em escala regional)
Filtração e cloração	Média	Elevada	Desconhecida	Cloro	Sim	Sim (1 estudo transversal inédito)	Desconhecido (operado em comunidades e em escala regional)
Floculação e cloração	Elevada	Elevada	Elevada	Cloro	Sim	Sim (5 estudos)	Sim (operado em comunidade em escala nacional)

Fonte: Lantagne et al. (2006)

A desinfecção solar é considerada uma técnica de alta eficiência na inativação de patógenos, de elevada aceitação social, com geração de impactos positivos na saúde pública e com potencial de replicabilidade em escala regional. Para McGuigan et al. (2012) um dos métodos de tratamento de água mais apropriados em países desenvolvidos, especialmente em comunidades remotas, é a desinfecção solar, SODIS.

## 2.2 Desinfecção solar: Uma abordagem geral

De forma simplificada, o SODIS é uma técnica de desinfecção da água por meio da energia solar, em que recipientes transparentes com capacidade volumétrica máxima de 3 litros, cheios com água de qualidade sanitária duvidosa, são expostos à radiação solar pelo período mínimo de 6 horas durante o pico de insolação solar (Figura 1).

Normalmente, este pico de insolação está situado entre os horários das nove da manhã às três da tarde, nos países situados próximo à linha do equador. Os principais recipientes utilizados são: garrafas de vidro, garrafas PET ou mesmo bolsas plásticas desenvolvidas para tal finalidade. É recomendável que as águas desinfetadas pelo método SODIS sejam consumidas em até 24 horas a fim de evitar a possibilidade de qualquer reativação microbiana.

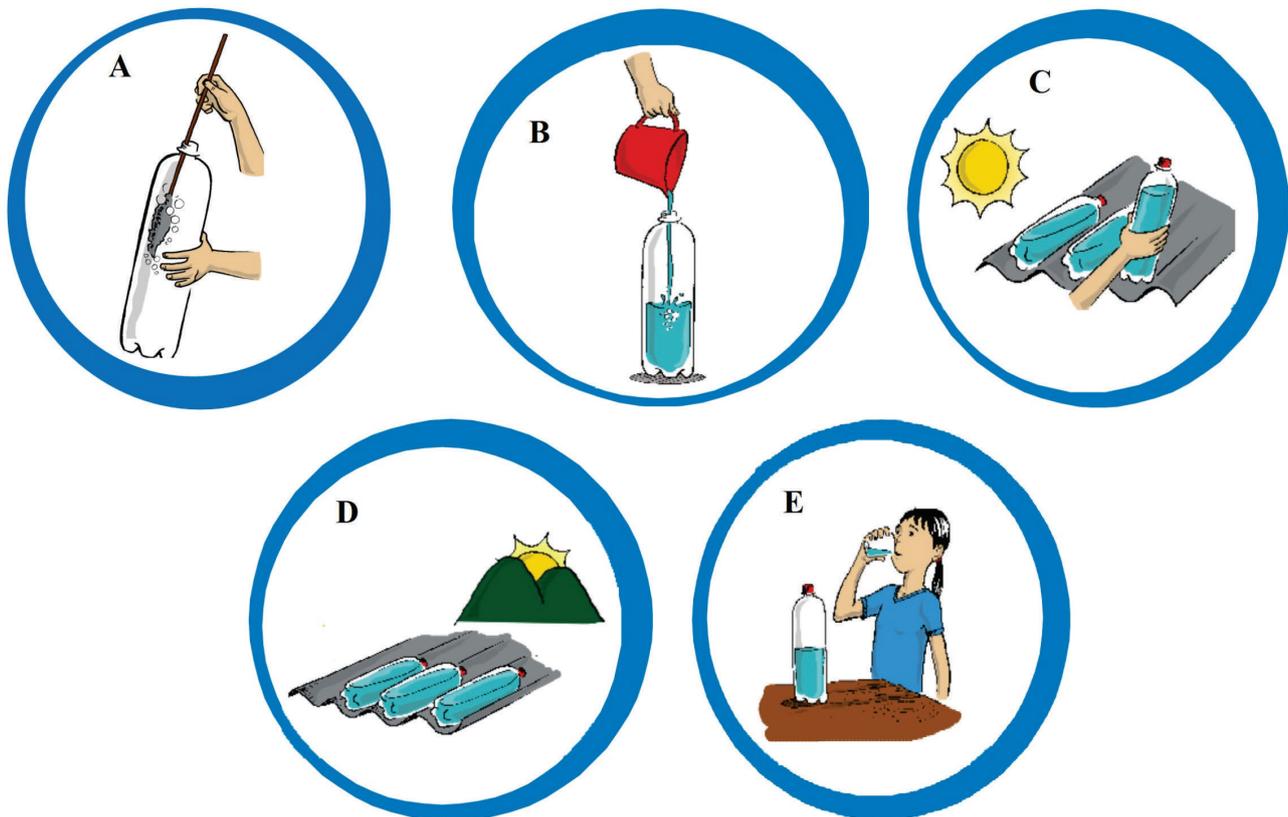


Figura 1. Etapas de manejo do SODIS

(A) Utilizar garrafas transparentes e limpá-las bem com água e sabão. (B) Enchê-las com água clara e fechar bem a tampa.

(C) Expôr as garrafas ao sol no período da manhã, antes das 09h00 min. (D) Retirar as garrafas à tarde, após as 15h00 min. (E) Deixar esfriar e consumir. Não utilizar outro recipiente para o armazenamento.

Há 30 anos a desinfecção solar vem sendo intensamente estudada em vários países da Europa, Ásia e América, como alternativa para o tratamento da água em escala domiciliar. Registros sobre a utilização da radiação solar para o tratamento de água na antiga Índia, remontam a 2000 a.C (WHO, 2005). De acordo com Acra et al. (1984), Downes e Blunt, no ano de 1877 já se documentava, em Londres, o efeito da luz solar sobre as bactérias e outros organismos.

Foi apenas em 1979, no entanto, que o professor Aftim Acra, da Universidade Americana de Beirute, deu início a uma série de estudos sobre desinfecção solar. Desde então várias organizações, entidades e universidades vêm desenvolvendo pesquisas nesta área destacando-se os trabalhos realizados pelo Instituto Federal Suíço para Ciências e Tecnologia (EAWAG), Instituto de Investigação e Desenvolvimento em Água Potável, Saneamento Básico e Conservação dos Recursos Hídricos (CINARA) em Cali, Colômbia, da rede de pesquisa montada pela Associação do Sistema Integrado de Energia Rural (INRESA), no Canadá, com participação de cinco países: Peru, Colômbia, Nigéria, Egito e Siri Lanka e ainda pelo apoio financeiro do UNICEF às pesquisas.

Pioneiros no estudo da desinfecção solar, Acra e colaboradores verificaram, realizando experimentos com água inoculada em recipientes de vidro com capacidade de 1 a 3 litros expostos diretamente ao sol na cidade do Líbano, a destruição de 99,9% de bactérias do grupo coliforme no tempo de 95 minutos (sempre no intervalo entre 09h00min e 14h00min) ao passo que para os recipientes-controle (distante da luz solar), foi necessário um tempo de 630 minutos para a mesma taxa de inativação.

A partir dos experimentos, Acra et al. (1984) chegaram às seguintes conclusões e observações:

- Recipientes plásticos ou de vidro, transparentes ou de cor levemente azulada, de forma arredondada e com pequena espessura são os mais eficientes no processo de desinfecção pois facilitam a penetração dos raios UV-A.
- A presença de sólidos suspensos elevando a turbidez é fator limitante para a desinfecção solar, visto que as partículas podem servir de escudo para os microrganismos, absorvendo ou refletindo a radiação.
- A desinfecção solar mostrou-se viável para a inativação de pequenas quantidades de água, máximo de até 3 litros.

Wegelin et al. (1994) afirmam que os principais resultados alcançados pela rede de pesquisa montada em 1985 pela Associação do Sistema Integrado de Energia Rural (INRESA) no Canadá, foram:

- Os testes de campo realizados em cinco países comprovam a eficiência bacteriológica da desinfecção solar, anteriormente pesquisada apenas em laboratório, por Aftim Acra;
- A técnica de desinfecção solar pode ser aplicada desde que haja um mínimo de 500W/m<sup>2</sup> de radiação solar disponível na localidade pelo período de cinco horas e que a contaminação da água bruta não exceda a 1000 coliformes termotolerantes/100mL;
- Para o intervalo de 12° a 40°C de temperatura da água não há alteração na taxa de inativação de bactérias, ou seja, ela é constante.

O estudo da desinfecção solar iniciou no Brasil, em 1993. Ceballos et al. (1993) estudaram o efeito da luz solar na inativação de coliformes termotolerantes e estreptococos fecais utilizando recipientes de vidro transparente; segundo esses autores, a luz solar tem elevada ação bactericida. Os resultados de seus experimentos apontaram uma redução acumulada de 99,24% de coliformes termotolerantes e a remoção total de estreptococos, em apenas 5 horas de exposição.

Brandão et al. (2000) buscaram avaliar, na Universidade de Brasília, o tempo de exposição necessário para inativação de patógenos considerando diferentes espessuras de lâmina d'água, qualidades de água e indicadores microbiológicos com resistências distintas (vírus e bactérias). Através de bolsas plásticas com

água sintética envoltas em recipientes de vidro, esses autores verificaram que para eliminar E.coli a uma concentração inicial de  $10^4$ NMP.  $100\text{mL}^{-1}$ , em recipientes de 5cm de espessura de lâmina d'água, foram necessárias 3 horas de exposição ao sol.

Desde o trabalho pioneiro de Acra et al. (1984) até hoje, vários gêneros e espécies de microrganismos patogênicos já foram submetidos aos efeitos da luz solar. Existem, documentados, vários estudos a respeito da inativação de microrganismos pelo método SODIS. A Tabela 2 apresenta esses microrganismos.

Tabela 2. Espécies de microrganismos documentados como possíveis de serem inativados pelo SODIS

Patógeno	Espécie	Patógeno	Espécie
Bactéria	<i>Campylabacter jejuni</i>	Vírus	Bacteriophage f2
	<i>Enterococcus sp</i>		Encephalomyocarditis virus
	<i>Enteropathogenic E. coli</i>		Polio virus
	<i>Mycobacterium avium</i>		Rotavirus
	<i>Mycobacterium intracellulare</i>		Norovirus
	<i>P. aeruginosa</i>	Protozoário	<i>A. Polyphaga</i> (cistos)
	<i>Salmonella typhi</i>		<i>C. parvum</i> (cistos)
	<i>S. typhimurium</i>		<i>Entamoeba sp</i> (cisto)
	<i>Shigella dysenteriae</i>		<i>Giardia sp</i> (cisto)
	<i>Shigella flexneri</i>		
	<i>Streptococcus faecalis</i>		
	<i>Straphylococcus epidermidis</i>		
	<i>Vibrio cholera</i>		
<i>Yersinia enterocolitica</i>			
Fungo	<i>C. albicans</i>	Helmintos	<i>Ascaris sp</i> (ovo)
	<i>Fusarium sp</i>		

Fonte: McGuigan et al. (2012)

Na saúde pública os benefícios do SODIS são evidentes. Observa-se, segundo os estudos já realizados, uma redução de até 75% nos casos de diarreia entre os usuários regulares do SODIS (Wegelin et al., 2005).

No período de um ano, Kevin McGuigan liderou uma pesquisa importante em países africanos, Quênia, Zimbábue e África do Sul, quando então foi avaliado o impacto do SODIS na prevenção dos casos de diarreia em crianças abaixo de cinco anos. Os resultados comprovaram que, efetivamente, o SODIS melhora a qualidade microbiológica da água com vistas à prevenção de doenças diarreicas. Para as crianças menores de cinco anos de idade o uso adequado do SODIS resultou em reduções significativas nos índices de taxa de incidência de disenteria (taxa de incidência no grupo SODIS dividida por taxa de incidência no grupo controle) variando entre 30% e 55% nos países pesquisados.

### 2.3 Características e eficiência de inativação

A Terra recebe, diariamente, mais energia do sol do que a consumida sob todas as outras formas, equivalente a 25.000 vezes mais, com média anual variando de 6.800 kJ/m<sup>2</sup>dia no norte da Europa a 23.000 kJ/m<sup>2</sup>dia nas regiões áridas próximas ao equador (Acra et al., 1984; Hiringchs; Kleinbach, 2003). Esta radiação solar incidente na atmosfera terrestre é de até 1.360 W m<sup>-2</sup> (McGuigan et al., 2012). No entanto, dependendo da latitude, localização geográfica, estação do ano, nebulosidade, poluição atmosférica, elevação a nível do mar, altitude do sol e do horário do dia, mencionada intensidade de radiação pode variar significativamente. Desta forma e a nível do mar, a média de radiação solar incidente na região da linha do equador é reduzida para 1.120 W m<sup>-2</sup>.

A radiação total incidente que chega à superfície é composta de um feixe direto (radiação direta) e de uma componente difusa (radiação difusa), esta última causada pelo espalhamento e reflexão na passagem pela atmosfera. Acra et al. (1984) afirmam que em dias ensolarados com céu claro, a porcentagem de radiação difusa é de apenas 10% ao passo que para dias nublados com nuvens densas e pesadas, este valor pode subir de forma significativa reduzindo a radiação total incidente a nível do solo. Conforme SODIS (2003a), nesses dias completamente nublados a intensidade da radiação UV-A pode reduzir em até 1/3 do seu valor.

A inativação de microrganismos patogênicos é inversamente proporcional ao comprimento de onda da radiação: luz visível → UV-A → UV-B → UV-C (SODIS, 2003b). Acra et al. (1984) acreditavam que a radiação UV-A contribuía com 70% no processo de desinfecção e os 30% restantes provinham da luz visível. Quase 10 anos após, Wegelin et al. (1994) chegaram à conclusão de que a principal faixa espectral da radiação solar responsável pela inativação de microrganismos é realmente a luz UV-A. Confirmou-se, ainda, que a luz violeta (400-459nm) também exerce importante função e, juntamente com a UV-A, produz efeito sinérgico aumentando a taxa de inativação em até três vezes.

A radiação UV é absorvida por moléculas de proteínas, RNA e DNA de alguns microrganismos. O DNA é um polímero de ácidos nucleicos no formato de uma dupla hélice ligada uma à outra, por uma sequência de quatro bases constituintes (adenina, citosina, guanina e timina) que, ligadas em pares (adenina/timina e citosina/guanina) mantêm unidas as duas hélices. Dessas quatro bases a timina sofre uma única reação fotoquímica: a união de duas timinas adjacentes por meio da absorção de um fóton UV (dimerização), que quebra a estrutura do DNA impedindo sua replicação (Montagner et al., 2005)

Desta forma, a radiação ultravioleta atua como meio físico atingindo principalmente os ácidos nucleicos dos microrganismos, promovendo reações fotoquímicas que inativam os vírus e bactérias. Sabe-se também que o aquecimento da água tem efeito germicida, através da sensibilidade dos microrganismos às altas temperaturas. O sol, fonte inesgotável, universal e gratuita, tanto de radiação UV como de calor, alia esses dois efeitos para se tornar o insumo principal de um sistema de desinfecção de água, considerado uma opção simples e de baixo custo, sobretudo, para uso em comunidades difusas (Monteiro et al., 2002).

Segundo SODIS (2003), o método SODIS utiliza duas componentes da radiação: UV-A, responsável pela modificação do DNA dos microrganismos e a radiação infravermelha, que responde pelo aumento da temperatura da água.

O pré-requisito básico para viabilizar a desinfecção solar (SODIS) em certa localidade é o grau de radiação solar incidente. Conforme Zapp et al. (1987, apud Prosab, 2001) são necessárias, no mínimo, duas horas de exposição a 600 W m<sup>2</sup> de radiação solar global direta, para se fazer uso da desinfecção solar.

Dentre as desvantagens que serão apresentadas mais à frente, talvez a dependência das condições climatológicas seja a mais importante e limitante a ser observada antes da utilização do SODIS. Por outro lado,

os países em desenvolvimento e que mais demandam tecnologias domiciliares de tratamento de água estão, na sua maioria, situados na zona conhecida como cinturão solar na qual o SODIS possui grande viabilidade técnica (Figura 2).

Portanto, dependendo da intensidade de radiação solar incidente e da sensibilidade dos microrganismos patogênicos presentes na água, o tempo de exposição da água ao sol pode variar de 6 a 48 horas.

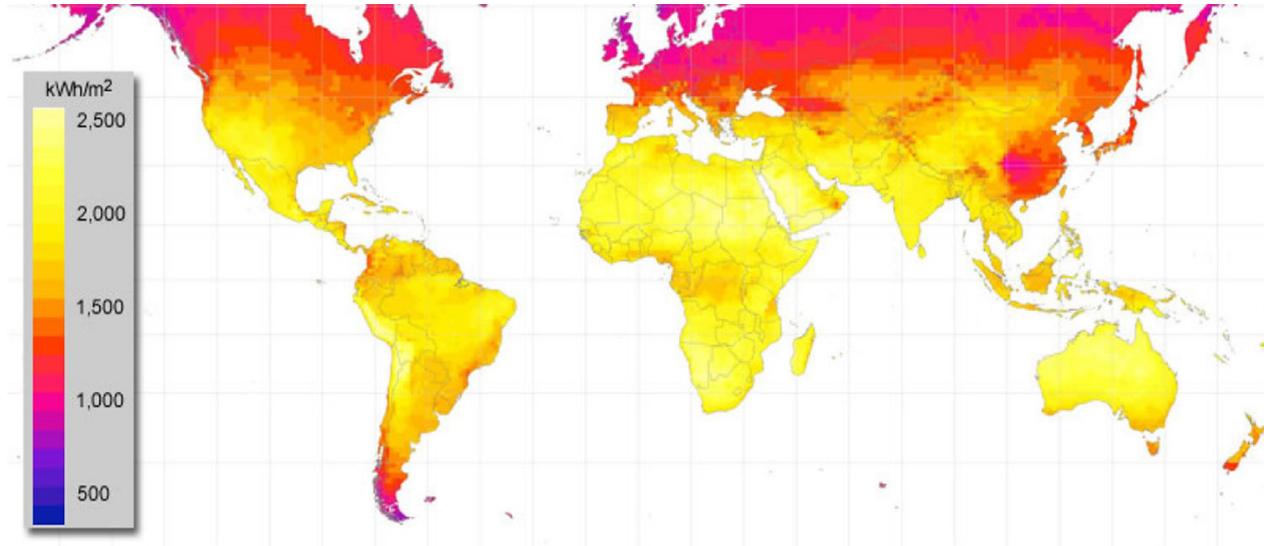


Figura 2. Mapa de irradiação solar global incidente  
Fonte: Vivari et al. (2013)

O parâmetro mais importante de qualidade da água que deve ser observado antes de se utilizar o método SODIS é a turbidez. Todos os autores que investigaram o efeito da turbidez na desinfecção solar chegaram à mesma conclusão de que, quanto maior, menor é a eficiência visto que os sólidos em suspensão possuem a propriedade de absorver ou refletir a luz solar. De conformidade com Sommer et al. (1997), Wegelin (1994), SODIS (2003d) para se fazer uso do SODIS o valor máximo de turbidez recomendado é de até 30uT.

Outro parâmetro de qualidade de água bastante pesquisado na desinfecção solar é o oxigênio dissolvido. Diversos autores citam que o efeito bactericida da radiação solar depende da concentração deste parâmetro na água (Curtis et al., 1992; Gourmelon et al., 1994; Reed, 1997). O oxigênio molecular reage com a luz solar gerando radicais livres hiperativos como superóxidos, hidroxilas e outros compostos oxidantes e tóxicos, como peróxidos, que destroem estruturas básicas das células, em especial as membranas celulares, e ainda inibem atividades enzimáticas causando a morte de microrganismos procarióticos e eucarióticos.

Segundo Meyer & Reed (2001), algumas espécies de bactérias presentes nas fezes possuem resistência à inativação pela radiação solar na ausência de oxigênio. Em consequência, para a aplicação da desinfecção solar em batelada usando garrafas PET, é recomendada a aeração da água por agitação manual das garrafas. Kehoe et al. (2001) sugerem encher a garrafa até 2/3 de sua capacidade, agitá-la durante um minuto para garantir altas concentrações iniciais de oxigênio dissolvido, completar o restante da garrafa e, então, expô-la à radiação solar (Figura 3).

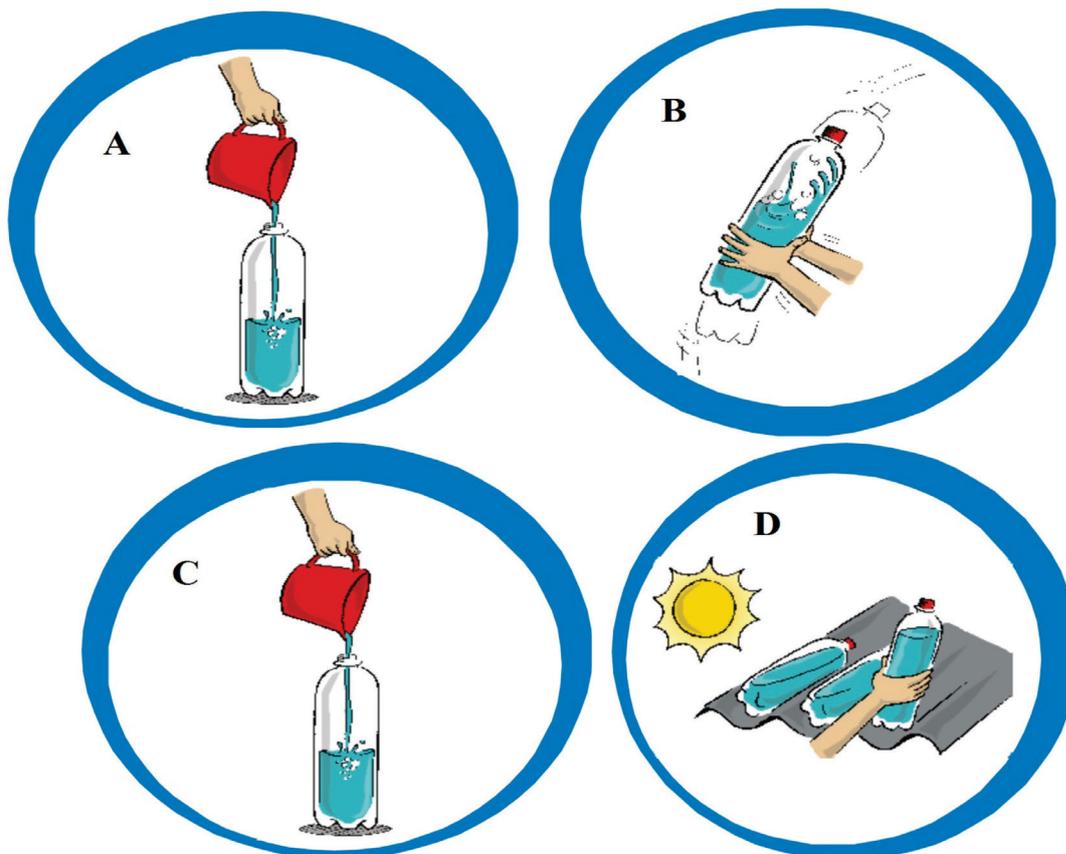


Figura 3. Etapas do SODIS com a agitação manual das garrafas.(A) Enchê-la com água até 2/3 de sua capacidade e fechar com a tampa.(B) Expô-la ao sol no período da manhã, antes das 09h00min. (C) Agitá-la bem durante um minuto. (D) Completar o restante da garrafa e fechá-la bem com a tampa

Botto et al. (2009) no entanto, obtiveram, pesquisando o efeito da agitação manual das garrafas na inativação de coliformes termotolerantes, resultados que indicam não haver diferença significativa na eficiência deste indicador microbiológico comparando os dois métodos estudados, com e sem agitação ( $p > 0,05$ ). Esses autores sugerem, portanto, que o procedimento de agitação prévia das garrafas possa ser dispensável.

Quanto ao tipo de recipiente utilizado para exposição da água, Sommer et al. (1997) afirmam haver diferenças na quantidade de radiação solar transmitida à água dependendo do recipiente (PET, vidro, polietileno). Para as garrafas PET a perda da componente UV-A é de aproximadamente 30%; para garrafas de vidro: =25% e para bolsas plásticas (polietileno) =10%. Para recipientes coloridos a perda foi de, no mínimo, seis vezes maior que para os recipientes transparentes.

Segundo EAWAG/SANDEC (2005), as garrafas PET são consideradas ideais para o uso do SODIS, porquanto permitem a penetração da radiação UV-A; não excedem a profundidade de 15 cm, quando são expostas horizontalmente; podem permanecer fechadas evitando a contaminação da água já desinfetada; encontram-se facilmente disponíveis e a baixo custo; enfim, são fáceis de manipular e bastante duráveis.

Por outro lado e em comparação com o vidro que é inerte e não libera subprodutos o PET pode, quando exposto a condições extremas de insolação, liberar esses compostos para a água. Até o momento, porém, os resultados das pesquisas indicaram que os subprodutos gerados, como os compostos de tereftalato, não migram para a água. Outros compostos, como os carbonilos e plastificantes, são passíveis de migrar; contudo, sua concentração permanece abaixo dos limites estabelecidos nos padrões de potabilidade (Wegelin et al., 2001; Schmid et al., 2008).

## 2.4 Vantagens e desvantagens do SODIS

Como qualquer tecnologia, o SODIS possui vantagens e desvantagens de ordens técnicas. As principais vantagens são:

- Fácil manejo;
- Baixo custo;
- Não requer utilização de materiais combustíveis (lenha, gás etc);
- Independe de substâncias químicas;
- Fácil acesso a garrafas PET, recipiente utilizado no processo de desinfecção solar.

As principais desvantagens são:

- A eficiência depende das condições climáticas;
- Não é uma tecnologia adequada para tratar água com elevada turbidez;
- Não é eficaz no tratamento de parâmetros físico-químicos da água;
- Baixa produção de água desinfetada;
- Não confere residual à água.

## 2.5 Estudos laboratoriais de eficácia do SODIS

A partir do cálculo das médias horárias de radiação solar global, o melhor horário de exposição das amostras para desinfecção pela luz solar no Estado do Ceará, é de 09h00 min às 15h00 min (Figura 4). Pode-se verificar ainda que, durante esse intervalo de tempo os valores de radiação solar global são superiores aos recomendados pela literatura, ou seja, acima de  $600 \text{ W m}^{-2}$ . Em mais de 85% dos dias do ano a intensidade de radiação está acima desse limite mínimo configurando uma região de grande potencial para uso SODIS.

Mencionada condição climática favorável para o uso do SODIS no Estado do Ceará, pode ser extrapolada para a grande maioria das localidades inseridas em áreas rurais no Brasil.

Os ensaios técnicos mais recentes do SODIS realizados na Universidade Federal do Ceará indicaram que em apenas três horas de exposição foram verificados mais de 90% de remoção de coliformes termotolerantes nas amostras expostas ao sol; após o período total de ensaio (6 horas), ocorreu inativação total, ou seja, reduções de 3 a 6 unidades logarítmicas, dependendo da contaminação inicial dos grupos amostrais (Tabela 3). Por outro lado, as amostras que se encontravam longe da radiação solar não sofreram qualquer redução na concentração do indicador microbiano, mantendo-se sempre acima de  $10^3$  coliformes termotolerantes por 100mL de água (Tabela 4).

Tabela 3. Concentração média de coliformes termotolerantes e eficiência de inativação em função do tempo de exposição das garrafas com água à luz solar

Tempo (h)	Coliformes termotolerantes (NMP 100ml <sup>-1</sup> )	Eficiência (Unidade log de remoção)
0	2,5E+03	0
1	7,10E+02	1
2	4,42E+02	1
3	6,51E+01	2
4	4,01E+01	2
5	1,50E+00	3
6	0,00E+00	-

Tabela 4. Concentração média de coliformes termotolerantes e eficiência de inativação em função do tempo de exposição das amostras controle

Tempo (h)	Coliformes termotolerantes (NMP 100ml <sup>-1</sup> )	Eficiência (Unidade log de remoção)
0	7,32E+03	0
1	5,48E+03	0
2	9,23E+03	0
3	6,13E+03	0
4	8,66E+03	0
5	4,61E+03	0
6	9,21E+03	0

Por sua vez, as amostras controle não apresentaram decaimento bacteriano apreciável, como constatado na Tabela 4, sugerindo que a desinfecção está relacionada apenas a fatores climatológicos, como radiação solar incidente e temperatura.

### 3 ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DO SODIS EM CAMPO

#### 3.1 Aspectos sociais

Nos anos 2004 e 2005, com apoio financeiro e técnico da Fundação Stanley Thomas Johnson, da Universidade Federal do Ceará e de ONGs cearenses, foi realizado um projeto de estudo de viabilidade técnica e aceitação social da técnica SODIS em quatro comunidades no estado do Ceará (Figura 5), inseridas em cenários distintos: urbano, rural e litorâneo. Dentre as quatro comunidades Camurim, situada no município de Itaiçaba, era a que possuía a maior quantidade de cisternas de captação e armazenamento da água de

chuva. Durante o período de aplicação do questionário 44% das famílias desta localidade estavam sendo abastecidas pela água dos carros-pipa armazenada nas cisternas de placa e 11% ainda dispunham da água de chuva mas com nível da cisterna abaixo de 25% de sua capacidade; o restante das famílias obtinha a água para consumo de poços artesianos.

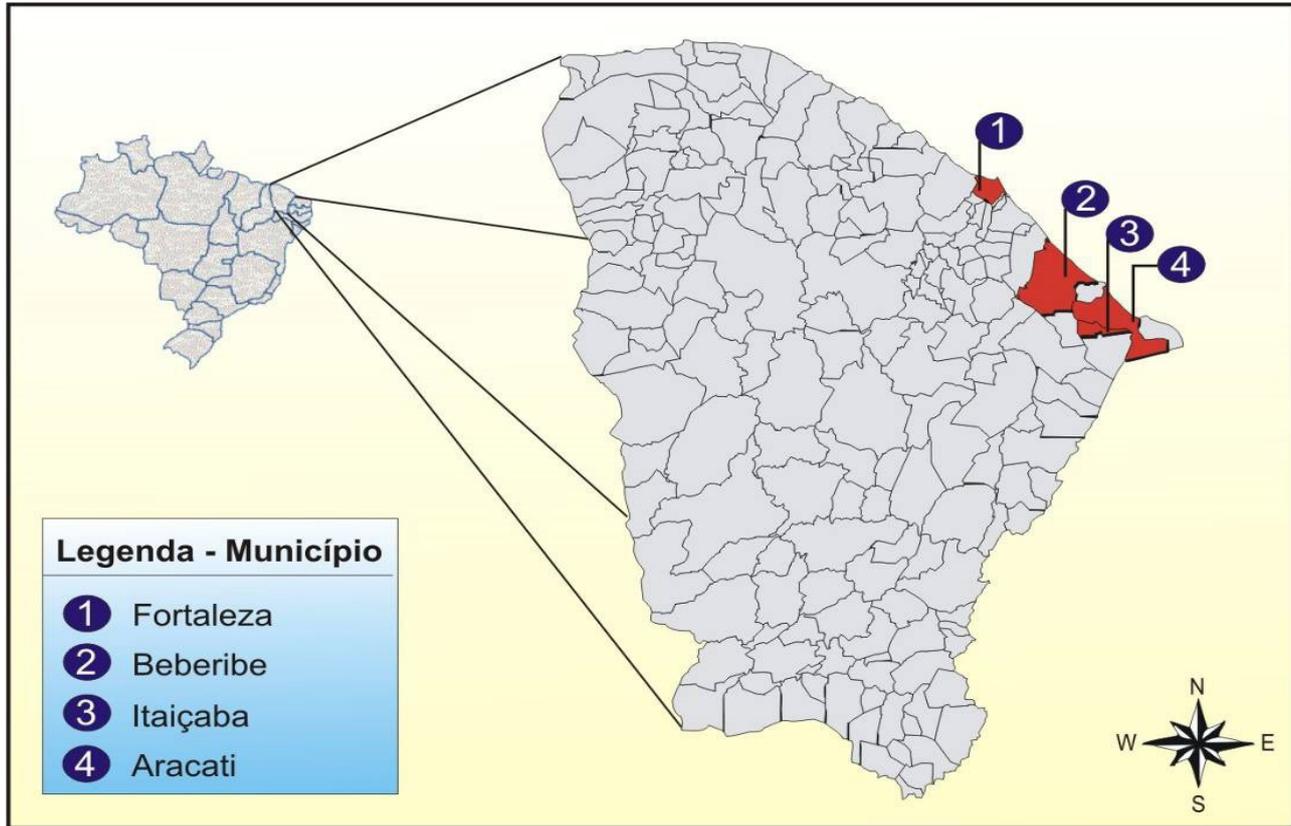


Figura 5. Localização dos municípios selecionados para a pesquisa SODIS, no Estado do Ceará

A escolha das comunidades beneficiadas considerou seu perfil de saneamento ambiental, no contexto estadual. Mapeando os dados levantados pelo Censo de 2000, realizado pelo IBGE, verificou-se que os municípios localizados no nordeste do Ceará apresentavam maior carência quanto aos serviços básicos de saneamento. Considerou-se, também, a existência de trabalhos assistencialistas nas comunidades selecionadas, promovidos por Organizações não-Governamentais (CEARAH Periferia, Cáritas Arquidiocesana e Instituto Terramar) além de outras associações, como a Associação dos Amigos da Prainha do Canto Verde. Portanto, as comunidades selecionadas foram: Prainha do Canto Verde, em Beberibe (Figura 6A); Cidade de Deus, em Fortaleza (Figura 6B); Camurim, em Itaiçaba (Figura 6C) e Nova Esperança, em Aracati (Figura 6D).



Figura 6. Municípios selecionados para a pesquisa SODIS no Estado do Ceará Prainha do Canto Verde, em Beberibe (A); Cidade de Deus, em Fortaleza (B); Camurim, em Itaíçaba (C) e Nova Esperança, em Aracati (D)

Para a transferência da técnica do SODIS às comunidades, foi adotada e adaptada a metodologia proposta pela Fundación SODIS da Bolívia, baseada no princípio básico de que a iniciativa de tratar a água e melhorar a saúde parta de uma decisão da própria comunidade após perceber e ser informada sobre os problemas locais associados com a qualidade da água, identificados previamente.

A partir de oficinas de sensibilização, motivação e capacitação, foram transmitidas informações básicas sobre desinfecção de água e sua importância para a saúde. Diversos setores da comunidade, como escolas e associações locais, foram envolvidos no processo de difusão e promoção dessa tecnologia atentando sempre para o fato de comunicar aos líderes, associações e responsáveis pelo posto de saúde local antes de iniciar qualquer atividade junto à comunidade. A etapa de capacitação desses diversos setores foi a fase mais duradoura de implementação da tecnologia pois, para cada grupo (professores de escolas, multiplicadores, profissionais de saúde e famílias), existe uma metodologia diferenciada.

É de conhecimento geral que antes de sugerir tecnologias de saneamento, é preciso vencer preconceitos e esclarecer às comunidades da importância de inserir hábitos de higiene no cotidiano, importância dos hábitos de tratar (desinfetar) a água e dos hábitos de destinar adequadamente os resíduos fecais. Portanto,

trabalhos de sensibilização foram realizados a partir de oficinas participativas com a comunidade, distribuição de cartilhas educativas e parceria com as escolas e postos de saúde.

Dentre o material educativo elaborado se destacam os cartazes de higiene pessoal e ambiental (Figura 7A), cartão turbidímetro (Figura 7B), histórias em quadrinho do SODIS (Figura 7C) e o cartaz calendário explicativo do SODIS (Figura 7D). O cartão turbidímetro é utilizado pelos usuários para indicar se a água a ser desinfetada está apropriada para fazer uso do SODIS quanto ao parâmetro turbidez. Para tanto e com a garrafa cheia de água e posicionada no sentido vertical, o usuário deve colocar o cartão sobre a superfície lateral da garrafa e tentar visualizar a palavra SODIS através da massa líquida. A palavra SODIS foi impressa no cartão com uma tonalidade em que, se o usuário não conseguir visualizar este nome por de trás da garrafa, é um indicativo de que a turbidez da água está acima de 30 uT.

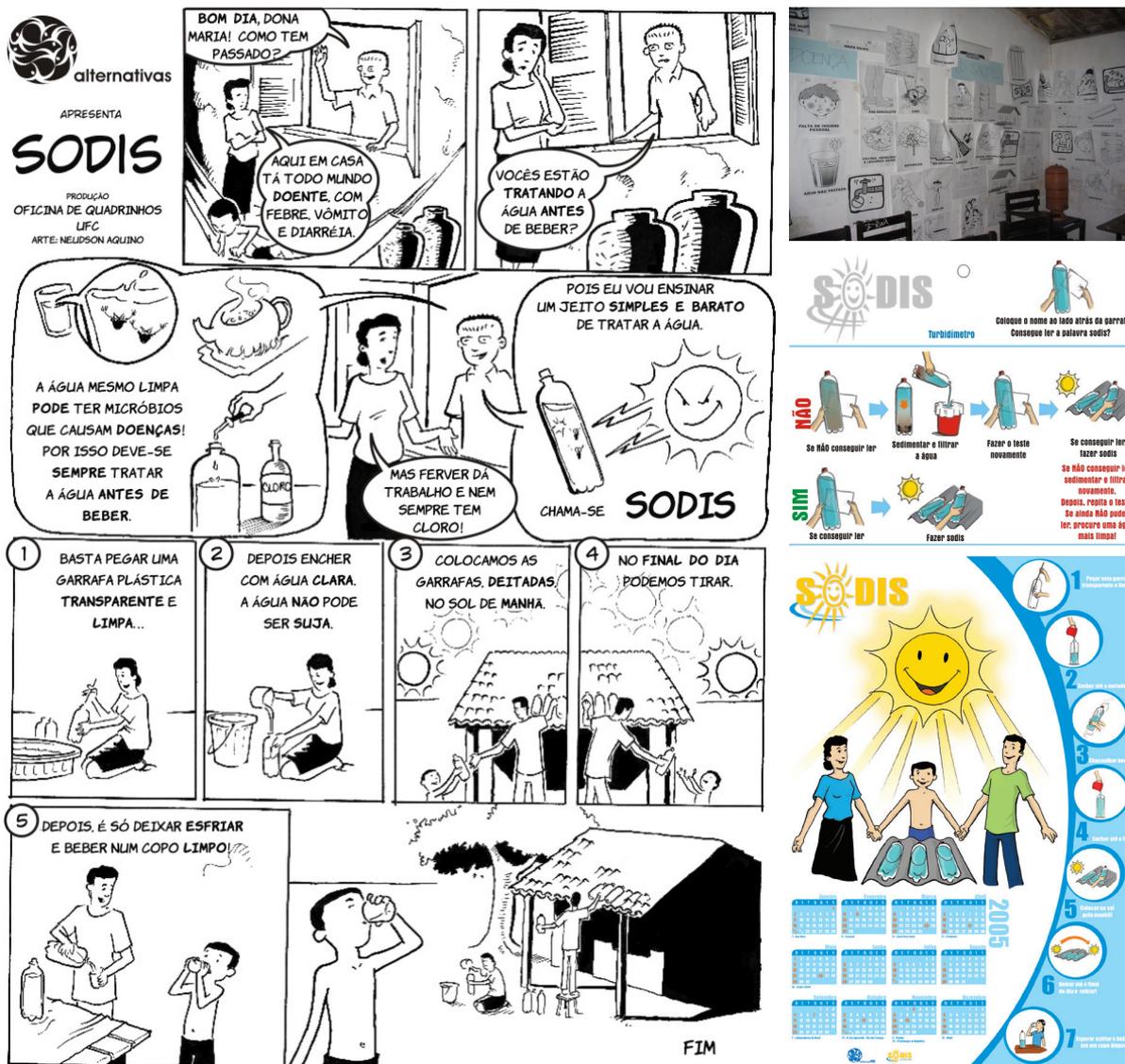


Figura 7. Cartazes de higiene pessoal e ambiental do SODIS

Após a realização das campanhas e o estabelecimento de um contato com as comunidades, com suas lideranças e com os agentes de saúde, foram selecionados grupos de moradores a serem capacitados quanto ao uso da tecnologia proposta (Figura 8). Esses moradores, chamados multiplicadores ou promotores, foram divididos por área e cada um ficou responsável por visitar e acompanhar um grupo de no máximo 15 famílias. Durante os meses de maio a julho de 2005 os multiplicadores visitaram casa a casa repassando, à comunidade, os conhecimentos adquiridos sobre educação sanitária. Acredita-se que a ação dos multiplicadores, integrantes da comunidade local, seja bem mais valorizada pela comunidade.



Figura 8. Oficinas e capacitações sobre métodos seguros de tratamento de água em escala domiciliar nas comunidades Nova Esperança (A e B), Prainha do Canto Verde no Estado do Ceará (C) e Camurim (D)

Cada comunidade correspondeu de forma ímpar quanto à aceitação da tecnologia. Nas comunidades localizadas no interior do Estado, apesar da menor acessibilidade às informações, a tecnologia SODIS e a conscientização quanto à importância de se tratar a água foram facilmente aceitas e bem aplicadas enquanto na comunidade urbana o SODIS não recebeu tamanha adesão devido, provavelmente, ao fato de que, nesta comunidade, os moradores se encontravam mais preocupados com outras questões, como a posse da terra e a construção de suas casas. A questão fundiária é um problema comum em todos os grandes centros urbanos.

Foi possível observar a aceitação do SODIS em mais de 45% das famílias nas comunidades rurais e litorâneas. O despertar para o impasse foi tão proeminente que alguns moradores que nada faziam para tratar a água começaram a fazer uso de dois ou mais métodos de tratamento como, por exemplo, uso do filtro doméstico seguido da técnica SODIS.

Para inferir sobre a sustentabilidade do projeto, ou seja, se o uso desta tecnologia aceita pelos moradores iria ter continuidade e se tornar um hábito de se tratar a água, os usuários do SODIS foram perguntados se iriam continuar a usá-lo. As respostas foram divididas em: com certeza, talvez, acho que não e de jeito nenhum; apenas 6% das famílias na comunidade Camurim, responderam que não iriam continuar a usar o SODIS de forma alguma (Figura 9).

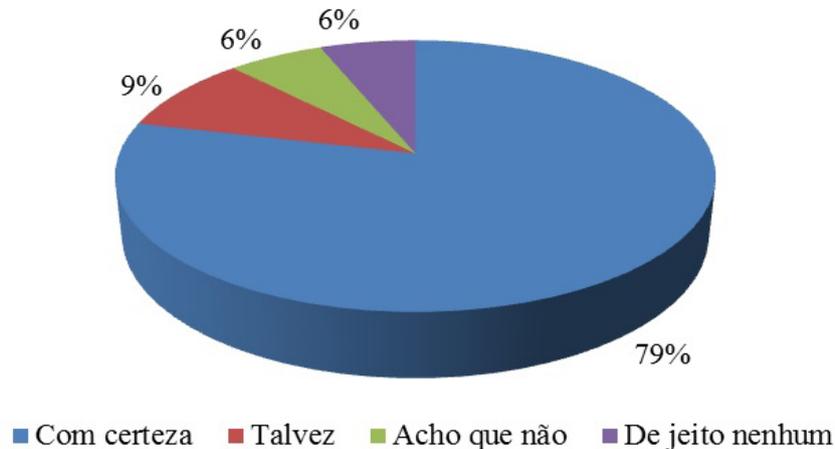


Figura 9. Sustentabilidade do SODIS. Percentual de famílias que responderam se iriam continuar a usar este método de desinfecção

Deve-se ressaltar, sem dúvida, a possível ocorrência de elementos omitidos e/ou alterados por parte dos entrevistados considerando-se sempre que, na possibilidade de um levantamento de dados via entrevista, o entrevistado responderia com o objetivo de agradar ao pesquisador, então, apresentar uma versão positiva dos fatos.

Comparando os casos de doenças diarreicas notificados pelo Posto de Saúde (PSF) do município para a comunidade de Camurim observou-se, no ano seguinte após a implementação da técnica SODIS, uma redução em 50%, ou seja, enquanto em 2004 foram relatados catorze casos, em 2005 foram apenas sete.

### 3.2 Aspectos tecnológicos

O método SODIS foi utilizado regularmente, por mais de 40% das famílias da comunidade rural de Camurim. Além da cobertura das casas (telha de barro) (Figura 10A) a superfície mais utilizada para o manejo do SODIS era a própria cisterna de placa (Figura 10B)



Figura 10. Locais de exposição das garrafas para o manejo do SODIS (A) Telha de barro (B) Cisterna de placa

As análises microbiológicas da água desinfetada pelo SODIS indicaram boa redução na concentração de coliformes termotolerantes. O método foi capaz de inativar concentrações deste indicador acima de  $10^3$  NMP.100mL<sup>-1</sup>, conforme Tabela 5; contudo, pode-se observar que em alguns casos não houve redução e em outros ocorreu aumento da colimetria (amostras Camurim 3, 6, 7, e 9). Como exemplo, na amostra Camurim 3 ocorreu duplicação na concentração de coliformes e na amostra Camurim 6 este aumento chegou a 6 vezes.

Tabela 5. Resultado das análises de coliformes termotolerantes das amostras brutas e tratadas pelo método SODIS

Amostra	Data da coleta	Origem/classificação (cisterna de placa)	Turbidez (uT)	Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)		Eficiência (Unidades log de remoção)
				Água bruta	Água SODIS	
Camurim 1	06/06/2005	Carro pipa	2,2	3000	3000	0
Camurim 2	20/06/2005	Chuva	1,4	130	23	1
Camurim 3	20/06/2005	Carro pipa	1,2	1300	2400	0
Camurim 4	20/06/2005	Chuva	1,2	300	<2	3
Camurim 5	22/06/2005	Carro pipa	0,4	2400	<2	4
Camurim 6	22/06/2005	Chuva	1,3	300	300	0
Camurim 7	22/06/2005	Chuva	1,6	800	800	0
Camurim 8	29/06/2005	Chuva	1,2	130	<2	3
Camurim 9	04/07/2005	Carro pipa	2,3	500	2000	-1
Camurim 10	04/07/2005	Carro pipa	3,1	3000	500	1
Camurim 11	04/07/2005	Chuva	2,6	3000	<2	4
Camurim 12	06/07/2005	Chuva	1,1	13	<2	2
Camurim 13	06/07/2005	Chuva	2,0	11	<2	2

As garrafas SODIS, quando não expostas diretamente à luz solar, podem funcionar como reator biológico gerando a multiplicação bacteriana em condições adequadas de temperatura. A higienização insuficiente dos recipientes também contribui para o aumento da contaminação. Esses dois fatores podem ter sido as principais causas do aumento ou permanência das altas quantidades de coliformes termotolerantes nas amostras de água tratada.

Como exemplo, verificou-se que algumas famílias estavam expondo as garrafas em locais sombreados durante o pico de insolação. As garrafas eram expostas sobre superfícies que recebiam a radiação solar no período da manhã, bem cedo, antes das 09h00 min. Contudo, obstáculos próximos, como árvores, muros ou qualquer outra edificação, geravam sombra no horário de maior insolação, a partir das 11h00 min da manhã (Figura 11). Sem perceber que as garrafas não foram expostas diretamente ao sol, no fim da tarde, após as 17h00 min, as garrafas eram retiradas pelos usuários e a água era, então, consumida.



Figura 11. Manejo do SODIS equivocado: garrafas expostas em locais sombreados

Ressalta-se que esses problemas são devidos ao uso inadequado da tecnologia considerando-se que as garrafas foram expostas em locais sombreados. Segundo SODIS (2003e) o equívoco mais frequente cometido pelos usuários do método é a exposição das garrafas em locais inapropriados, sombreados por árvores ou casas.

Destaca-se, ainda, a elevada contaminação das águas das cisternas de placas e o baixo valor de turbidez das amostras. As águas de chuva armazenadas nesses reservatórios não estavam isentas da contaminação fecal, haja vista que o manejo da água estava sendo feito de forma incorreta, cujos moradores utilizavam baldes para a coleta da água e, em alguns casos, as primeiras águas de chuva eram armazenadas (amostras Camurim 2, 4, 6, 7, 8 e 11, Tabela 5).

A maior contaminação foi, no entanto, verificada nas águas fornecidas por meio dos carros-pipa disponibilizados pela prefeitura municipal. A concentração média de coliformes termotolerantes das cisternas abastecidas pelo carro-pipa, foi de  $2,3 \times 10^3$  NMP.  $100\text{mL}^{-1}$  (amostras Camurim 1, 3, 5, 9 e 10, Tabela 5).

### 3.3 Aprimoramento do SODIS

O elevado poder de inativação de microrganismos através da desinfecção solar, vem motivando diversos pesquisadores na busca de um aprimoramento do método SODIS. Os principais objetivos das pesquisas até então realizadas foram: acelerar o processo de desinfecção, aumentar a capacidade de produção e/ou promover uma desinfecção mais segura em menor intervalo de tempo.

Destacam-se, dentre os vários processos, a fotocatalise heterogênea, os reatores de fluxo contínuo e os concentradores parabólicos de energia solar. A fotocatalise heterogênea é a aceleração da fotorreacção com a presença de um catalisador.

Os principais semicondutores já investigados são o  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . O dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) é o semicondutor mais utilizado no tratamento de água possuindo uma energia de bandgap igual a 3,2ev e vantagens como o baixo custo, a insolubilidade em água, a estabilidade química em ampla faixa de pH, a possibilidade de imobilização sobre sólidos e a fotoestabilidade.

Pesquisas recentes indicaram uma considerável redução de tempo e otimização do processo por meio dos concentradores solares. Utilizando vazões de 2 a  $10\text{L min}^{-1}$ , tubos de vidro e superfícies parabólicas para concentrar energia, os reatores de fluxo contínuo são capazes de reduzir de  $10^2$  para 0 UFC/mL em menos de 30 minutos (Pansonato et al., 2011)

Outras pesquisas explicam que a inativação dos microrganismos é maior em sistemas estáticos (em batelada) que em sistemas de fluxo contínuo uma vez que a eficiência de inativação depende mais da dose de radiação UV do que mesmo da irradiação UV (Ubomba-Jaswa et al., 2009).

A plataforma solar de Almeria, na Espanha, é o palco principal de pesquisas e testes com reatores de fluxo contínuo e concentradores parabólicos de energia solar. Ubomba-Jaswa et al.(2010) desenvolveram neste centro de pesquisa um reator em batelada com capacidade de 25 litros para desinfecção da água com tempo de detenção igual ou superior a 6 horas (Figura 12). A proposta deste reator é eliminar a necessidade do uso constante de garrafas PET além de evitar o uso do fluxo contínuo tendo em vista que outras pesquisas anteriores indicaram que quanto maior o fluxo de água nos sistemas contínuos menor é a eficiência de inativação. Os resultados com este reator foram bem satisfatórios.

Apesar dos resultados promissores, principalmente com os concentradores parabólicos (Figura 12), a real aplicabilidade dessas tecnologias em campo (escala real) não é tão simples. Por exemplo, se os parâmetros operacionais do reator forem estabelecidos de forma que os microrganismos patogênicos sejam expostos repetidamente a subdoses de radiação seguido de um período em que a célula seja capaz de se recuperar ou reativar a inativação completa não será alcançada (McGuiga et al., 2012).

Além de aspectos técnicos de dose de radiação por tempo de inativação, outras questões de âmbito financeiro devem ser consideradas na hipótese de se utilizar reatores de fluxo contínuo e concentradores parabólicos. O custo de implantação e operação e a acessibilidade dos materiais do reator em áreas remotas devem ser considerados antes de se optar por esta tecnologia.



Figura 12. Reator em batelada com capacidade de 25 L para desinfecção da água.

Fonte: McGuigan et al. (2012)

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É indiscutível a melhora sanitária da água quando se faz uso do SODIS. Ensaio laboratoriais e de campo têm mostrado que o SODIS é eficiente na inativação de quase todos os tipos de microrganismos causadores de doenças de veiculação hídrica e que este método foi capaz de reduzir significativamente os casos de diarreia em seus usuários regulares.

Segundo Mc Guigan et al. (2012), o SODIS não pode ser considerado uma solução universal para o problema da dificuldade de acesso à água segura para consumo humano. Outros métodos de tratamento de água a nível domiciliar estão disponíveis e são tão eficientes quanto. Contudo, o SODIS, por ser o método mais barato dentre todos, possui forte razão para ser aplicado e disseminado à população mais carente e exposta a uma condição inadequada de saneamento.

Para Clasen et al. (2007) o SODIS, além de evitar a transmissão de doenças gastrointestinais, é capaz de promover um ganho financeiro familiar das seguintes formas: redução dos custos com combustível para ferver água, redução da morbidade, proporcionando disposição para o trabalho e redução dos custos associados às doenças, como obtenção de remédios, soluções de hidratação oral, transporte para os centros médicos etc.

Atualmente, cerca de 4,5 milhões de pessoas utilizam regularmente o SODIS como método de desinfecção em mais de 50 diferentes países, como mostrado na Figura 13.

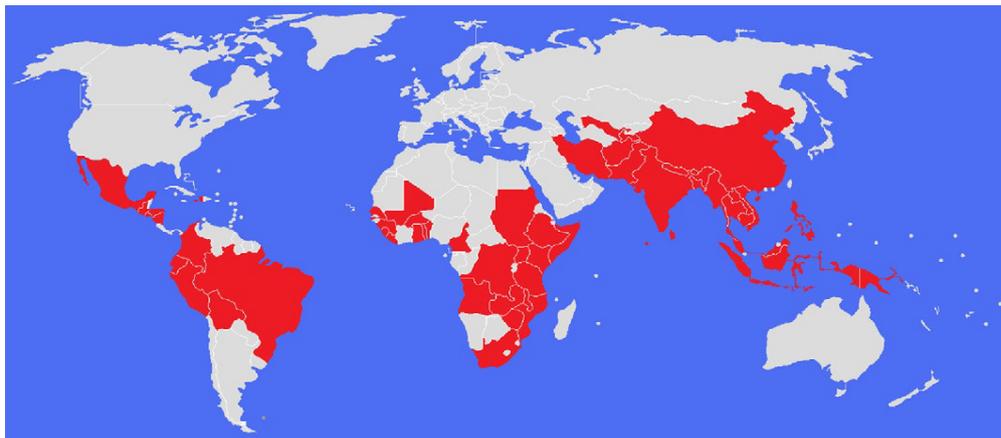


Figura 13. Mapa do mundo indicando os 55 países em que o SODIS é utilizado (2009)

Fonte: Meierhofer & Fandolt (2009)

Considerando a exposição inadequada das garrafas em locais sombreados realizada pelos usuários SODIS no estado do Ceará, ratifica-se o fato de que o uso de uma tecnologia por mais simples que seja, requer treinamento e acompanhamento adequados para corrigir possíveis problemas encontrados.

O método de desinfecção SODIS, por sua simplicidade e baixo custo, pode ser considerado sustentável e se torna habitualmente praticável em áreas carentes de saneamento adequado, principalmente na área rural, podendo ser replicado nas famílias abastecidas por água de chuva uma vez que sua qualidade físico-química é adequada com valores de turbidez abaixo de 30 uT.

O SODIS não é proposto para substituir qualquer método de desinfecção caseira e, sim, a somar, tentando prover uma água livre de microrganismos patogênicos, àquelas pessoas que não utilizam como, por exemplo, o cloro, devido à escassez de distribuição.

Deve-se salientar, no âmbito social, que qualquer projeto de intervenção na área de tratamento de água a nível domiciliar deverá ter, como princípio norteador, a participação direta da comunidade no processo de divulgação. Supõe-se que a atribuição do papel de capacitadores e multiplicadores das tecnologias aos próprios membros da comunidade, facilitará a aceitação dos métodos propostos. Com esta metodologia participativa as soluções para o problema do consumo de água imprópria sanitariamente não serão impostas pois seu uso será incentivado pelos próprios moradores. As famílias, ao virem seus vizinhos, amigos ou parentes, colhendo os benefícios do SODIS, serão estimuladas a inserir tecnologias de desinfecção de água em suas vidas.

A educação é um instrumento indispensável para a sustentabilidade; não se pode ter boa qualidade de vida omisso às informações básicas a respeito de práticas essenciais para a saúde.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acra, A.; Raffoul, Z.; Karahagopian, Y. Solar disinfection of drinking water and oral rehydration solution-guidelines for households application in developing countries. Department of Environmental Health. Beirut: American University of Beirut. UNICEF, 1984. 56p.
- Blackburn, D.; Retamal, Y.; Lima, M.; Jalfim, F.; Viana, A.; Junior, M. Avaliação da contaminação microbiológica de água para consumo doméstico na região de atuação da Diaconia no semiárido nordestino. In: Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva, 5, 2005, Teresina. Anais... Teresina: ABCMAC, 2005. CD-Rom.
- Botto, N. L. P.; Iviota, F. S. B.; Ceballos, B. S. O. Efeito da oxigenação por agitação manual da água na eficiência de inativação de coliformes termotolerantes utilizando luz solar para desinfecção em batelada. Revista Engenharia Sanitária Ambiental. v.14, p.347-352, 2009.
- Boyle, M. A.; Sichel, C.; Fernandez-Ibanez, P.; Arias-Quiroz, G. B.; Iriarte-Puna, M.; McGuigan, K. G. Identifying the bactericidal limits of Solar Disinfection (SODIS) of water under real sunlight conditions, Applied Environmental Microbiology, v.74, p.2997-3001, 2008.
- Brandão, C. C. S.; Monteiro, P. C. G.; Fonseca, B. M.; Arantes, C. Avaliação da desinfecção solar na Região Centro-Oeste do Brasil usando diferentes organismos indicadores de contaminação. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitaria e Ambiental, 27, 2000, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 2000. CD Rom.
- Burch J. D., Thomas K. E. Water disinfection for developing countries and potential for solar thermal pasteurization. Solar Energy, v.64, p.87-97, 1998.
- Caslake, L. F.; Conolly, D. J.; Menon, V.; Duncanson, C. M.; Rojas, R.; Tavakoli, J. Disinfection of contaminated water by using solar irradiation. Applied and Environmental Microbiology, v.70, p.1145-1150, 2004.
- Ceballos, B. S. O.; Sousa, A. A. P., Konig, A. Avaliação de três métodos simples de eliminação de bactérias fecais. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27, 1993, Natal. Anais... Natal: ABES, 1993. CD Rom.
- Clasen, T.; Cairncross, S.; Haller, L.; Bartram, J.; Walker, D. Cost-effectiveness of water quality interventions for preventing diarrhoeal disease in developing countries. Journal Water Health, v.5, p.599-608, 2007.
- Curtis, T. P.; Mara, D. D.; Silva, S. A. Influence of pH, oxygen and humic substances on ability of sunlight to damage fecal coliform in waste stabilization pond water. Applied and Environmental Microbiology, v.58, p.1335-1343, 1992.
- EAWAG/SANDEC - Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. Desinfección solar del Agua - Guía de aplicación, Cochabamba: EAWAG/SANDEC 2005. 80p.

- Gordon, G.; Adam, L.; Bubnis, B. Minimizing chlorate ion formation. *Journal American Water Works Association*, v.87, p.97-106. 1995.
- Gourmelon, M.; Cillard, J.; Pommepuy, M. Visible-light damage to *Escherichia coli* in seawater - oxidative stress hypothesis. *Journal of Applied Bacteriology*. v.77, p.105-112, 1994.
- Heaselgrave, W.; Kilvington, S. The efficacy of simulated solar disinfection (SODIS) against *Ascaris*, *Giardia*, *Acanthamoeba*, *Naegleria*, *Entamoeba* and *Cryptosporidium*. *Acta Tropical*, v.119, 138-143, 2011.
- Helmreich, B.; Horn, H. Opportunities in rainwater harvesting. *Desalination*, v.248, p. 118-124, 2009.
- Hinrichs, R. A.; Kleinbach, M. *Energia e meio ambiente*. Tradução da 33.ed, norte-americana. São Paulo: Thomson, 2003. 543p.
- Hobbins, M.; Mausezah, I. D.; Tanner, M. Home-based drinking water purification: The SODIS health study. *Journal of Water Supply: Research and Technology- AQUA*, v.56, p.245-252, 2003.
- Kehoe, S. C.; Joyce, T. M.; Ibrahim, P.; Gillespie, J. B.; Shahar, R. A.; McGuigan, K. G. Effect of agitation, Turbidity, aluminum foil reflectors and container volume on the inactivation efficiency of batch-process solar disinfectors. *Water Research*, v.35, p.1061-1065, 2001.
- Lantagne, D.; Quick, R. E.; Mintz, E. Household water treatment and safe storage options in developing countries: A review of current implementation practices. Washington: Woodrow Wilson International Center for Scholars. Environmental Change and Security Program. 2006. 22p.
- Lonnen, J.; Kilvington, S.; Kehoe, S. C.; Al-Touati, F.; McGuigan, K. G. Solar and photocatalytic disinfection of protozoan, fungal and bacterial microbes in drinking water. *Water Resource.*, v. 39, p.877-883. 2008.
- McGuigan, K. G.; Conroy, R. M.; Mosler, H-J.; Preez, M.; Ubomba-Jaswa, E. Fernancez-Ibanez, P. Solar water disinfection (SODIS): A review from bench-top to roof-top. *Journal of Hazardous Materials*, v.235-236, p.29-46, 2012.
- Meierhofer, R.; Landolt, G. Factors supporting the sustained use of solar water disinfection: experiences from a global promotion and dissemination programme, *Desalination*, v.248, p.144-151, 2009.
- Mercado, A. Romero, A.M.; Coronado, O. Desinfección solar del agua em Bolivia: Proyecto piloto sacabamba y difusión inicial (1996-2000). *Desinfección solar del agua, de la investigación a la aplicación*. Centro de Aguas y Saneamiento Ambiental - Facultad de Ciencias y Tecnología, v.1, p.59-64, 2005.
- Meyer, V.; Reed, R. H. SOLAIR disinfection of coliform bacteria in hand-drawn drinking water. *Water SA*. v.27, 2001. <http://www.wrc.org.za>. 13 Mai. 2005.
- Mintz, E.; Bartram, J.; Lochery, P.; Wegelin, M. Not just a drop in the bucket: expanding access to point-of-use water treatment systems. *American Journal of Public Health*, v.91, p.1565-1570. 2001.
- Montagner, C. C.; Paschoalino, M. P.; Jardim, W. F. Caderno temático volume 4 - Aplicação da fotocatalise heterogênea na desinfecção de água e ar. Campinas: UNICAMP, 2005. 17p.
- Monteiro, P.; Brandao, C.; Souza, M.A. Viabilidade do uso da radiação solar na desinfecção da água. Brasília, 2002. [http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/CD\\_Agua/pdf/por/doc14605/doc14605.pdf](http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/CD_Agua/pdf/por/doc14605/doc14605.pdf). 8 Jun. 2004.
- Naddeo, V.; Scannapieco, D.; Belgiorno, V. Enhanced drinking water supply through harvested rainwater treatment. *Journal of Hydrology*, v.498, p.2987- 2991, 2013.
- Pansonato, N.; Afonso, M. V.; Salles, C\_A.; Boncz, M. A.; Paulo, P.L. Solar disinfection for the post-treatment of grey water by means of a continuous flow reactor, *Water Science Technology*, v.64, p.1178-1185, 2011.
- Philippi Jr., A. Saneamento, saúde e ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, 2005. 842p.
- PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Processos de desinfecção alternativos na produção de água potável. Rio de Janeiro: ABES. 2001. 139p.

- Reed, R. H. Innovations in solar water treatment. In: WEDC Conference Water and Sanitation for all: Partnerships and Innovations, 23, 1997 Durban, South Africa, 1997. <http://www.lboro.ac.uk/departments/cv/wedc/papers/23/groupd/reed.pdf>. 11 Mai. 2005.
- Schmid, P.; Kohler, M.; Meierhofer, R.; Luzi, S.; Wegelin, M. Does the reuse of PET bottles during solar water disinfection pose a health risk due to the migration of plasticisers and other chemicals into the water? *Water Resource*. v.42, p.5054-5060, 2008.
- Sobsey, M. Managing water in the home: accelerated health gains from improved water supply. *World Health Organization* C-ineeva, Suica. 2002. [http://whqlibdoc.who.int/hq/2002/WHO\\_SDE\\_WSH\\_02.07.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2002/WHO_SDE_WSH_02.07.pdf). 27 Dez. 2005.
- SODIS - Solar Water Disinfection. Climatic conditions: Seasonal effects and weather changes, Technical Note #6, 2003. 2005a. <http://www.sodis.ch>. 13 Mai 2005.
- SODIS - Solar Water Disinfection. Climatic conditions: Solar radiation, Technical Note #5, 2003. 2005b. <http://www.sodis.ch>. 13 Mai 2005.
- SODIS - Solar Water Disinfection. SODIS efficiency: The process, Technical Note #9, 2003. 2005c. <http://www.sodis.ch>. 13 Mai 2005.
- SODIS - Solar Water Disinfection. Water quality: Turbidity and water depth, Technical Note #7, 2003. 2005d. <http://www.sodis.ch>. 13 Mai. 2005.
- SODIS - Solar Water Disinfection. SODIS use: Application procedure, Technical Note #13, 2003. 2005e. <http://www.sodis.ch>. 13 Mai. 2005.
- Sommer, B.; Marino, A.; Solarte, Y; Salas, M.; Dierolf, C.; Valiente, C.; Mora, D.; Rechsteiner, R.; Setter, P.; Wirojanagud, W.; Alarmed, H.; Al-Hassan, A.; Wegelin, M. SODIS - an emerging water treatment process. *Journal of Water Supply: Research and Technology - Aqua*, v.46, p.127-137, 1997.
- Ubomba-Jaswa, E.; Navntoft, C.; Polo-Lopez, M.I.; Fernandez-Ibanez, P.; McGuigan, K.G. Solar disinfection of drinking water (SODIS): an investigation of the effect of UV-A dose on inactivation efficiency, *Photochemical & Photobiological Sciences*. v.8, p.587-595. 2009.
- UN – United Nations. The Millenium development goals report 2012, New York: United Nations, 2012. 59p.
- Vivar, M.; Fuentes, M.; Garcia-Pacheco, R.; Bustamante, I. de. Clean water photovoltaic sensor for solar disinfection in developing countries. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, v.117, p.549-563, 2013.
- Wegelin, M.; Canonica, A.; Alder, A.; Suter, M.; Bucheli, T. D.; Haefliger, O. P.; Zenobi, R.; McGuigan, K. G.; Kelly, MT; Ibrahim, P.; Larroque, M. Does sunlight change the material and content of PET bottles? *Journal of Water Supply: Research and Technology*, v.50, p.125-135, 2001.
- Wegelin, M.; Canonica, S.; Ivlechsner, K.; Fleishmann, T; Pesaro, F.; Metzler, A. Solar water disinfection: scope of the process and analysis of radiation experiments. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, v.43, p.154-159, 1994.
- Wegelin, M.; Meierhofer, R.; Mercado, A.; Saladin, M.; Difusion mundial de la tecnologia de SODIS. *Desinfeccion solar del agua, de la investigaci3n a la aplicacion*. Centro de Aguas y Saneamiento Ambiental - Facultad de Ciencias y Tecnologia, v.1, p 65-70, 2005.
- WHO - World Health Organization. Managing water in the home: Accelerated health gains from improved water supply. Geneva, Suica. [http://whqlibdoc.who.int/hq/2002/WHO\\_SDE\\_WSH\\_02.07.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2002/WHO_SDE_WSH_02.07.pdf). 27 Dez. 2005.
- WHO/UNICEF - World Health Organlzation/United Natlons Chlldren’s FUND-.Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000 Report. Geneva, Suica. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/monitoring/](http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/). 27 Dez. 2005.

WSSC - Water Supply & Sanitation Collaborative Council -WASH - Media Guide for Professionals. Geneva, Suica. 2003. <http://www.wsscc.org/res/publications.php>. 4 Mai. 2005.



# CAPÍTULO 14

## CONFIGURAÇÕES DE TELHADOS PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA EM EDIFICAÇÕES RURAIS

Abdon da Silva Meira Filho  
José Wallace Barbosa do Nascimento  
Vera Lucia Antunes de Lima  
José Pinheiro Lopes Neto

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

# **CONFIGURAÇÕES DE TELHADOS PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA EM EDIFICAÇÕES RURAIS**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	322
<b>2 DESENVOLVIMENTO</b>	324
2.1 Tipologias das residências rurais da região semiárida	324
2.2 Aproveitamento de água de chuva nas edificações do Semiárido brasileiro	326
2.3 Telhados para captação de água de chuva	328
2.4 O telhado e seus componentes	328
2.5 Os telhados do Semiárido brasileiro	329
2.6 Patologia dos sistemas instalados no Semiárido	330
2.6.1 Lista de Requisitos	332
2.6.2 Geração de alternativas	333
2.6.3 Proposta 1	333
2.6.4 Proposta 2	334
2.6.5 Proposta 3	335
2.6.6 Proposta 4	336
2.6.7 Proposta 5	337
<b>3 CALHAS COLETORAS DOS MODELOS PROPOSTOS</b>	338
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	338
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	339

## 1 INTRODUÇÃO

O abastecimento de água no meio rural tem características especiais, uma vez que a população é dispersa; neste cenário são adotados sistemas individuais que, de acordo com a Fundação Nacional de Saúde, FUNASA (1999) ainda são bastante precários; entretanto, a Fundação recomenda investimentos no setor por considerá-lo essencial ao desenvolvimento social e humano do meio rural.

O sistema individual ou unifamiliar de captação de água da chuva que escorre sobre os telhados residenciais, tem desempenhado importante papel no suprimento de água no meio rural para os mais variados usos, especialmente para fins alimentares, apoiado sempre na sustentabilidade ambiental.

No Brasil, embora o Semiárido nordestino seja a região em que mais se empregue esta tecnologia, percebe-se que outras regiões, muitas delas com oferta hídrica bastante elevada, já buscam o uso da técnica para distintas finalidades. Lima et al. (2011) conduziram estudos em 40 cidades da Amazônia Ocidental, circunscritas em uma região com precipitação média anual em torno de 2.002 mm e concluíram que a média do potencial de economia de água potável estimado para as 40 cidades, é de 76%, variando entre 21 e 100% dependendo essencialmente do consumo e da área total do telhado.

Para Bertolo (2006), a captação da água de chuva não é apenas uma medida de conservação de água, mas também de economia de recursos. Com esta alternativa a demanda energética para operar um sistema de água centralizado é reduzida, pois o escoamento superficial, que, em geral, concentra poluentes, é transformado em água disponível para satisfazer alguns consumos.

Até mesmo no ambiente urbano, onde se abandonara esta prática em razão da expansão dos sistemas de abastecimento público, assiste-se a um retorno da valorização desta técnica no âmbito da “renaturalização do ciclo urbano da água, da conservação dos recursos hídricos e da procura de soluções mais sustentáveis”, de acordo com Oliveira (2008).

Hagemann (2009) ressalta que em grandes centros urbanos, como São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba e Porto Alegre, têm sido editadas leis específicas obrigando a coleta da água de chuva, considerando o fato de que a retenção dessas águas contribui para o controle de inundações, em casos de precipitações intensas, em função dos altos índices de impermeabilização do solo nessas áreas.

Alguns novos empreendimentos passaram a ser obrigados a coletar a água pluvial, não apenas para reduzir o pico de cheias, mas também visando à sua utilização para fins não potáveis (Xavier, 2010).

No Brasil, os exemplos mais recentes são as obras de construção e reformas de arenas esportivas cujos projetos contemplam o aproveitamento da água da chuva que escorrem das imensas coberturas dessas edificações, para posterior uso em limpeza geral e descargas sanitárias.

Andrade Neto (2012) destaca que o uso de cisternas para captação e armazenamento de água de chuva para consumo doméstico é uma prática milenar em várias regiões do mundo e atualmente tem merecido maior interesse e ampla aplicação; o autor afirma, ainda, que “apesar de milenar, a tecnologia continua moderna, quando incorpora novos conceitos, materiais, técnicas construtivas, segurança sanitária e melhor aproveitamento”.

Observa-se que a cada dia têm surgido novas oportunidades de se desenvolver soluções de projeto em relação às edificações rurais que maximizem o aproveitamento dos recursos naturais empregando-se tecnologias alternativas, a exemplo do uso de energia solar, eólica ou hidráulica, reúso de águas residuais, transformação de resíduos orgânicos em biogás etc.

À vista disto, a instalação de sistemas de aproveitamento de água de chuva mais eficientes, como comprometimento da qualidade, dos aspectos estéticos, desempenho e melhor relação custo/benefício, se

reveste de maior importância despertando maior interesse por parte da população.

Neste contexto, o “design” surge como instrumento de conexão no campo das tecnologias limpas, com aquilo que é necessário para o uso racional dos recursos naturais, como explicam Silva et al. (2009).

Para Bistagnino (2009), o desafio é tornar sustentável a vida cotidiana. São necessárias a aprendizagem social e a mudança de comportamentos e compartilhamento com novos estilos de vida. Nesta perspectiva o design sistêmico tem, por finalidade, desenvolver produtos e serviços com valor adjunto que contribua para a sustentabilidade econômica e socioambiental.

As configurações de sistemas de captação de água de chuva propostos neste trabalho se baseiam no atendimento das necessidades e solicitações de convivência com as peculiaridades do ambiente semiárido, especialmente em relação ao aproveitamento de águas de chuva requerendo, porém, novos procedimentos de projetos, ou seja, novos paradigmas construtivos com relação ao espaço habitado e a nova consciência de uso.

Em outra dimensão, este trabalho visa a investigar a contribuição do “design” na convivência harmoniosa no meio rural do Semiárido, a partir da interdisciplinaridade com a área de construções rurais em que resultem recomendações técnico-construtivas para novas habitações rurais da região, priorizando o aproveitamento da água de chuva;

Ele pretende, também, apresentar os problemas mais comuns observados nos sistemas de aproveitamento de água de chuva instalados no Semiárido brasileiro, além de alternativas de soluções respectivas; especificamente, objetiva ainda apresentar propostas de configurações de telhados, cujos desenhos foram desenvolvidos com a finalidade de captar água de chuva de forma eficiente.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Tipologias das residências rurais da região semiárida

Mesmo que o foco deste trabalho seja a configuração de telhados relacionada à captação de água de chuva, considera-se oportuno abordar alguns aspectos arquitetônicos das edificações que lhes servem de apoio, visto que a forma de uma cobertura está intimamente associada à forma da edificação.

O processo histórico econômico do Nordeste brasileiro sofreu várias modificações no decorrer dos anos, desenvolvendo atividades produtivas relacionadas ao criatório e à agricultura, tais como: a pecuária bovina e caprina e monoculturas do algodão, a cana-de-açúcar, o agave e a mandioca, entre outras. Essas diversas atividades contribuíram não apenas na acumulação de capital mas também nas sucessivas reordenações do espaço agropecuário e na produção arquitetônica urbana e rural encontradas até os dias atuais (Passos & Pedrosa 2000; Araújo & Miguel, 2008; Diniz, 2009).

Estudando as edificações rurais mais expressivas de diversas épocas de construção situadas no Cariri Paraibano, Passos & Pedrosa (2000) afirmam que as edificações analisadas apresentam a cobertura em duas águas, com a cumeeira paralela à fachada principal, ou seja, caimento das águas voltado para as fachadas frontal e posterior do edifício; verifica-se, algumas vezes, a ocorrência de cobertas geminadas.

Em geral, as residências rurais do Semiárido brasileiro são constituídas de um único volume encerrado pelas paredes externas e cobertura ou telhado; esta mesma tipologia é descrita por Diniz (2009) resultado de uma pesquisa realizada em 62 fazendas no Seridó do Rio Grande do Norte.

Passos & Pedrosa (2000) salientam que este modelo de cobertura tem ângulos de inclinação acentuada e que não possui beirais nas fachadas laterais e têm terminação simples, com os caibros aparentes ao encerrar o caimento das águas posterior e frontal que muitas vezes se prolongam nos alpendres; esta tipologia, de acordo com Araújo & Miguel (2008), resulta da adaptação da arquitetura vernácula portuguesa durante o processo de colonização, às condições locais e trabalhando com os materiais disponíveis no meio ambiente. No processo de urbanização e esses mesmos pesquisadores, os portugueses aproveitaram a experiência nativa e adaptaram os sistemas construtivos e os programas arquitetônicos lusitanos às condições sociais e ambientais em que viviam; enfim, a arquitetura sertaneja estava coerente com o modo de vida local em convívio com as dificuldades climáticas e geográficas da caatinga.

Desta forma, os autores destacam que as casas de fazenda do Sertão nordestino compartilham elementos formais com outros exemplares nas outras regiões, mas a adaptabilidade – ponto central na arquitetura vernácula rural – auxilia na busca de soluções para o calor, a insolação e a vivência coletiva, elementos do cotidiano dos grupos colonizadores desde o século XVIII.

Duarte Júnior (2009) narra, estudando como os modelos arquitetônicos e urbanísticos lusitanos se adequaram ao clima da região semiárida no estado do Ceará, colonizado do sertão para o litoral a partir do início do século XVIII e tendo como base a economia do couro e do charque, que a formulação arquitetônica e a construtiva das edificações cearenses do Setecentos se caracterizam por uma arquitetura vernácula, mestiça, encontrada tanto no sertão quanto no litoral, intimamente relacionada com o meio físico em todos os sentidos, elaborada a partir de curiosas e eficazes improvisações técnicas.

Essas improvisações refletem a criatividade do habitante rural do Semiárido em solucionar problemas construtivos em uma região na qual, via de regra, não se dispõe de tantos recursos tecnológicos convencionais como em centros urbanos mais desenvolvidos.

A arquitetura praticada no espaço rural do Semiárido nordestino engloba desde casarões de fazendas (Figura 1), com seus grandes telhados, até casebres erguidos à base de técnicas vernáculas, com telhados tão pequenos e irregulares que são inviáveis à prática da captação de água, conforme observado na Figura 2.



Figura 1. Casarão de fazenda em São Mamede -PB  
Foto: John Medcraft



Figura 2. Casebre de taipa com telhado pequeno e deformado

De modo geral, os telhados das edificações rurais do Semiárido brasileiro (SAB) são apropriados para a captação de água de chuva, de acordo com estudo realizado em 22 comunidades rurais dos sertões do Pajeú-PE e Médio Oeste do Rio Grande do Norte, apresentados por Jalfim (2001).

De conformidade com os dados do estudo, passíveis de serem considerados representativos para a questão no Semiárido, como um todo, a área média dos telhados é de 84m<sup>2</sup> e mais da metade das residências tem 75 m<sup>2</sup> de telhado; no outro extremo um número reduzido de residências (4%) tem telhados muito pequenos, abaixo de 40 m<sup>2</sup>.

Tinoco (2007) faz um apanhado histórico dos telhados tradicionais no Brasil estudando suas patologias, causas e efeitos, indicando procedimentos de montagem e manutenção de telhados, especialmente com telhas cerâmicas tipo colonial, ou capa e canal, como denomina a norma. O mesmo autor destaca que essa telha apresenta excelentes qualidades, citando casos do seu emprego em edificações seculares mantendo, até hoje, suas características.

É este tipo de telha que predomina nas coberturas do SAB, com boa relação custo benefício, pois atende as especificações de projeto em relação a conforto ambiental e funcionalidade de forma satisfatória com baixo custo em decorrência da grande oferta do produto que são fabricadas em olarias da própria região.

## 2.2 Aproveitamento de água de chuva nas edificações do Semiárido brasileiro

O Semiárido brasileiro, é integrado por 1.135 municípios; nesta região reside uma população urbana de 14.003.118 habitantes e uma população rural de 8.595.200 habitantes, parcela mais vulnerável aos efeitos da seca locais (INSA, 2012).

Segundo dados da Articulação do Semiárido – ASA (2012), atualmente 67% das famílias rurais nos estados que compõem o espaço geográfico do SAB não possuem acesso à rede geral de abastecimento de água sendo que 43% utilizam poços ou nascentes e 24% utilizam outras formas de acessar a água.

A intervenção governamental foi decisiva para a ocupação e formação econômica do SAB. Com a consolidação da sua ocupação as decisões políticas se voltaram para a formulação e implementação de programas e projetos governamentais com a finalidade explícita de enfrentamento da seca (Silva, 2006).

A captação de água de chuva em residências não foi, conforme assegura Carvalho (2010), considerada nesse enfrentamento como tecnologia utilizada para atender às populações de pequenas cidades e do meio rural, especialmente as mais interioranas e difusas do País; ao contrário, as políticas hídricas estatais se centraram em grandes açudes e barragens.

Apesar disto, Silva (2006) informa que, na maioria das vezes, as obras hidráulicas para armazenamento e abastecimento e para grandes projetos de irrigação, são planejadas e executadas desconsiderando-se os impactos ambientais e os interesses sociais da população sertaneja, isto é:

Expressa um método mecanicista de análise, que fragmenta e simplifica a realidade desconhecendo a integridade, a inteireza e as interconectividades dos ecossistemas e dos sistemas sociais e culturais. Além disto, a generalização de soluções muitas vezes concorre para a perpetuação de problemas de ordem ecológica, social e econômica. O pensamento crítico sobre política de combate à seca também é uma crítica à crença nas soluções tecnológicas descontextualizadas (Silva, 2006)

Oliveira (2008) enfatiza que, se por parte do Estado não havia interesse de investir em pequenas obras para gerar segurança hídrica no Semiárido, por sua vez a população também não via, na cisterna, um instrumento seguro de suprimento de água nos períodos secos; algumas iniciativas governamentais aconteceram para a

construção de cisternas, mas elas esbarravam no despreparo da população, que utilizava a água para atender a todo tipo de consumo.

Conforme Silva (2007) ampliou-se, quando do processo de redemocratização da sociedade brasileira, a partir da década de 80, a participação da sociedade civil na busca de Desenhos para o desenvolvimento do SAB. Por esta via, organizações da sociedade civil e algumas instituições públicas de pesquisa e extensão passaram a formular propostas e a realizar projetos com base na ideia de que é possível e necessário conviver com as adversidades dessa região.

Algumas iniciativas geraram, como a adoção de tecnologias de captação e armazenamento de água de chuva, o manejo sustentado da caatinga, práticas de agroecologia e a educação contextualizada, entre outras, novos referenciais para essa convivência; tal mudança é marcada, como constata Carvalho (2008), pela transição de paradigmas-o técnico-científico para o ambiental:

Em outro/novo propósito de políticas públicas trilha a convivência, apresentando e provocando ações e intervenções de impacto social, contextualizadas com as características geoambientais e socioculturais dos povos, validando a relação do sertanejo com a natureza semiárida (Carvalho, 2008)

É com este propósito que se desenvolve o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) concebido em 2001 pela ASA – Articulação no Semiárido Brasileiro, rede de organizações da sociedade civil e organizações comunitárias de base com atuação no Semiárido brasileiro tem, como meta, “garantir, a todas as famílias rurais da porção semiárida do Nordeste brasileiro, o acesso à água adequada ao consumo humano, via formação, mobilização social e construção de cisternas de placas” (Brito et al., 2007). O P1MC foi incluído em 2003 na política governamental do Programa Fome Zero, tendo como fontes de recursos o Governo Federal, a Organização das Nações Unidas (ONU), a Federação Brasileira de Bancos (FEBRABAN) e várias organizações estrangeiras.

Carvalho (2012) informa, apresentando dados da ASABRASIL (2010) que até março de 2010 foi construído, pelo P1MC o total de 288.439 cisternas nos onze Estados do Semiárido brasileiro; considerando que a capacidade de cada uma dessas cisternas é de 16 mil litros, pode-se armazenar, juntos, mais 4,5 bilhões de litros de água.

Além de seu papel importante como suprimento de água para consumo humano, a captação da água da chuva tem motivado várias pesquisas em diferentes partes do mundo, para os mais variados usos, vinculados sempre à preocupação de usos racionais dos recursos hídricos e conceitos de sustentabilidade.

Brito et al. (2007) descrevem várias das principais tecnologias de acesso e manejo de água da chuva no SAB, a exemplo de: cisternas domiciliares e outros tipos, para fins de consumo humano, animal e produção de alimentos; poços (ou cacimbas); barragens subterrâneas para fins agrícolas; barreiros-trincheira, açudes, caldeirões e mandalas, entre outras, por meio de ilustrações e gráficos relacionados a análises, esquemas de construção e custos (capítulo 11).

A presença das cisternas no SAB vai criando, conforme observou Carvalho (2010) em seu estudo sobre a reapropriação social da natureza semiárida no território de Juazeiro (BA), novos comportamentos, novas “cotidianeidades” e “territorialidades”, ou seja:

A água da chuva, agora disposta ao lado de suas casas, é uma água valorizada. Uma nova relação entre o sertanejo e as águas das chuvas, que imprime formas de captar, usar e cuidar dessas águas. É uma “água abençoada, guardada para beber”, uma expressão que essas gentes passam a referenciar (CARVALHO, 2010)

### 2.3 Telhados para captação de água de chuva

Em uma residência ou outra edificação qualquer, denomina-se telhado o conjunto de elementos que lhe serve de cobertura, caracterizado por possuir um ou mais planos inclinados em relação à linha do horizonte. A cada um desses planos dá-se o nome de água.

A função principal do telhado é proteger o espaço interno da edificação das intempéries do ambiente exterior, tais como chuva, vento, sol e poeira, entre outros, proporcionando aos usuários privacidade e conforto. No caso específico das edificações rurais do Semiárido brasileiro, esses telhados ainda acumulam a importante função de promover a captação das águas pluviais visando ao abastecimento humano.

Um sistema de captação de água de chuva instalado em uma edificação rural é também um conjunto de partes e componentes atuando de forma integrada, cujos elementos integram uma unidade denominada Sistema de Captação de Águas Pluviais, composto basicamente de: a) área de captação (telhado); b) subsistema de condução (calhas e dutos); c) filtros (dispositivos de autolimpeza do telhado, telas etc.) e d) reservatório (cisterna).

Completando o sistema se incluem: e) o tratamento da água; f) o meio elevatório (balde com corda, bombas hidráulicas manuais ou elétricas etc.) e g) reservação final (pote de barro, filtro, caixa d'água, tambor plástico etc.)

### 2.4 O telhado e seus componentes

O telhado ou cobertura é a parte superior de uma edificação cuja função basilar é protegê-la das intempéries do ambiente exterior relacionadas a ventos, chuvas, poeiras etc. Se esta edificação é uma residência ou mesmo um abrigo de animais, o telhado deve proporcionar privacidade e conforto ambiental aos seus usuários. No caso específico das residências rurais do SAB, além dessas funções o telhado serve também como importante meio de captação de água de chuva.

De modo geral, os telhados das edificações rurais são constituídos de uma estrutura resistente de madeira, apoiada nas paredes sobre a qual se dispõem as telhas ou elementos similares, além de um sistema de coleta e condução das águas pluviais.

Também conhecida como armação ou trama, a referida estrutura é composta de várias peças escalonadas que distribuem os esforços decorrentes tanto da carga do conjunto de telhas como de ações externas (ventos, chuvas etc); a Figura 3 apresenta um telhado em L com seus principais componentes.

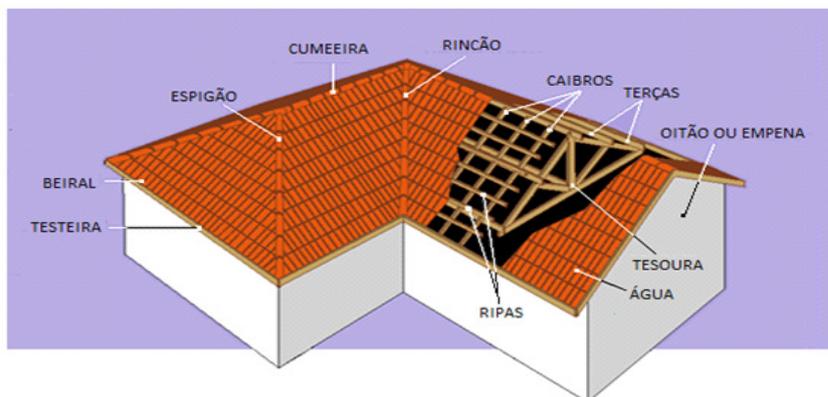


Figura 3. Principais componentes de um telhado em madeira e telhas cerâmicas

## 2.5 Os telhados do Semiárido brasileiro

Com relação aos “lay outs” dos telhados encontrados na região são, em geral, de dois tipos: a) de duas águas iguais, com escoamento para frente e para trás, com cumeeira paralela à fachada principal, observado na Figura 4 de duas águas com escoamento lateral e cumeeira perpendicular à fachada principal, conforme indicado na Figura 5.



Figura 4. Telhado de duas águas com cumeeira paralela à fachada principal

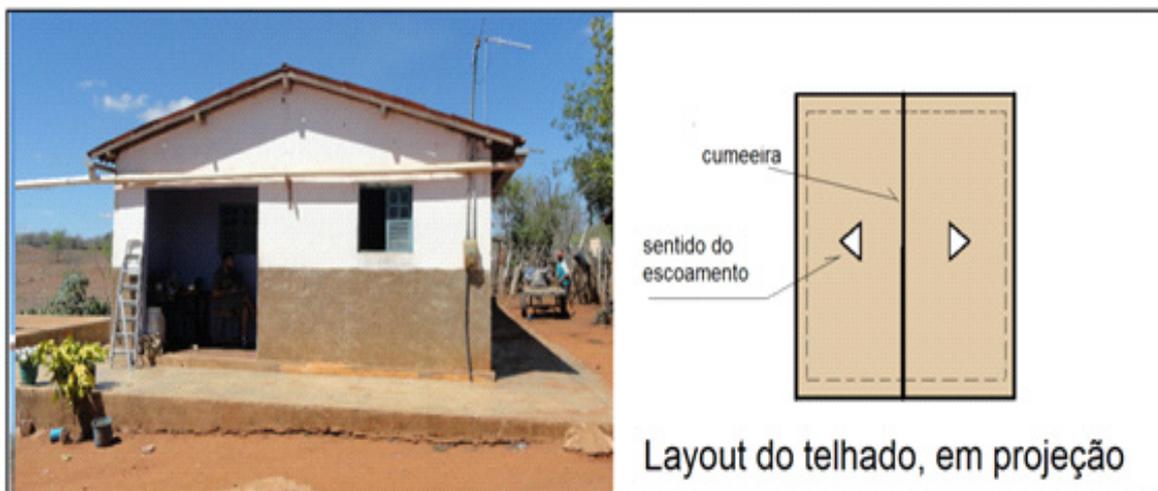


Figura 5. Telhado de duas águas com cumeeira perpendicular à fachada principal

Comumente, as calhas são fixadas nos beirais que, por serem nivelados, requerem a presença de suportes com alturas variadas, a fim de promover a declividade necessária ao escoamento da água.

Em alguns casos é observada a presença de telhados geminados em decorrência da expansão da edificação base para abrigar, em geral, membros da própria família (Figura 6).

Nesse tipo de arranjo é notória a necessidade de uma calha de rincão a qual não favorece o processo de captação de água de chuva, pois, por ser uma calha nivelada, não tem bom escoamento, acumulando sujeiras que provocam o processo de oxidação no material.



Figura 6. Telhado geminado com calha de rincão e calha de beiral

## 2.6 Patologia dos sistemas instalados no Semiárido

Embora haja uma preocupação crescente com a qualidade da construção, verifica-se que os sistemas de captação de água de chuva construídos nos últimos anos não apresentam a qualidade esperada. Pode-se afirmar, então, a existência de sistemas construídos recentemente com manifestações patológicas muito graves limitando a capacidade de sua utilização. Inúmeros fatores são apontados como causadores desses problemas: a pressa na execução, a falta de rigor construtivo, a inadequação de materiais, mau uso etc.

Lordsleem Júnior (1997) define patologia das construções como “a ciência que estuda os defeitos dos materiais, dos componentes, dos elementos ou da edificação, como um todo, diagnosticando suas causas e estabelecendo seus mecanismos de evolução, formas de manifestação, medidas de prevenção e de recuperação”.

Os defeitos ou problemas patológicos observados nos sistemas implantados no SAB refletem a queda de desempenho desses aparatos; são das mais diversas ordens, desde um telhado defeituoso, com telhas deslocadas até como um problema mais severo, como uma cisterna com paredes rachadas.

Para Camelo (2011), as patologias na construção civil não dependem exclusivamente das ações ambientais, mas também de pontos relevantes de ordem técnica e de fatores humanos. Nesta mesma perspectiva, Souza (2004) e Ribas e Souza (2007) apontam, como principais origens das patologias em construção, os seguintes fatores, nessa ordem: defeitos de concepção; de execução; dos materiais e defeitos de utilização, dentre outros.

Nos sistemas de captação de água de chuva a inter-relação entre os diversos subsistemas (captação, condução e armazenamento), além da variedade de materiais, componentes e equipamentos constituintes (tubos, conexões, bombas, dispositivos para desvio das primeiras chuvas, entre outros), pode dar origem a uma grande diversidade de manifestações patológicas, que vão desde simples falhas frequentes em certos equipamentos até variações que comprometem consideravelmente a qualidade e a quantidade da água armazenada.

Constata-se no SAB, com bastante frequência, a ocorrência de problemas patológicos motivados por erros de concepção; por exemplo, é muito comum a construção da cisterna em um ponto demasiadamente afastado da residência necessitando-se, neste caso, de longos trechos de tubos condutores; além de onerar o sistema, isto representa dificuldades na instalação, refletindo a baixa eficiência no processo de condução da água captada à cisterna. Na Figura 7 se observam exemplos desses arranjos, muito comuns em sistemas instalados no SAB.



Figura7. Condutores suspensos expostos a intempéries, fixados por meio de suportes improvisados

Os arranjos em que os dutos ficam suspensos ou fixados por meio de suportes improvisados são bastante problemáticos pois, oscilando à ação do vento, favorecem desprendimentos, fadiga do material por exposição ao sol, quebras etc, refletindo no baixo desempenho do sistema. Uma solução para este problema pode ser observada nas Figuras 8 e 9, nas quais os dutos seguem enterrados para a cisterna mantendo-se expostos apenas nos trechos verticais.



Figuras 8 e 9. Dutos enterrados, expostos apenas nos trechos verticais

Com referência às calhas e dutos, consta-se que os maiores problemas decorrem da maneira improvisada com que tais componentes são anexados ao sistema. Com bastante frequência os suportes são confeccionados com o material mais acessível possível, de maneira improvisada, sendo muito comum a prática da reciclagem de materiais ignorando-se quaisquer critérios: estéticos, funcionais ou higiênicos.

Há registros da confecção de suportes em vários formatos e materiais, tais como: forquilhas de madeira, pedaços de arame, tiras de borracha de câmaras-de-ar velhas e cordas de sisal, entre outros, como visto nas Figuras 10, 11 e 12.



Figuras 10, 11 e 12. Improvisação de suportes de calhas e condutores com materiais inadequados

### 2.6.1 Lista de requisitos

A partir da análise dos problemas encontrados e se considerando os aspectos que configuram atributos desejáveis em um sistema de aproveitamento de água de chuva ideal, formulou-se uma lista de requisitos de projeto pautada na otimização funcional, estética, viabilidade de construção e implantação, dentre outros, visando à orientação do processo projetual no tocante às metas a serem atendidas na configuração dos telhados.

Dessa forma, para atender demandas do processo de captação de água de chuva pelo telhado, o projeto deve:

- 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;

## 2.6.2 Geração de alternativas

Partindo dos requisitos necessários, desenvolveram-se cinco modelos básicos de telhados. A concepção desses telhados teve como base o emprego de uma estrutura de madeira convencional (madeiramento), obedecendo às recomendações arquitetônicas no tocante à declividade das águas e adotando telhas cerâmicas tipo capa/canal, soluções tecnológicas já assimiladas pela mão de obra da região.

Buscou-se, ainda, racionalizar o sistema pela diminuição do número de componentes. Uma das soluções encontradas consistiu na eliminação dos suportes das calhas considerando-se que eles representam os mais importantes problemas no desempenho dos sistemas convencionais.

Todas as alternativas desenvolvidas consideram a eliminação desses componentes; as calhas são fixadas sob o telhado, diretamente sobre o madeiramento da cobertura. A declividade necessária no beiral para o escoamento da água deve ser implementada na estrutura do madeiramento ou se inclinando o pé-direito da construção na etapa da alvenaria.

Todos os modelos propostos podem ser adotados 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 tornar-se mais restritivo que no segundo, pois um modelo pode adaptar-se melhor que outro a uma estrutura de telhado já existente; no segundo caso o fato de não haver previamente uma estrutura de telhado permite maior liberdade vista que o projeto da edificação pode ser desenvolvido de acordo com o desenho escolhido; contudo, é importante que seja feita uma avaliação criteriosa antes da escolha, observando-se variáveis como topografia do terreno, orientação da construção, mão de obra e outros recursos disponíveis.

Todas as propostas de telhados foram desenhadas com base no uso de materiais e técnicas construtivas de usos correntes no SAB, a exemplo de telhas cerâmicas capa/canal, calhas em chapa de aço galvanizado e dutos em tubos de PVC rígido, diâmetro 75 mm.

## 2.6.3 Proposta 1

Telhado em duas águas, com cumeeira no sentido longitudinal, ou seja, perpendicular à fachada principal; nesta proposta os beirais, em ambos os lados do telhado, terminam com uma leve inclinação com relação à horizontal, definindo um caimento em torno de 1%, no sentido do escoamento desejado (Figura 13).



Figura 13. Proposta 1 - Telhado em duas águas, com duas cisternas

As calhas, instaladas nas duas laterais, aproveitam a estrutura de madeira como suporte e deságuam em um funil coletor que direciona a água à cisterna, através dos dutos. Embora seja possível a interligação das calhas direcionando a água a um único duto, o modelo é mais adequado às situações em que é possível e desejável a implantação de duas cisternas, uma em cada lado da residência, localizadas preferencialmente na parte de trás, como se pode observar nas Figuras 14 e 15.



Figura 14. Vista lateral e superior da Proposta 2

### 2.6.2 Proposta 2

Telhado em uma água, com um único ponto de coleta da água precipitada. É um tipo de telhado de execução simples e ótima performance funcional. Na Figura 16 observa-se, em vista geral, a frente da residência e uma cisterna com localização aproximada da extremidade inferior do telhado, no ponto em que a calha deságua em uma caixa coletora ou funil coletor, que disciplina a descida da água até o reservatório. Nas Figuras 17 e 18 apresenta-se vista frontal e posterior onde a calha segue a declividade do beiral.



Figura 16. Vista geral da proposta 2

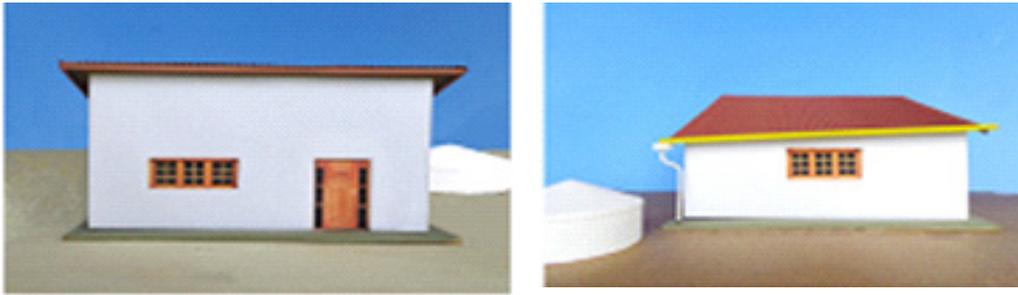


Figura 17 e 18 Vista frontal e posterior

### 2.6.3 Proposta 3

Telhado em duas águas, em que as calhas convergem em pontos laterais com inclinação bastante acentuada; da mesma maneira que na proposta 1, esta configuração sugere o uso de cisternas independentes (Figuras 19, 20 e 21), uma em cada lado da casa; alguns pesquisadores aconselham a captação através do uso de dois reservatórios com a justificativa de que facilita o manejo e o controle da qualidade da água armazenada.



Figura 19. Vista geral da proposta 3



Figura 20. Detalhe do ponto de descarte da água

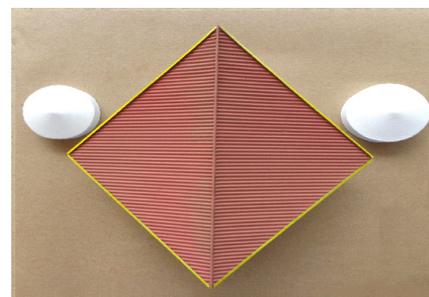


Figura 21. Vista superior

#### 2.6.4 Proposta 4

Telhado em duas águas, com cumeeira na diagonal. Os dois beirais inferiores são inclinados, com declividade em torno de 3%, em que são fixadas duas calhas convergindo para o ponto mais baixo da cobertura, resultando na facilidade de comunicação entre o telhado e a cisterna, conforme pode ser observado nas Figuras 22, 23, 24 e 25. O processo construtivo adota o mesmo padrão utilizado nas propostas anteriores. Este desenho foi desenvolvido em nível de protótipo funcional, em escala reduzida, cujo bom desempenho pôde ser avaliado e comprovado por meio de testes em laboratório.



Figura 22. Vista geral da Proposta 4



Figura 23. Vista superior



Figura 24. Vista lateral



Figura 25. Vista posterior

#### 4.6.5 Proposta 5

É uma variação do desenho anterior, porém apresenta escoamento das duas águas no sentido do interior da coberta na qual se localiza uma única calha de rincão descendente, com declividade em torno de 25%, dobrada em perfil U ou V, instalada na diagonal do telhado (Figuras 26, 27 e 28).



Figura 26. Vista geral da Proposta 5



Figura 27. Vista lateral da Proposta 5

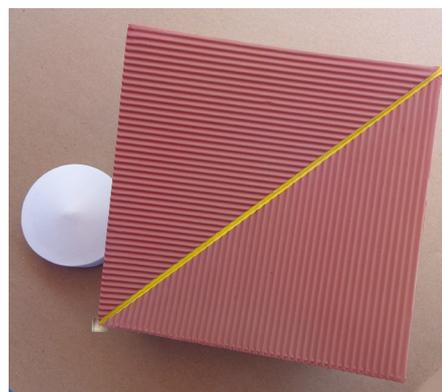


Figura 28. Vista superior da Proposta 5

## 4 CALHAS COLETORAS DOS MODELOS PROPOSTOS

Existem prontos no mercado, ou fabricados de acordo com a encomenda, vários modelos de calha em chapa de aço galvanizado, em módulos de 2m de comprimento que podem ser conectados entre si, por meio de rebites.

Um modelo que se adapta bem aos modelos propostos é a calha de beiral, confeccionada em chapa galvanizada. Tem o perfil formado por cinco dobras no sentido longitudinal da peça; é desenhada de forma a se aproveitar toda a largura da chapa que é, no caso, 300 mm.

Esse tipo de calha, além de proporcionar bom acabamento ao beiral, conferindo valor estético ao arranjo, tem potencial para desempenhar bom funcionamento, uma vez que apresenta excelente rigidez, importante na estanqueidade do conjunto.

Porém, a principal vantagem no uso deste modelo de calha é o fato de permitir a fixação diretamente no madeiramento do telhado, dispensando-se os suportes, o que representa ganhos pela diminuição de componentes do sistema. O dimensionamento do perfil da calha e o esquema de montagem deste elemento no beiral do telhado podem ser observados na Figura 29.

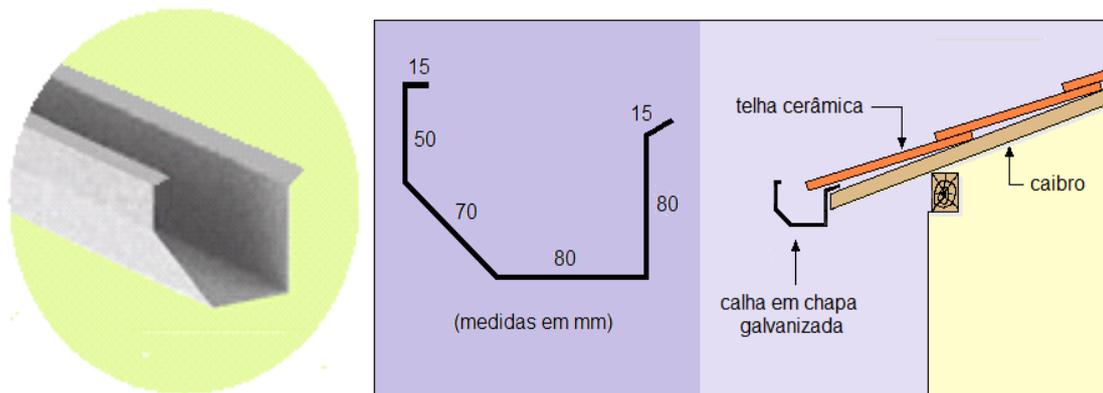


Figura 29. Dimensionamento do perfil de uma calha de beiral e seu esquema de montagem

A inclinação do beiral pode ser conseguida tanto pelo desnivelamento das paredes laterais, na altura do pé-direito quanto pela manipulação das medidas dos caibros no comprimento, de forma que cada água tenha forma geométrica trapezoidal e não retangular, como é mais comum; pode, também, ser adotada uma solução que combine as duas maneiras propostas.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É conveniente que ações sejam promovidas no sentido de se aumentar a eficiência dos sistemas residenciais de captação de água de chuva implantados no SAB com base na urgência de se adequar as residências do semiárido brasileiro a esta importante estratégia de convivência com a região.

É possível, em princípio, a adoção de qualquer alternativa de telhado desde que se observem detalhes que permitam a adequação do modelo desejado às necessidades do usuário.

Sugere-se, então, que na implantação de novas unidades residenciais no Semiárido, a prática da captação

da água da chuva por meio dos telhados seja tratada como item essencial integrado à estrutura física da edificação cujo projeto deve contemplar todo o detalhamento necessário.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo, F. S. G.; Miguel, J. D. Arquitetura rural e cultura sertaneja no Rio Grande do Norte, Encontro de História da Arte – IFCH, 4, 2008, Campinas. Anais.... UNICAMP: Campinas, 2008. CD Rom.
- ASA - Articulação do Semi-arido. <http://www.asabrasil.org.br>.10 Out. 2012).
- Bertolo, E. J. P. Aproveitamento da água da chuva em edificações. Porto: FEUP, 2006. 204p. Dissertação Mestrado
- Bistagnino, L. Design sistêmico: Uma abordagem interdisciplinar para a para a inovação. In: Cadernos de estudos avançados em design e sustentabilidade. Moraes, D. de; Krucken, L. (ed.) Barbacena: EDUEMG, 2009. P.13-29.
- Brito, L.T. L.; Proto, A. S. S.; Silva, d’Alva, O. A. Avaliação técnica do programa cisternas no semi- arido brasileiro. In: Brasil. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate a Fome. Avaliação de políticas e programas do MDS. Brasília: MDS; SAGI, 2007.412p.
- Carvalho, L. D. Resignificação e reapropriação social da natureza: Praticas e programas de convivência com o semiárido no território de Juazeiro - Bahia. Sergipe: UFS, 2010. 342p. Tese Doutorado
- Diniz, N. M. Velhas fazendas da Ribeira do Seridó. São Paulo: FAUUSP, 2008. 205p. Tese Doutorado
- Duarte Junior, R. Arquitetura colonial cearense: Meio-ambiente, projeto e memória. Revista Centro de Preservação Cultural, 2009. p.43-73.
- INSA – Instituto Nacional do Semiárido. Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro. Campina Grande: INSA 2012. 103p.
- FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. 2012. <http://www.funasa.gov.br/site>. 3 Out. 2012.
- Hagemann, S. E. Avaliação da qualidade da agua da chuva e da Viabilidade de sua captação e uso. Santa Maria: UFSM, 2009. 141p. Dissertação Mestrado
- Jalfim, F. T. Considerações sobre a viabilidade técnica e social da Captação e armazenamento da água da chuva em cisternas rurais na região semiárida brasileira. In: Simpósio Brasileiro de Captação de Agua de Chuva no Semiárido, 3, 2001, Campina grande. Anais.... Campina Grande: ABCMAC, 2001. CD Rom.
- Lima, J. A.; Dambros, M. V. R.; Antonio, M. A. P. M.; Janzen, J. G.; Marchetto, M \_ Potencial da economia de agua potável pelo uso de agua pluvial análise de 40 cidades da Amazônia. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.16 n.3 , p.291-298. 2011.
- Meira Filho, A. S. Alternativas de telhados de habitações rurais para captação de água de chuva no semiárido. Campina Grande: UFCG, 2004. 80p. Dissertação Mestrado
- Meira Filho, A. S.; Nascimento J. W. B.do; Lima, V. L. A. de. Patologias em sistemas de captação de agua de chuva por meio de cisternas no semiárido paraibano. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 8, 2012, Campina Grande. Anais..... Campina Grande: ABCMAC, 2012. CD Rom.
- Oliveira, F. T. A. Aproveitamento de agua pluvial em usos urbanos em Portugal Continental - Simulador para avaliação da viabilidade. Lisboa: UTL, 2008.110p. Dissertação Mestrado
- Passos, L. A.; Pedrosa, N A. O ideário urbano no meio rural. Seminário da Historia da Cidade e do Urbanismo. v.6, p.5-14, 2000.

- Silva, G. G. da; Braun, J. R. R.; Gomez, L. S. R. O design gráfico e o desenvolvimento sustentável. In: Encontro Latinoamericano de Diseno "Diseno en Palermo" Comunicaciones Académicas, 4, 2009, Buenos Aires. Anais..... Facultad de Diseno y Comunicacion: Universidad de Palermo, 2009. CD Rom.
- Silva, R. N. I. A. Entre o combate a seca e a convivência com o Semi-Aridoxtransicao paradigmática e sustentabilidade do desenvolvimento. Brasilia: UNB, 2006. 298p. Tese Doutorado
- Tinoco, J. E. L. Telhados tradicionais patologias, reparos e manutenção. Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação, v.1, p.232-237, 2007.
- Xavier, R. P.: influência de barreiras sanitárias na qualidade da agua de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano. Campina Grande: UFCG, 2010. 114p. Dissertação Mestrado

# CAPÍTULO 15

## ASPECTOS TECNOLÓGICOS DAS CISTERNAS DE PLACAS

Paulo Roberto Lopes Lima

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

## **ASPECTOS TECNOLÓGICOS DAS CISTERNAS DE PLACAS**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	343
<b>2 TIPOS DE RESERVATÓRIO</b>	343
<b>3 ANÁLISE ESTRUTURAL DE CISTERNAS CILÍNDRICAS</b>	344
<b>4 CONSTRUÇÃO DA CISTERNA DE PLACAS</b>	345
4.1 Escolha do local e preparação da base da cisterna	345
4.2 Fabricação da parede da cisterna	346
4.3 Cobertura da cisterna	349
4.4 Aterro lateral	351
4.5 Pintura e manutenção	351
<b>AGRADECIMENTOS</b>	351
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	352

## 1 INTRODUÇÃO

O aproveitamento de água da chuva é uma técnica antiga; seu armazenamento constitui, muitas vezes, a única fonte de suprimento de água para consumo humano e uso doméstico em muitas regiões rurais sem acesso à rede pública de fornecimento de água potável.

Nas últimas décadas vários sistemas de captação e armazenamento de água da chuva têm sido implementados em regiões áridas e semiáridas do mundo, devido ao seu baixo custo e simplicidade tecnológica, com o objetivo de garantir condições mínimas de sustentabilidade da população. Além da água para consumo doméstico tais sistemas têm permitido a utilização de água da chuva, também para agricultura e dessedentação animal.

## 2 TIPOS DE RESERVATÓRIO

O sistema doméstico de aproveitamento de água da chuva é composto, basicamente, por três componentes (Figura 1): Área de captação; sistema de distribuição e transporte da água e reservatório.



Figura 1. Sistema de aproveitamento de água utilizado no semiárido brasileiro

O reservatório é o elemento primordial do sistema de aproveitamento de água da chuva; trata-se, portanto, de uma prática antiga, em que vários tipos de reservatório têm sido identificados nas regiões afastadas de centros urbanos. Alguns se constituem em elementos pré-existentes e aproveitados para armazenamento de água dos telhados, como jarros de barro e toneis metálicos, enquanto outros foram fabricados para tal fim, utilizando técnicas artesanais, como tanques reforçados com telas de bambu ou técnicas mais sofisticadas, como ferro-cimento ou concreto (Thomas & Martinson, 2007; Robles-Austriaco & Pama, 1988; Gnadlinger, 2011).

A utilização sistemática de cisternas para armazenamento de água da chuva coletada por telhados em áreas rurais tem sido registrada desde o século XIX, nos Estados Unidos (McGEE, 1895). Neste trabalho, publicado pelo Departamento do Interior dos Estados Unidos, são discutidas as formas da cisterna, o tipo de material utilizado (tijolos ou pedras), a possibilidade de contaminação da água e a durabilidade do material das cisternas. Posteriormente, filtros são propostos para desvio do primeiro fluxo e tratamento da água,

antes do armazenamento no reservatório e cisternas fabricadas em concreto passam a ser indicadas também para a zona rural (Trullinger, 1914). Estudos do Programa Ambiental das Nações Unidas (UNEP) relatam que, a partir de 1970, vários sistemas de armazenamento de água da chuva são implantados, sendo identificados tanques de alvenaria, concreto ou ferro-cimento e jarros cerâmicos (UNEP, 2012).

A escolha do tipo e o tamanho do reservatório a ser utilizado, dependem de alguns fatores básicos. A disponibilidade de espaço para construção do reservatório, a tradição local de armazenamento de água da chuva e o custo do material e a mão de obra também influenciam a escolha do reservatório; usualmente, os reservatórios são classificados em tanques os quais são construídos apoiados sobre o solo, e em cisternas, enterrados de forma parcial ou total.

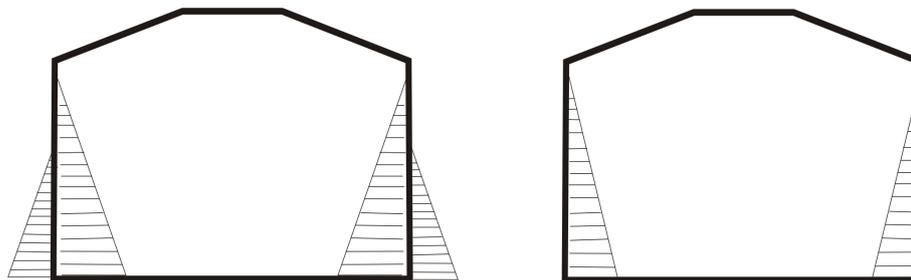
No Brasil dois tipos de reservatório têm sido utilizados com frequência na zona rural: tanques de ferro-cimento, apoiados sobre o solo, e cisternas de alvenaria ou argamassa, construídas de forma enterrada ou semienterrada. Os tanques possuem a vantagem de fácil inspeção e conserto no caso de vazamentos e facilidade de extração da água. As cisternas enterradas são, em geral, mais baratas e consomem menos material tendo em vista serem apoiadas pelo solo; não carecem de espaço sobre o solo; precisam, no entanto, de dispositivos para extração de água que, infelizmente, tem sido um dos principais causadores da contaminação da água armazenada. Com relação ao formato, retangular ou cilíndrico, uma análise comparativa entre diferentes formas de cisternas feitas pela EMBRAPA (1984) permite identificar a cilíndrica como a que apresenta a maior economia de material e mão de obra, com vantagem adicional de melhor distribuir o peso da coluna líquida.

A dimensão do reservatório para consumo doméstico deve ser adequada ao índice pluviométrico da região, à área de captação utilizada e ao uso da água armazenada. Atualmente, as cisternas de placa são construídas para armazenamento de 16 mil litros, quando para uso da água em consumo doméstico ou para 52 mil litros, para uso agrícola. O manual da Caritas (2007) indica o dimensionamento de cisternas de 10, 15, 16 e 20 mil litros. Entende-se, desta forma, que a padronização em 16 mil litros tem como objetivo muito mais a logística e fiscalização das construções do que propriamente a necessidade de armazenamento das diversas regiões do Semiárido.

### 3 ANÁLISE ESTRUTURAL DE CISTERNAS CILÍNDRICAS

O volume da cisterna tem implicações diretas na tecnologia que precisa ser utilizada para sua construção visto que a maior quantidade de água resulta em também maior pressão sobre o solo e as paredes da cisterna. Desta forma, enquanto a cisterna de 16 mil litros é construída de forma semienterrada a cisterna de 52 mil litros é totalmente enterrada no solo.

A análise estrutural da cisterna de 16 m<sup>3</sup>, apresentada na Figura 2, sinaliza o efeito da ação da água e do solo sobre a parede da cisterna.



A. Considerando a pressão do solo

B. Desprezando a pressão do solo

Figura 2: Carregamento nas paredes da cisterna  
(Fonte: Santos, 2011)

Considerando a cisterna semienterrada, parte da pressão interna causada pela ação da água, após seu enchimento, é compensada pela pressão do solo, como mostra a Figura 3A. Nessa situação a maior tensão na cisterna ocorre no topo da parede devido ao peso próprio da cobertura. Após a construção da cisterna, no entanto, muitas vezes o solo ao redor da mesma não é bem compactado e não fornece a resistência suficiente para equilibrar a ação da água. Devido a isso, as tensões são maiores na parte inferior da cisterna, como mostra a Figura 3B, e a utilização de arame ao redor da cisterna torna-se necessária para evitar a separação das placas.

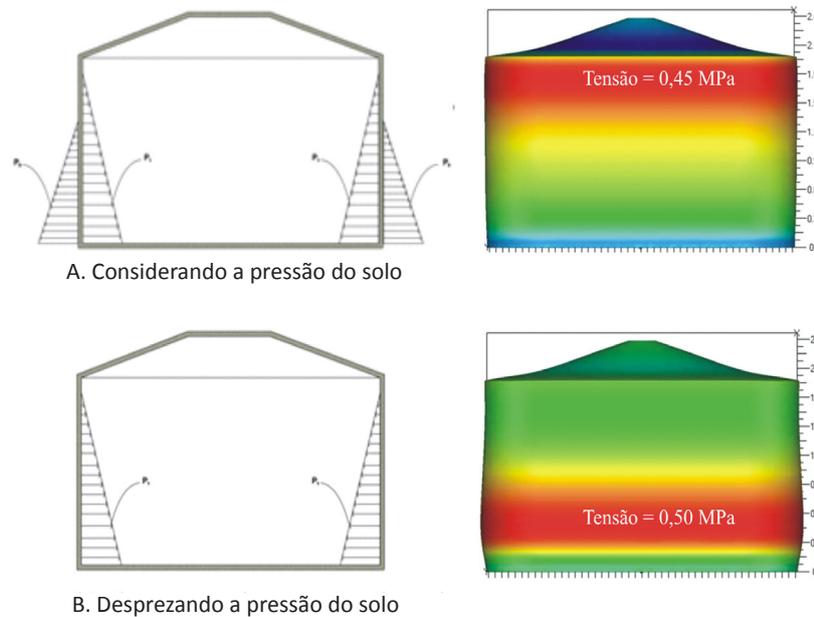


Figura 3. Avaliação de tensões de tração nas placas da cisterna  
(Fonte: Santos, 2011)

## 4 CONSTRUÇÃO DA CISTERNA DE PLACAS

O principal tipo de reservatório utilizado atualmente no semiárido brasileiro é a cisterna de placas, que tem sido construído por várias Organizações Não Governamentais associadas à Articulação do Semiárido que, com apoio governamental e da iniciativa privada, já construiu mais de 385 mil unidades. Construído de forma semienterrada, esta cisterna tem formato cilíndrico e paredes formadas pela composição de placas de argamassa de cimento e areia. Apesar da simplicidade da construção, problemas têm sido verificados em cisternas em utilização, como rachaduras e vazamentos (TCU, 2010) sinal de que alguns cuidados precisam ser tomados durante o processo de construção deste tipo de reservatório, como será ressaltado a seguir.

### 4.1 Escolha do local e preparação da base da cisterna

A cisterna deve ser localizada próximo à casa, uma vez que deverá ser conectada ao telhado, o qual é a área de captação utilizada, mas, como a cisterna é semienterrada, ela deve ser mantida a uma distância mínima de 15 metros de fossas, sumidouros e grandes árvores.

O diâmetro da cisterna de 16 mil litros é de 3,40 metros. Para permitir a construção do fundo e facilitar a preparação da base (Figura 4) e o levantamento das paredes é necessário, no entanto, que o buraco tenha diâmetro maior, sugerindo-se 4,50 metros. A altura útil da cisterna é de 1,80 m cuja parte subterrânea varia entre 1,00 m e 1,30 m.



Figura 4. Base da cisterna: (A) escavação do buraco; (B) contrapiso

É uma necessidade, portanto, que o fundo da cisterna seja apoiado sobre um solo estável; caso o local escavado não possua resistência adequada, pode-se fazer um revestimento de pedra (seixo ou brita) e areia grossa, que deverá ser bem compactado.

Sobre este revestimento será executado um contrapiso de concreto na proporção de 1:4:3, ou seja, 1 parte de cimento, 4 partes de areia e 3 partes de brita. Em virtude da fragilidade do terreno onde será construída a cisterna torna-se conveniente, em alguns locais, a colocação de barras de aço, de maneira que o fundo passe a ser composto de uma laje de concreto armado; tanto o contrapiso quanto a laje devem ter espessura mínima de 4 cm.

## 4.2 Fabricação da parede da cisterna

### Produção das placas

A produção das placas é a fase mais relevante nesta etapa, visto que a utilização de placas frágeis, porosas ou rachadas, é a principal causa da perda de material durante a construção e de vazamento, nas cisternas construídas. Vários tipos de argamassa, tamanho de placas e métodos de produção, são encontrados no semiárido, sendo que as indicações a seguir são o resultado de um projeto de pesquisa por meio do qual, após a avaliação in situ em laboratório e a interação com construtores de todo o Nordeste, foram construídas cisternas-piloto as quais, por sua vez e após quase 3 anos de uso, não apresentaram tipo algum de falha (Lima et al., 2012).

A placa é produzida em argamassa de cimento e areia na proporção 1:5, em volume e com relação água-cimento de 0,9. Em geral, a quantidade de água não é medida pelo pedreiro, porém é fundamental que se utilize apenas o suficiente para permitir a moldagem da placa. Quanto mais água mais frágil é a placa que, além de quebrar durante o manuseio, torna a cisterna mais permeável facilitando infiltração, rachaduras e a proliferação de limo nas paredes.

Após a mistura manual com pá e enxada, a argamassa é lançada em moldes de madeira com dimensões 40 cm x 50 cm e espessura de 5 cm, como na Figura 5. O molde tem pequena curvatura para facilitar a montagem da parede da cisterna; apesar da instrução das cartilhas existentes sobre a necessidade de se fazer a moldagem das placas sobre uma camada de areia, verificou-se que tal procedimento prejudica a curva da placa pois a camada de areia absorve parte da água que seria necessária para hidratação do cimento, deixando a placa mais porosa. A placa moldada sobre uma lona plástica (Figura 5b) apresenta resistência 20% maior que a placa apoiada sobre areia e um acabamento superficial melhor, o que não prejudica a aderência do reboco (Lima et al., 2012).

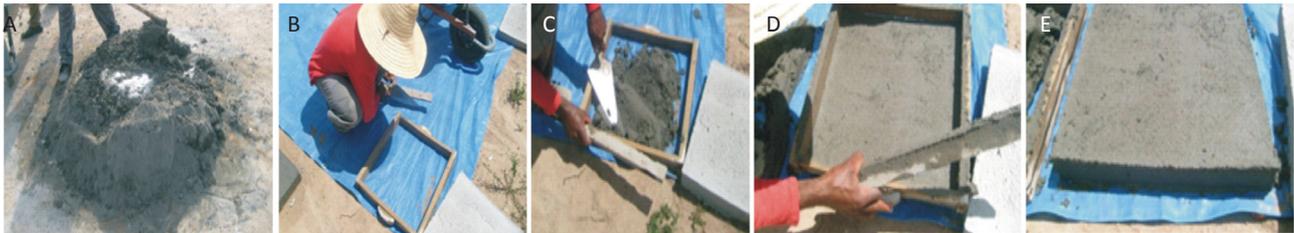


Figura 5. Produção das placas: (A) mistura dos materiais; (B) colocação da lona e molde; (C) lançamento da argamassa e espalhamento com colher de pedreiro; (D) sarrafeamento com régua e retirada do molde; (E) placa pronta

São utilizadas também placas de 3 cm de espessura mas a de 5 cm permite que as placas sejam assentadas sem necessidade de escoramento com varas reduzindo o tempo de construção das cisternas e garantindo um alinhamento vertical melhor (prumo) da parede.

### Levantamento da parede

A parede da cisterna é construída com placas de argamassa, as quais são assentadas no piso enquanto o mesmo ainda está fresco, como mostra a Figura 6; a forma de assentamento é similar à da alvenaria de blocos com colocação de argamassa entre placas intercaladas.



Figura 6. Levantamento das paredes: (A) marcação da posição das placas; (B) colocação da primeira placa; (C) e (D) colocação das placas subsequentes; (E) rejunte das placas com argamassa; (F) colocação da segunda fileira de placas; (G) rejunte das placas superiores

O rejunte das placas é feito com o auxílio de um sarrafo de madeira de 50 cm, para as primeiras fileiras de placa e de 2,00 m para as placas mais altas.

### Amarração

Após o levante da parede de placas é colocado, ao redor da cisterna, um reforço de arame galvanizado, liso e com diâmetro de 1,76 mm (fio 12); a Figura 7a demonstra o processo de colocação; após a distribuição do arame em fiadas, em torno de cinco por placa, é realizado um aperto com alicate (Figura 7b) para que o arame permaneça fixo durante o reboco (Figura 7c).

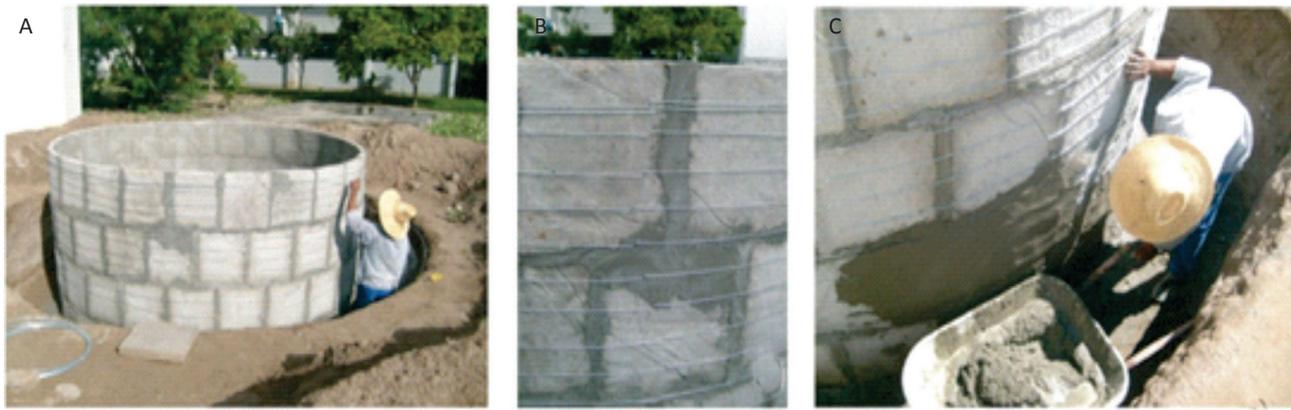


Figura 7. Amarração da cisterna com arame: (A) distribuição do reforço. (B) aperto com alicate; (C) reboco

A importância da colocação do reforço com arame de aço é justificada pela concepção estrutural da cisterna cilíndrica. Apesar de possuir a vantagem de distribuir uniformemente as tensões ao longo de todas as placas situadas na mesma altura, a pressão interna da água ocasiona um empuxo de dentro para fora, que tende a um afastamento das placas. Como a argamassa de rejunte possui baixa resistência à tração, torna-se veemente a colocação de um elemento de reforço para resistir às tensões tangenciais de tração na parede.

### Reboco da parede e do piso

O reboco interno é de fundamental importância na garantia da impermeabilidade da cisterna; inicialmente, deve-se fazer um chapisco e, em seguida, um reboco, no mesmo dia para não formar juntas frias. O traço deste reboco é de 1:3 em volume, enquanto na mistura é recomendável a adição de um aditivo impermeabilizante, disponível comercialmente; na Figura 8A é apresentada a execução do reboco da parede.

Após a conclusão do reboco interno é executado o piso final da cisterna com a execução de uma camada de argamassa, no mesmo traço do reboco interno (Figura 8B). Na ligação entre a parede e o piso é aplicada uma camada de argamassa de forma a fazer um chanfro arredondado que reduz a concentração na ligação.

Após 24 horas da conclusão do reboco interno e do piso, faz-se uma mistura de cimento, água e impermeabilizante, pincelando todo o interior da cisterna garantindo, assim, a ausência de vazamento.



Figura 8. Execução do reboco interno da parede (A) e do fundo da cisterna (B)

### 4.3 Cobertura da cisterna

#### Caibros e placas

O teto da cisterna é uma cúpula formada por 16 caibros de concreto armado, apoiados sobre a parede e cobertos com placas de argamassa.

A placa de cobertura pode ser moldada com formas de madeira ou diretamente sobre uma lona no solo, em uma placa única de argamassa dividida com a colher de pedreiro enquanto ainda está fresca (Figura 9A); por fim, são numeradas (Figura 9B) para facilitar a montagem sobre os caibros e algumas possuem orifícios para entrada e saída de água.

Os caibros possuem 1,40 m de comprimento, seção quadrada de 6 cm x 6 cm e são fabricados com o mesmo concreto utilizado no piso contendo uma barra de aço nervurada de  $\frac{1}{2}$  polegada de diâmetro, conforme a Figura 9C; são moldados em formas de madeira.



Figura 9. Moldagem das placas de cobertura e caibros

### Montagem da cobertura

Para apoiar os caibros sobre a parede são realizadas furações nas placas do topo da parede (Figura 10A). Preferencialmente, esses furos devem ser feitos na placa não endurecida. Três fiadas de arame são utilizadas para segurar os caibros evitando seu deslizamento, (Figura 10A). O apoio dos caibros no centro da cisterna coloca-se uma estaca de madeira, de 2 m de comprimento, contendo uma rodela de madeira no topo (Figura 10B); decorridos 7 dias da fabricação da cisterna a estaca poderá ser retirada e, com os caibros já devidamente posicionados, são colocadas as placas de cobertura (Figura 10C).



Figura 10. Montagem da cobertura: (A) estaca central para apoio dos caibros; (B) colocação dos caibros; (C) colocação das placas

Após a colocação de todas as placas o centro da cobertura é preenchido com concreto (Figura 11A), as placas são rebocadas por fora (Figuras 11B e 11C) e a vedação entre a parede e a cobertura é realizada internamente (Figura 11D). Como não é aplicada uma argamassa de rejuntamento entre as placas de cobertura é comum que as mesmas se movimentem devido à retração por secagem ou retração térmica diferencial entre as placas e o reboco aplicado; em virtude disto, fissuras sobre os caibros constituem o tipo de patologia mais comum nas cisternas de placas porém, devido à pequena intensidade de abertura e por serem localizadas sobre o caibro, não há risco de infiltração ou ruptura da cisterna. As fissuras por retração podem ser evitadas com uma cura adequada colocação de telas de arame (tela de galinheiro) nas juntas, antes de se executar o reboco da cobertura.



Figura 11. Reboco da cobertura: (A) enchimento da parte central com concreto; (B) e (C) reboco das placas de cobertura; (D) vedação interna

#### 4.4 Aterro lateral

Como o buraco cavado para construção da cisterna é maior que o diâmetro do reservatório, torna-se imprescindível aterrá-lo novamente após o levantamento e reboco externo das paredes, como demonstrado na Figura 12A; deve-se fazer, então, uma compactação adequada para que a água não se acumule do lado de fora da cisterna e cause infiltração para o seu interior; verifica-se muitas vezes, além disto, uma erosão do aterro após a primeira chuva, de acordo com a Figura 12B. Apesar de custar mais é aconselhável a construção de uma calçada ao redor da cisterna, como mostra a Figura 12C, que protege a parede do fluxo de água da chuva e facilita sua utilização no momento da retirada da água.



Figura 12: Aterro lateral da cisterna: (A) enchimento; (B) erosão devido à má compactação; (C) calçada lateral

#### 4.5 Pintura e manutenção

A cisterna deverá ser pintada na parte externa, com cal ou similar, em três demãos:

Com relação aos cuidados com a maior vida útil da cisterna, recomenda-se:

- Fazer a limpeza anual (interna e externa);
- Identificar a formação de rachaduras ou a presença de vazamentos para fazer a manutenção preventiva e corretiva da estrutura física;
  - Esvaziar o dispositivo de desvio de primeiro fluxo após cada chuva;
  - Evitar que a cisterna permaneça muito tempo vazia;
  - Pintar a cisterna com cal no máximo a cada 2 anos, para evitar a proliferação de fungos.

Para que tais cuidados sejam seguidos é importante que haja uma capacitação dos beneficiários, focada na conservação e manutenção.

### AGRADECIMENTOS

O autor agradece à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo apoio financeiro e ao MOC/APAEB pela facilitação do acesso às comunidades rurais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10844, Instalações prediais de águas pluviais. Brasília: ABNT, 1989. 13p.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527:2007 Água de chuva -Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Brasília; ABNT, 2007. 12p.
- Alves, F; Luz, J.; Figueiras, M. L.; Medeiros, L. L.; Santos, S. M.; Gavazza, S. Qualidade de água em cisternas do semiárido pernambucano. . In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água da Chuva, 8, 2012, Campina Grande. Anais... Campina Grande: ABCMAC, 2012. CD Rom.
- Andrade Neto, C. O., O Descarte das primeiras águas e a qualidade da água de chuva. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água da Chuva, 8, 2012, Campina Grande, Anais... Campina Grande: ABCMAC, 2012. CD Rom.
- Caritas, Construindo a solidariedade no Semiárido: Cisternas e placas (manual). www.caritasbrasileira.org, 15 Mai. 2007.
- Carvalho, J. R. S.; Lima, J. C. A. L.; Figueiras, M. L.; Medeiros, L. L.; Santos, S. M.; Gavazza, S. Influência do descarte das primeiras águas de chuva sobre a qualidade da água encaminhada às cisternas. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água da Chuva, 8, 2012, Campina Grande. Anais... Campina Grande: ABCMAC, 2012. CD Rom.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido. Captação e conservação de água de chuva para consumo humano; cisternas rurais; Dimensionamento, construção e manejo. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA-SUDENE. 1984.
- Gnadlinger, J. Captação de água da chuva: Uma ferramenta para atendimento às populações rurais inseridas em localidades áridas. In: Recursos Hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande: INSA, 2011, p.325-360.
- Lee, J. Y.; BAK, G.; HAN, M. Quality of roof-harvested rainwater – comparison of different roofing materials. Environmental Pollution, v.162, p. 422-429, 2012.
- Lima, P. R. L.; Leite, M. B.; Souza, S. S.; Lima, J. M. F. Avaliação e aperfeiçoamento das cisternas de placas utilizadas no semiárido para armazenamento de água da chuva. In: Semiárido: Edital temático de apoio a pesquisas voltadas à resolução de problemas do semiárido baiano. Salvador: FAPESB, 2012. p.39-46.
- Mcgee, W. J. The potable waters of eastern United States. 1895. 47p.
- Mendez, C. B.; Klenzendorf, B.; Afshar, B. R.; Simmons, M.; Barret, M. E.; Kinney, K. A.; kirisits, M. J. The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater. Water Research, v.45, p.2049-2059, 2011.
- Robles-Austriaco, L.; Pama, R. P. Bamboo reinforcement for cement and concrete. In.: Natural fibre reinforced cement and concrete. London: Edited by Swamy. 1988. p.92-142.
- Santos, R. R. Análise estrutural de cisternas construídas com placas de argamassa no semi-árido. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana. 2011. Relatório de Iniciação Científica.
- TCU - Tribunal de Contas da União. Relatório de auditoria operacional na ação de construção de cisternas para armazenamento de água – 2º monitoramento: TC nº 027.314/2009-5. 2010. 54p.
- Thomas, T. H.; Martinson, D. B. Roofwater harvesting: A handbook for practitioners. Delft: International Water and Sanitation Centre. 2007. 160p. Technical Paper Series n.49.
- Trullinger, R. W. Clean water and how to get it on the farm. Washington: Government Printing Office: 1915.
- UNEP - United Nations Environment Programme. Sourcebook of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Some Countries in Asia. <http://www.unep.or.jp/ietc/publications/techpublications/techpub-8e/index.asp#1>. 24 Ago. 2012.
- Worm, J.; Hattum, T. V. Rainwater harvesting for domestic use. Agromisa Foundation and CTA, Wageningen: Digigrafi, 2006. 84p.
- Worm, J.; Hattum, T. V. Rainwater harvesting for domestic use. Agromisa Foundation and CTA, Wageningen: Digigrafi, 2006. 84p.

# ESTUDOS E APLICAÇÕES





# CAPÍTULO 16

## CAPTAÇÃO E MANEJO DA ÁGUA EM REGIÕES SEMIÁRIDAS: PESQUISA COMPARATIVA ENTRE O SERTÃO PERNAMBUCANO DO PAJEÚ E SÃO MIGUEL DE TUCUMÁN, ARGENTINA

Emilio Tarlis Mendes Pontes  
Hernani Loebler Campos

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

## **CAPTAÇÃO E MANEJO DA ÁGUA EM REGIÕES SEMIÁRIDAS: PESQUISA COMPARATIVA ENTRE O SERTÃO PERNAMBUCANO DO PAJEÚ E SÃO MIGUEL DE TUCUMÁN, ARGENTINA**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	357
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b>	357
<b>3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS</b>	358
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	360
<b>5 CONCLUSÕES</b>	361
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	361

## 1 INTRODUÇÃO

O trabalho apresentado é parte integrante da pesquisa de Doutorado em Geografia sobre a influência de programas relacionados à convivência com o semiárido nordestino brasileiro no combate à pobreza, acesso irrestrito à água e na promoção do desenvolvimento rural local, através de protagonismo de atores e sujeitos, inseridos e formadores de movimentos sociais, particularmente no vale do Pajeú, em Pernambuco, mudando uma situação de centralização ou inexistência do acesso à água potável para as famílias rurais e gerido por uma rede de mobilização em prol do desenvolvimento rural nordestino, na busca pela integração da convivência humana com o Semiárido.

Esta mobilização tem respaldo e apoio por meio da ASA (Articulação no Semiárido Brasileiro), estabelecida a partir do momento histórico de redemocratização do Brasil e que compreende, em síntese, o resgate dos saberes populares tradicionais, a mobilização social, a atuação em rede e o novo papel de significância de alguns atores e sujeitos sociais “esquecidos” por velhas e ainda atuantes políticas para o que se chamava de combate à seca (Pontes, 2010). Assim, propõe-se apresentar e analisar os resultados obtidos por meio de um intercâmbio de estudos realizados no Departamento de Geografia e Instituto de Estudos Geográficos da Universidade Nacional de Tucumán, como participante do grupo de pesquisa Estrutura do Núcleo da Pobreza Rural no Norte da Argentina (ENPRNA). Este intercâmbio foi financiado pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), por meio de bolsa de Auxílio à Mobilidade Discente.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia aplicada tem como base: acesso a informações (livros, documentos, artigos, estatísticas, mapas, sistema de informações geográficas, participação em eventos etc.); pesquisas desenvolvidas no Laboratório de Estudos sobre Espaço, Cultura e Política (LECGEO) na UFPE; e conhecimentos empíricos obtidos a partir das atividades em campo realizadas desde 2008 no Sertão pernambucano do Pajeú, na aplicação de entrevistas e questionários, visitas às entidades, órgãos e famílias relacionadas com o tema. Em Tucumán, similares passos metodológicos foram adotados durante o estágio em 2011, diferenciando-se da pesquisa no Brasil nas atividades de campo que foram realizadas no semiárido argentino, bem como a participação no projeto de pesquisa local. Este projeto teve como proposta, conforme Rivas (2008), analisar os processos de concentração e fragmentação da terra nos núcleos duros de pobreza; determinar o funcionamento das estruturas produtivas enfatizando a produção agrícola dos pequenos produtores, reconhecer os efeitos da modernização e capitalização das estruturas produtivas encontradas; caracterizar a estrutura e dinâmica da população rural e sua organização nesses centros; e gerar conhecimento sobre essas áreas que necessitam de políticas de desenvolvimento rural. Dentro desse contexto, o objetivo maior foi o de estudar o panorama agrário em transformação nos últimos 25 anos na Argentina. Este projeto está em andamento desde 2009 e será concluído no final de 2012. O município de Graneros está inserido no núcleo duro de pobreza (Longhi, 2009; Bolsi, 2006) cujos critérios de caracterização dessa área consideram o acesso e a qualidade da água como dimensão de identificação, além de ser uma região semiárida, o que justifica a sua escolha para um estudo focado nas semelhanças e diferenças com a problemática encontrada no semiárido brasileiro.

Nessa pesquisa será apresentada uma análise comparativa entre os dois semiáridos: o vale do Pajeú (Brasil) e Graneros (Argentina). Para tanto, serão expostas e discutidas as potencialidades e limitações do acesso à água, tendo como referencial o conceito das “três águas”, que será abordado posteriormente, bem como a possibilidade de promoção do desenvolvimento nessas áreas.

No tocante ao método, utilizou-se o comparativo que, conforme Schneider; Schmitt (1998), tal método consiste na investigação de coisas ou fatos na busca por sua explicação a partir das semelhanças ou diferenças em meios sociais distintos para a detecção do que é ou não comum a ambos, podendo ser utilizado para regiões longínquas uma da outra. Essa abordagem permite conciliar a teoria e o interesse dos processos a serem analisados em dois momentos: o analógico, voltado à identificação das semelhanças entre os fenômenos; e o contrastivo, onde são trabalhadas as suas diferenças.

Para tanto, foram contemplados os seguintes procedimentos metodológicos: a seleção de dois ou mais fenômenos que permitam a comparação, ou seja, o recorte espaço-temporal bem definido (semiáridos do Vale do Pajeú e Graneros); a definição dos elementos a serem comparados (acesso à água potável ou às “três águas”); e as generalizações, isto é, agrupar os fatos para que possam iluminar-se reciprocamente, “descobrimo elementos comuns aos diferentes casos, típicos para as diferentes classes de casos, ou singulares, que não podem se repetir” (op. cit., p. 36) que serão demonstrados neste trabalho.

Em ambas as regiões semiáridas foram percebidas estágios de como lidar com a questão relacionada à água, ao enfrentamento à pobreza e a promoção do desenvolvimento local com distintos graus. A partir de um processo histórico e de algumas características físicas diferentes, cada um desenvolve suas estratégias que serão apresentadas e analisadas no decorrer do texto.

### 3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS

A região semiárida estudada no Brasil está situada na microrregião Sertão Alto do Pajeú, também conhecida como vale do Pajeú (Figura 01), que engloba 17 municípios. Pertence ao Estado de Pernambuco (98.311,616 km<sup>2</sup>, representando 7,5% do NE do Brasil).

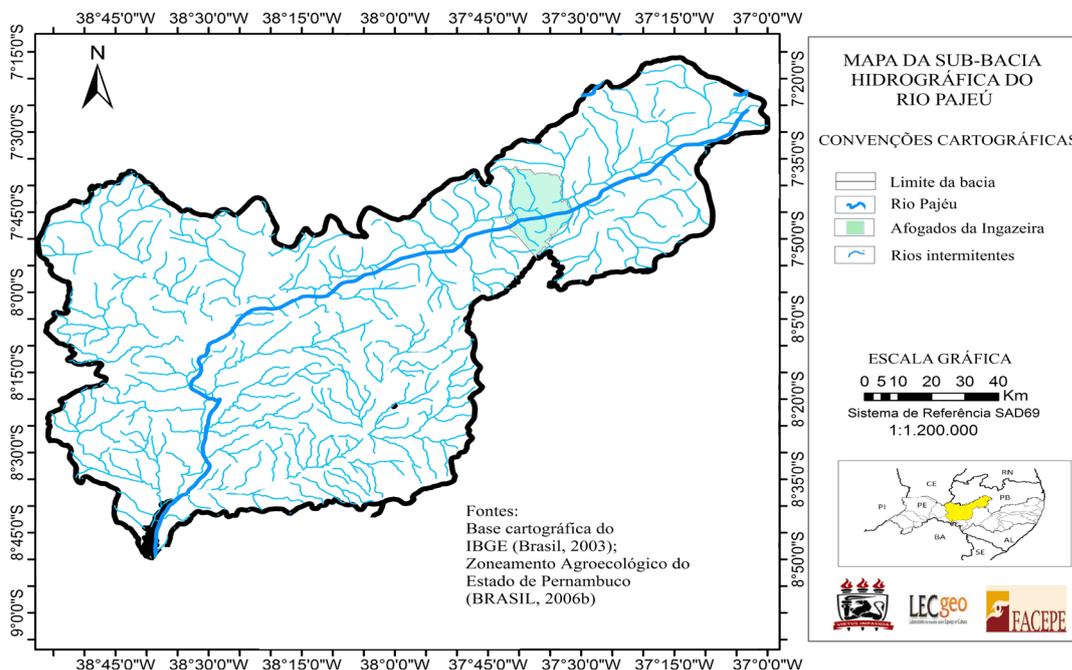


Figura 1. Divisões regionais de Pernambuco, destacando o Vale do Pajeú

Fonte: Pernambuco, 2006

O clima é tropical semiárido quente, com temperatura anual média igual ou superior a 18 °C e chuvas de verão outono, conforme classificação climática de Köppen. A taxa pluviométrica média anual dos últimos 25 anos é na ordem de 817 mm, com períodos de seis a oito meses de estiagem e com grande irregularidade. O período chuvoso ocorre entre janeiro e abril e a temperatura média do ar é de 26 °C. Na Argentina, a área de estudo é o Departamento Graneros da Província de Tucumán (Figura 02) e está localizado na Região Noroeste (NOA) do país, com uma área de 470.184 km<sup>2</sup> (Argentina, 2010). É uma zona tropical e subtropical onde acontecem importantes variações do clima devido à influência dos distintos fatores geográficos que influenciam na região (Hernández; Bobba, 2005).

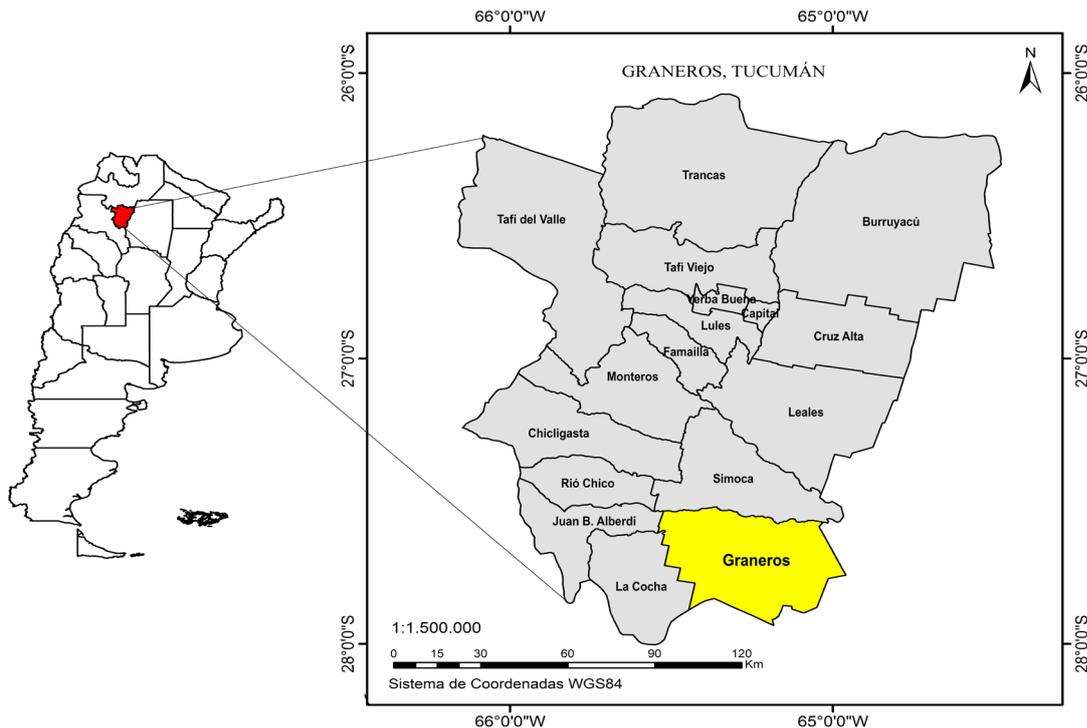


Figura 2. Localização da Província de Tucumán, destacando-se o município de Graneros  
Fonte: Argentina, 2010

Pertencente ao NOA argentino, a Província de Tucumán tem uma área de 22.524 km<sup>2</sup> o que perfaz 4,8% do NOA e uma população de 1.448.200 habitantes. A capital é São Miguel de Tucumán, com 549.163 habitantes e encontra-se a 436 m em relação ao nível do mar, (Argentina, 2010). Do ponto de vista climático, em Tucumán predomina o clima subtropical com a estação seca no inverno (Argentina, 2008). O clima caracteriza-se por chuvas no período de outubro a março que sobrepõem 1000 mm/ano. A média de temperatura anual é de 25 °C, com a mínima atingindo 13 °C. A Província possui diversos microclimas, variando em função das áreas mais elevadas, e as quatro estações bem definidas: verão quente por todo o dia devido à temperatura e umidade altas; outono agradável durante o dia e com noites frias; inverno agradável ao meio dia e tarde com noites e manhãs frias; e primavera quente ao meio dia e parte da tarde e o restante do dia agradável (Argentina, 2000).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Proveniente das atividades de campo e leitura pode-se afirmar que, apesar de todas as dificuldades, a quantidade e a qualidade das atividades em andamento no Pajeú vislumbram conquistas consideravelmente mais avançadas que as observadas no semiárido argentino, tal como mostra o quadro sintético (Tabela1).

	<b>Vale do Pajeú (Brasil)</b>	<b>Graneros (Argentina)</b>
Primeira e segunda água	<p><b>*Principais fontes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Captação de água de chuva em cisternas do P1MC ou outro programa similar (quando existente, oferece água potável pra todo ano; uso racional);</li> <li>- Poço (comum e eficiente, todavia nem sempre é possível ser construído e não oferta água para todo ano);</li> <li>- Captação de água de chuva em cisternas e outros reservatórios – tecnologia incipiente ou desconhecida na região;</li> <li>- Carro-pipa (atividade paga que vai de encontro aos princípios da liberdade ao acesso à água compreendida pela pelas articulações locais; algumas vezes é o único acesso a água);</li> <li>- Chafariz Público (de grande utilidade, porém distante das famílias rurais; difícil acesso)</li> </ul>	<p><b>*Principais fontes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Poços surgentes, semi-surgentes e comunitários (através da distribuição por canos para casas, oferece água para todo o ano; uso limitado; presença de arsênico confirmada em alguns casos, sob suspeita em vários outros)</li> <li>- Captação de água de chuva em cisternas e outros reservatórios – tecnologia incipiente ou desconhecida na região;</li> <li>- Doação (partilha de água de quem tem acesso a poço surgente; uso limitado);</li> <li>- Rio e barragens (pouco aproveitamento);</li> <li>- Poço (alguns contaminados por arsênico; outros de qualidade não atestada);</li> <li>- Compra de água engarrafada.</li> </ul>
	<p><b>*Principais fontes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cisternas de calçadão; tanque de pedra; barreiro trincheira e barragens subterrâneas (quando existente);</li> <li>- Rios, açudes, poços carro-pipa (em geral, insuficiente para todo o ano, resultando em pouca produtividade);</li> <li>- Período chuvoso natural (entre fevereiro e maio, onde é plantado, em geral milho, feijão, mandioca e hortaliças);</li> <li>- Renda e comercialização de produtos (animal ou vegetal) obtidos pelo acesso a terceira água, articulados pelos vários e vendidos em feiras ou lugares especializados, dentro ou além do vale do Pajeú.</li> </ul>	<p><b>*Principais fontes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Período chuvoso natural (entre novembro e abril, onde é cultivado milho, alface, sogro, hortaliças – batata, alface, abobora, pimentão – para consumo familiar e dos possíveis animais);</li> <li>- Grandes limitações ou quase total inexistência de renda obtida por produção agrícola;</li> <li>- Renda obtida por venda de caprinos; processo de maximização dessa fonte via Associação de moradores;</li> <li>- Dique frontal (Dique existente a Norte do Departamento e que, à medida que seca oferece terras cultiváveis).</li> </ul>
Terceira água		

É importante destacar que não há a intenção de se enaltecer ou desprestigiar uma ou outra realidade. Sendo assim, não se pode deixar de considerar o processo histórico particular de cada área, a interlocução entre os atores sociais dentro de cada contexto e o respeito pela caminhada de cada comunidade, que possui ritmos culturais e sociais diversos. Porém, um fator positivo no Nordeste brasileiro tem sido a constante e organizada partilha e reprodução de experiências exitosas que necessitam de exposição e divulgação para seu conhecimento. Isso acontece nos inúmeros seminários, fóruns, e variados tipos de eventos, a nível local, ou mesmo internacional, tanto com estudiosos do assunto como com agricultores e demais sertanejos.

Um dos diferenciais entre a realidade brasileira e argentina está relacionado com a qualidade da água conquistada. Enquanto no Nordeste a água captada e manejada através dos programas de captação pluvial tem altos índices de aprovação, comprovada a partir de diversas pesquisas sistemáticas feitas por distintos órgãos como EMBRAPA, Universidades, ONGs etc. (Pontes, 2010), a água provinda dos poços surgentes e semi-surgentes argentinos é duvidosa ou comprovadamente contaminada por arsênico, como também demonstram os estudos realizados (Guber et al., 2009).

## 5 CONCLUSÕES

Os pontos divergentes da realidade brasileira e argentina relacionam-se com a qualidade da água, os modos de articulação e as políticas públicas conquistadas. No Nordeste brasileiro a água captada e manejada por meio dos programas de captação pluvial tem qualidade testada e aprovada por diversas pesquisas sistemáticas feitas por distintos órgãos, a água provinda dos poços surgentes e semi-surgentes argentinos é duvidosa e, em vários casos, as pesquisas mostram e atestam a contaminação por arsênico.

Em relação ao nível de articulação entre as duas realidades, pode-se dizer que está de intermediário a avançado no Pajeú e inicial em Graneros, porém, convergentes quanto ao entendimento de que a articulação e integração é uma maneira factível para lograr e promover o desenvolvimento local. Em ambas as situações destaca-se o papel da mulher como ator e sujeito de transformação, liderando e protagonizando novas situações de desenvolvimento local, seja exemplificado como a articulação das mulheres produtoras do Pajeú e as mulheres da associação de caprinocultura em Graneros.

No Nordeste brasileiro e no Norte argentino a questão das políticas públicas é um nó górdio: fundamentais para o desenvolvimento, compreende-se que já se tem conquistas no primeiro caso (vide o P1MC) e carece de formulação no segundo, onde conforme Bolsi et al. (2009), não formam parte da política do Estado. Em Graneros, as novas tecnologias conseguem superar as condições naturais insatisfatórias e o agronegócio se expande. No entanto, o potencial limita-se a este grupo já que o município não obtém melhorias porque não existem novas políticas de desenvolvimento rural, há uma linha de pequena agricultura familiar, mas direcionada em termos produtivos, não contemplando o social.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argentina. Instituto Nacional de Estadística y censos de la Republica Argentina. Censo 2010. 2010. <<http://www.indec.gov.ar/>> 9 Out.2011
- Argentina. Ministério da Defesa. Servicio Metrológico Nacional. Climatología. 2000. <<http://www.smn.gov.ar/>> 10.Out.2011
- Argentina. Gobierno de Tucumán. La provincia. 2008c. <<http://www.tucuman.gov.ar/>> 11 Out.2011

- Bolsi, A. El Norte Grande Argentino entre el progreso y la pobreza. In: Población y Sociedad Nº12/13. San Miguel de Tucumán: Fundación Yocavil, 2006.
- Bolsi, A. El ámbito regional. Interrogantes y conjeturas. El territorio del norte grande argentino como contexto de la pobreza. In: : Bolsi, A.; Paolasso, P. (org). Geografía de la pobreza en el norte grande argentino. São Miguel de Tucumán: PNUD, 2009. p.123-171.
- Guber, R. S.; Tefaha, L.; Arias, N.; Sandoval, N.; Toledo, R.; Fernández, M.; Bellomio, C.; Martínez, M.; González, A. S. de. Contenido de arsénico en el agua de consumo en Leales y Graneros. Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana, v.43, p.201-207, 2009.
- Longhi, F. Los núcleos duros de miseria en el Norte Grande Argentino. In: Platas, D. A. F.; Moral, Hernanz. J. A.; Baldeiras, E. P. In-eguidad, des-igualdad, ex-inclusión social. Ciudad de México: Manovuelta, 2009. p.149-163.
- Hernández, C.; Bobba, M. Aspectos geográficos del Noroeste argentino. In: Minetti, J. L. (org). El clima del noroeste argentino. San Miguel de Tucumán: Magna, 2005. p.9-25.
- Pernambuco. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. Atlas bacias hidrográficas de Pernambuco. Recife: SECTMA, 2006.
- Pontes, E. T. M. Transições paradigmáticas: do combate à seca à convivência com o semiárido: O caso do Programa Um Milhão de Cisternas no município de Afogados da Ingazeira. Recife: EDUFPE, 2010. 180p. Dissertação Mestrado
- Rivas, A. I. Proyecto Estructura agraria y ruralidad en los núcleos duros de pobreza del Norte grande argentino. San Miguel de Tucumán: UNT, 2008.
- Schneider, S.; Schimitt, C. O uso do método comparativo. Cadernos de Sociologia, v.9, p.49-87, 1998.

# CAPÍTULO 17

## CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA PRODUÇÃO DE ALFACE IRRIGADA COM SISTEMAS DE BAIXO CUSTO

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4

 **INSA**  
INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

Alisson Jadavi Pereira da Silva  
Eugênio Ferreira Coelho  
Teógene Souza de Sá  
Vagner Pereira Silva  
Aurélio José Antunes de Carvalho  
Delfran Batista dos Santos  
Tibério Santos Martins Silva

# **CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA PRODUÇÃO DE ALFACE IRRIGADA COM SISTEMAS DE BAIXO CUSTO**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	365
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b>	365
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	368
<b>3.1 Produção de alface</b>	368
<b>3.2 Uniformidade de distribuição de água pelos sistemas</b>	369
<b>4 CONCLUSÕES</b>	371
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	371

## 1 INTRODUÇÃO

A garantia de produção agrícola na maior parte do Nordeste Brasileiro só é possível com uma agricultura irrigada ou com uso de culturas resistentes à falta de água. No Semiárido baiano, muitas famílias vivem em locais sem acesso a fontes de água superficiais e subterrâneas. Técnicas de captação de água da chuva associada a sistemas de irrigação de baixo custo podem representar uma alternativa para contornar as dificuldades que atualmente se deparam agricultores do semiárido (Helmreich & Horn, 2009). Para isso, a água da chuva captada deve ser utilizada de forma cautelosa na irrigação, para que o volume armazenado seja suficiente para suplementar a necessidade de água pelas culturas.

Em regiões semiáridas de diversos países, tal como no Zimbábwe (Mwenge Kahinda et al., 2007); África subsariana (Biazin et al., 2012); Ásia Ocidental e Norte da África (Oweis & Hachum, 2006); Iran (Masih et al., 2011); China (Wang et al., 2009; Ren et al., 2010) a captação da água da chuva para uso na agricultura, comprovadamente, não apenas reduz o risco de perdas na colheita, mas também mantém estável a produção e eleva a produtividade da água da chuva. No Brasil, Brito et al. (2012) demonstraram que no semiárido pernambucano a utilização da água da chuva na irrigação pode proporcionar aumentos de 54,5% e de 237,3% nas produtividades do feijão-caupi e do milho, quando comparados aos valores obtidos em condições dependentes de chuva.

Para se alcançar altos índices de eficiência de uso da água da chuva na agricultura familiar, a escolha adequada do método de irrigação é uma necessidade básica e indispensável. Rockstrom et al. (2010) notaram que nestas condições a produção é bastante variável devido ao ineficiente manejo da água. Neste sentido, para avaliar os sistemas de irrigação de baixo custo para a agricultura familiar, necessário se faz determinar os diversos parâmetros de desempenho como vazão, tempo de irrigação e uniformidade de aplicação da água, mas também, validar esses sistemas de forma participativa. Assim, avaliações hidráulicas, no contexto da agricultura familiar, especialmente, em assentamento de reforma agrária, devem ser realizadas associadas aos métodos participativos, que são parte intrínsecas de qualquer trabalho de pesquisa ou extensão envolvendo tal segmento, por dois motivos básicos: exigência dos pequenos agricultores e efetividade da ação. Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi divulgar as vantagens em associar a captação da água de chuva e sistemas de irrigação de baixo custo, e avaliar : (i) o crescimento e a produtividade da alface irrigada com água de chuva por diferentes sistemas de irrigação de baixo custo; (ii) a distribuição de água dos diferentes sistemas utilizados; (iii) a eficiência do uso da água captada da chuva pela cultura da alface irrigada por diferentes sistemas de irrigação.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no ano de 2011, no assentamento Serra Verde, em Senhor do Bonfim-BA (10°28'S; 40°11'W), condição semiárida, com precipitações médias anuais em torno de 850 mm, e altitude de 550m. No período de fevereiro a março de 2011, instalou-se um sistema de captação de água de chuva, utilizando-se de um telhado com área de 184 m<sup>2</sup> já existente no assentamento, direcionando através de uma calha, o volume de água de chuva interceptado no telhado para duas cisternas, sendo que cada cisterna apresentava um volume de 16 m<sup>3</sup>, as quais foram interligadas (Figura 1).



Figura 1. Condução da água de chuva captada para duas cisternas interligadas

Plantou-se alface (*Lactuca sativa L.*) cultivar grand rapids TBR, no dia 02 de junho de 2011, em uma sementeira localizada dentro da área experimental. A germinação ocorreu por volta do 6º dia após o plantio (DAP), o transplântio foi realizado sete dias depois (13 D.A.P) e a colheita feita em 21 de julho de 2011. Os canteiros foram construídos com dimensões de 0,8 x 4,0 m e área equivalente a 3,2 m<sup>2</sup>, sendo as plantas dispostas no espaçamento 0,2 x 0,2 m, totalizando 26 plantas por canteiro. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro tratamentos e seis repetições, sendo cada parcela constituída de uma leira com dimensão de 0,8 x 4,0 m com três plantas úteis, totalizando setenta e duas plantas úteis. As parcelas foram adubadas com 20 L de esterco de aviário bem curtido proveniente do IF Baiano. Na Figura 2, tem-se a visualização da área experimental.



Figura 2. Visualização da área experimental

Os sistemas utilizados foram: (S2) irrigação com microtubos artesanais com vazão de 40 L.h<sup>-1</sup>, utilizando-se quatro emissores por canteiro (Figura 3A); (S3) irrigação por mangueira perfurada tipo santeno, utilizando-se uma mangueira entre dois canteiros (Figura 3B); (S4) irrigação por sulco com canais de superfície revestida com lona plástica (Figura 3C). Considerou-se ainda, um tratamento testemunha (S1), no qual as parcelas foram irrigadas com uso de regador de 8 litros, na quantidade de um regador por dia durante todo ciclo da cultura, conforme faziam os agricultores antes da instalação da unidade demonstrativa/experimental.

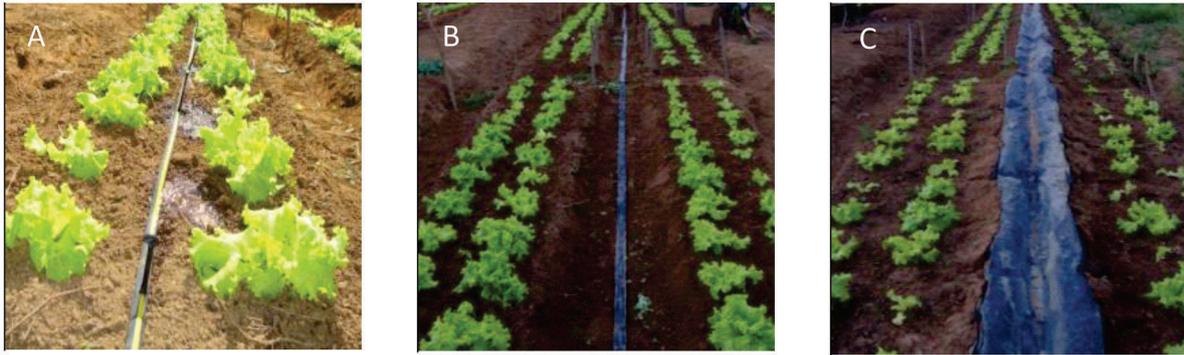


Figura 3. Detalhe dos sistemas de irrigação avaliados. Microtubos artesanais (A); Mangueiras perfuradas (B) e Sulcos com canais revestidos (C)

O volume de água aplicado foi o mesmo para todos os sistemas avaliados (S2, S3 e S4), e foi determinado com base em dados obtidos na estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia instalada no IF Baiano – Campus Senhor do Bonfim – BA, utilizando-se da metodologia proposta por Allen et al. (1998). A umidade do solo foi monitorada em vários pontos de um plano horizontal nos canteiros numa malha de 0,50 m x 0,50 m. Guias de onda de TDR (Reflectometria no domínio do tempo), com hastes de 0,10m de comprimento, foram inseridas verticalmente nos diversos pontos dos canteiros, de maneira a se obter a umidade em todo o plano. A umidade foi obtida utilizando-se da equação de calibração proposta por Silva & Coelho (2013). As leituras de umidade do solo com as sondas de TDR foram feitas após a irrigação, sendo que com os dados obtidos determinou-se os coeficientes de uniformidade (CUC E CUD) utilizando-se das seguintes equações:

$$CUC = 100 \left[ 1 - \frac{\sum |z_i - \bar{z}|}{\bar{z} \cdot N} \right] \quad (1)$$

em que: CUC é o coeficiente de uniformidade de Christiansesn, %;  $z_i$  é a umidade medida no ponto  $i$  da malha,  $\bar{z}$  é a umidade média do canteiro e  $N$  o número de pontos da malha.

$$CUD = \frac{\overline{z_{(25)}}}{\bar{z}} \cdot 100 \quad (2)$$

em que: CUD é o coeficiente de uniformidade de distribuição segundo Davis (1966); (25) é a umidade média ponderada das menores umidades correspondentes a 25% do canteiro.

As variáveis de produção analisadas foram: massa fresca da parte aérea de todas as plantas da parcela útil ( $t \text{ ha}^{-1}$ ); massa seca da parte aérea ( $t \text{ ha}^{-1}$ ), avaliada na amostra de três plantas (seca em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até atingir peso constante). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, complementada pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Houve a participação dos assentados na concepção do projeto e nas atividades de preparo da terra, construção das cisternas e condução do plantio e irrigações. Realizou-se quatro dias de campo durante o desenvolvimento do experimento com o objetivo de divulgar a prática da associação da técnica de captação de água da chuva e sistemas de irrigação de baixo custo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 apresenta os valores de chuva ocorrido no período de desenvolvimento do trabalho. A precipitação ocorrida entre o plantio e a colheita da alface foi de apenas 33,64% da necessidade hídrica da cultura calculada para o período. Até as duas primeiras semanas após o transplante a lâmina precipitada foi superior a necessidade de irrigação da cultura, porém a partir da metade da segunda, a precipitação foi insuficiente e a necessidade de irrigação tornou-se evidente para a cultura. Estimou-se, para todo o ciclo da cultura, um requerimento de água de 147,4 mm. Entretanto, a chuva ocorrida neste mesmo período foi de 49,6 mm. A precipitação ocorrida no período de acúmulo das águas nos meses de abril e maio foi de 236 mm. Com isto, levando-se em conta a área do telhado utilizado (184 m<sup>2</sup>), percebe-se que a chuva deste período foi suficiente para superar o volume de armazenamento das duas cisternas (32 m<sup>3</sup>), sendo que a quantidade de água armazenada nestes meses supriu a necessidade da irrigação suplementar para o cultivo de alface nos meses de junho e julho, elucidando que o uso da técnica de captação de água da chuva com uso de cisternas associada a sistemas de irrigação de baixo custo possibilita o cultivo de culturas de ciclo curto em épocas de estiagem nas condições semiáridas baianas.

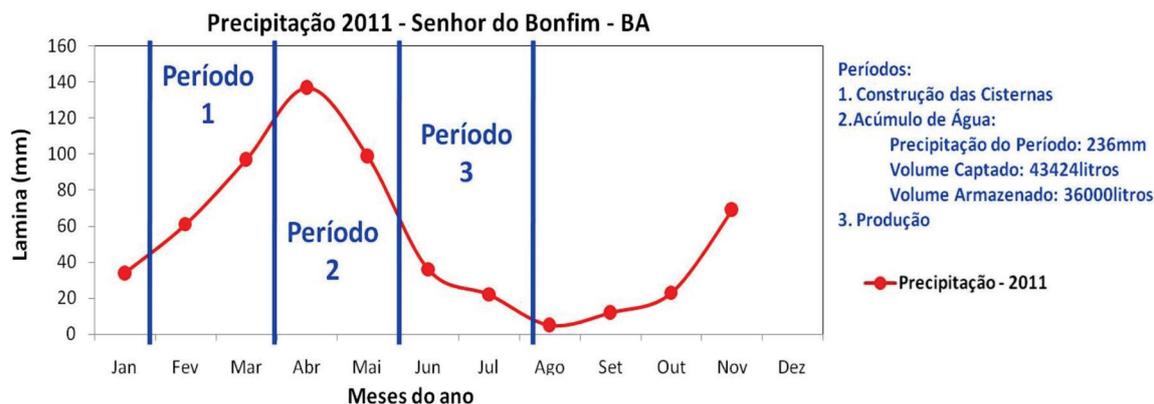


Figura 4. Precipitação ocorrida no período de desenvolvimento do trabalho

#### 3.1 Produção de alface

A análise de variância não foi significativa ao nível de 5% de probabilidade para as variáveis Altura de plantas, Folhas por planta e Diâmetro de plantas aos 19 D.A.P. Não obstante, a partir dos 34 D.A.P verificou-se haver variações nos valores obtidos destes parâmetros. Para a variável Altura de plantas, observam-se valores superiores nas plantas irrigadas pelos sistemas que utilizam microtubos e mangueiras perfuradas tipo santeno, comparadas as plantas submetidas ao sistema tradicional de cultivo dos assentados e a irrigação por sulco de canais revestidos. No que diz respeito ao número de folhas por planta, verificou-se variação nos valores obtidos apenas no período entre 34 D.A.P e 40 D.A.P, não observando variação significativa ao final do ciclo. Valores muito próximos de diâmetro de plantas foram observados nos sistemas (S) 2, 3 e 4, os quais apresentaram-se superiores aqueles medidos no sistema tradicional de cultivo dos assentados.

Tabela 1. Médias de crescimento de Alface cultivada sob irrigação com uso de água da chuva, utilizando-se diferentes sistemas de baixo custo, Senhor do Bonfim-BA

D.A.P	Altura de plantas (cm)				Folhas por planta (N <sup>0</sup> )				Diâmetro de plantas (cm)			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
19	2,25a	2,52a	2,33a	2,3a	2,27a	2,0a	2,11a	2,16a	5,6a	4,77a	5,06a	5,08a
34	3,88ab	4,8b	4,16ab	3,36a	4,38ab	4,83a	4,5a	3,72b	12,1a	14,84ab	15,38b	12,08a
40	4,2a	8,1c	7,6bc	6,5b	4,61a	5,21b	5,77b	5,26b	15,68a	18,2ab	21,33b	19,38ab
47	7,0a	10,45b	9,05ab	9,13b	5,88a	6,58a	6,94a	6,90a	20,37a	26,35b	26,34b	26,79b

\* Médias seguidas de letras diferentes, nas linhas, diferem significativamente pelo teste Tukey (p=0,05).

Na Tabela 2, pode-se observar que a máxima produção de matéria fresca da parte aérea (g planta<sup>-1</sup>) foi obtida nas plantas irrigadas pelas mangueiras perfuradas tipo santeno, as quais apresentaram um peso médio na ordem de 78,54, 53,86 e 27,78% maior que os observados nos sistemas que utilizam o cultivo tradicional dos assentados, microtubos e sulcos com superfície revestida, respectivamente. A produtividade obtida nos Sistemas 1, 2, 3 e 4 foram respectivamente 4.325, 9.300, 20.150 e 14.557,5 kg ha<sup>-1</sup>, o que está de acordo com outros estudos com alface (Fritz & Venter, 1988; Santos et al., 1994; Silva et al., 2011).

Tabela 2. Médias dos parâmetros de produção de Alface irrigada por diferentes sistemas de irrigação de baixo custo utilizando captação de água da chuva

Sistema	Matéria Fresca da parte Aérea	Matéria Seca da parte Aérea
	(g planta <sup>-1</sup> )	(g planta <sup>-1</sup> )
1	17,30a	1,6a
2	37,20a	3,43ab
3	80,63b	8,5b
4	58,23ab	6,16ab

\* Médias seguidas de letras diferentes, nas colunas, diferem significativamente pelo teste Tukey (p=0,05).

### 3.2 Uniformidade de distribuição de água pelos sistemas

Observa-se, pela Tabela 3, que os valores dos coeficientes CUC e CUD obtidos para os diferentes sistemas avaliados foram próximos. Verifica-se que o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foi menor que o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), o que é esperado, pelo fato de que o primeiro considera a média dos 25% menores valores de umidade obtidos e o de Christiansen pondera a média dos umidades obtidas em todo canteiro.

Tabela 3. Valores dos coeficientes de uniformidade CUC e CUD, obtidos no interior do solo

Sistema	CUC (%)	CUD (%)
Microtubos Artesanais	80,69	75,15
Mangueiras Perfuradas	84,91	77,37
Sulco Revestido	80,67	74,04

As distribuições de umidade no interior dos canteiros, determinada com uso da TDR após a irrigação via os sistemas de microaspersão artesanal, mangueiras plásticas perfuradas e sulcos de superfície revestida, encontram-se ilustradas nas Figuras 5A, 5B e 5C. Observa-se que a distribuição de umidade no interior do solo proporcionada pelo sistema de irrigação com mangueiras perfuradas tipo tripa apresenta-se em valores mais semelhantes por todo o canteiro (Figura 5B), o que corrobora com o coeficiente de uniformidade obtido nesse sistema, que foi, em termos absolutos, maior que os demais. Para o sistema de irrigação via sulco com superfície revestida são verificados valores mais elevados de umidade no início do canal de distribuição, sendo que os valores diminuem gradativamente ao longo dos canteiros em direção ao final do canal. Nos canteiros irrigados por microaspersão artesanal, tem-se a formação de bulbos horizontais no centro dos canteiros. As distribuições de umidade no solo, bem como a uniformidade de distribuição, estão bem relacionadas ao desenvolvimento da alface, pois a máxima produção de matéria fresca da parte aérea foi obtida nas plantas irrigadas pelas mangueiras perfuradas tipo tripa, sistema onde foram obtidos os maiores valores dos coeficientes de uniformidade de Distribuição e de Christiansen.

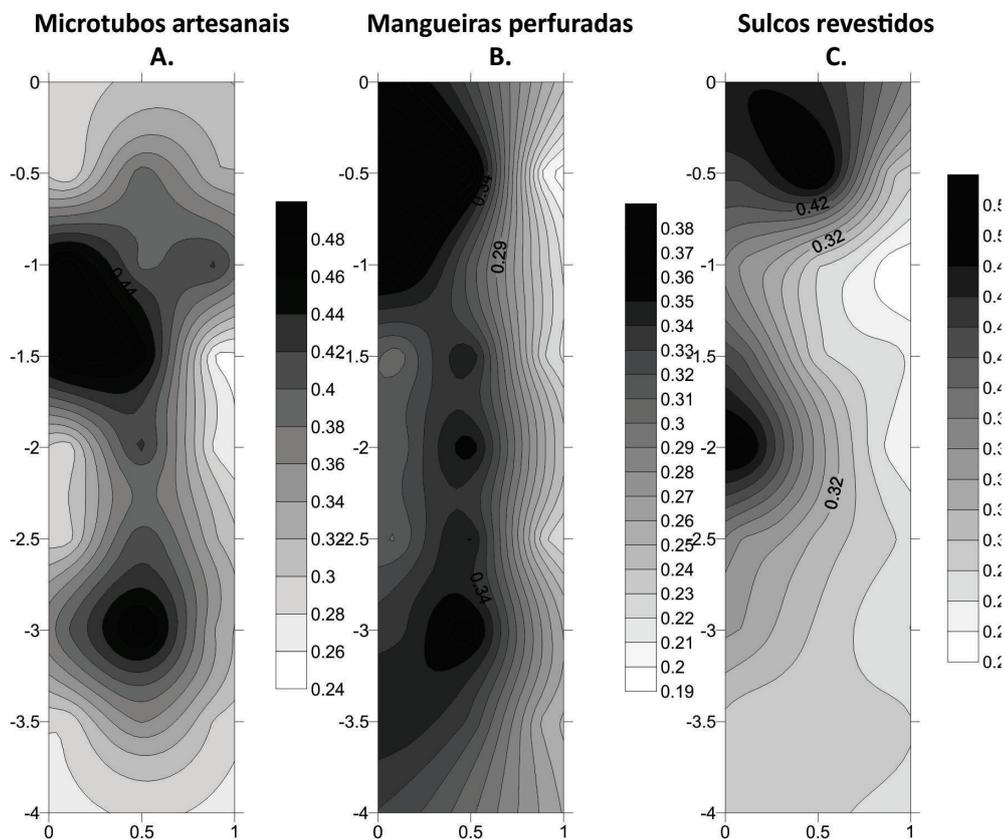


Figura 5. Distribuição de umidade no solo após irrigação da alface por diferentes sistemas de irrigação de baixo custo.

A Tabela 4 apresenta os valores de eficiência de uso da água tomada como a razão entre a produtividade da alface e a lâmina total de água aplicada durante o ciclo da cultura. Com uma lâmina total aplicada durante todo ciclo da alface de 147,41mm em todos os sistemas de irrigação, verifica-se que na parcela sob irrigação via mangueiras perfurada tipo tripa obteve-se uma maior relação entre massa fresca de alface obtida por unidade de água aplicada. Esse fato está relacionado à melhor distribuição de água no solo do sistema, como já discutido quando foram apresentados os valores de CUC e CUD obtidos no interior do solo.

Tabela 4. Eficiência de uso da água (E.U.A) de chuva na irrigação de alface por sistemas de irrigação de baixo custo – assentamento Serra Verde, Senhor do Bonfim

Sistema	Lâmina aplicada (mm)	Produtividade (g.m <sup>-2</sup> )	E.U.A (g.L <sup>-1</sup> )
Microaspersão artesanal	147,41	413,33	2,80
Mangueiras perfuradas	147,41	895,88	6,07
Sulcos com canais de superfície revestida	147,41	647,00	4,38

## 4 CONCLUSÕES

O uso da técnica de captação de água da chuva junto a sistemas de irrigação de baixo custo possibilitou o cultivo de alface em épocas de estiagem nas condições semiáridas baianas;

O maior rendimento de alface foi obtido no sistema de irrigação com mangueiras perfuradas tipo santeno, sistema este em que obteve-se os maiores índices de uniformidade de distribuição de água e eficiência de uso da água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300p. Irrigation and Drainage Paper, 56.
- Biazin, B.; Sterk, G.; Temesgen, M.; Abdulkedir, A.; Stroosnijder, L.; Rainwater harvesting and management in rainfed agricultural systems in sub-Saharan Africa – A review. *Physics and Chemistry of the Earth*, v.47-48, p.139-151, 2012.
- Brito, L. T. L.; Calvalcanti, N. B.; Silva, A. S.; Pereira, L. A. Produtividade da água de chuva em culturas de subsistência no Semiárido Pernambucano. *Engenharia Agrícola*, v.32, p.102-109, 2012.
- Fritz, D.; Venter, F. Heavy metals in some vegetable crops as influenced by municipal waste composts. *Acta Horticulturae*, v.222, p.51-62, 1998.
- Keller, J.; Bliesner, R. D. Sprinkler and trickle irrigation. New York: van Nostrand Reinhold, 1990. 652p.
- Helmreich, B.; Horn, H. Opportunities in rainwater harvesting. *Desalination*. v. 248, p.118-124, 2009.
- Masih, I.; Maskey, S.; Uhlenbrook, S.; Smakhtin, V. Impact of upstream changes in rain-fed agriculture on downstream flow in a semi-arid basin. *Agricultural Water Management*, v.100, p.36-45, 2011.
- Mwenge Kahinda, J.; Rockstrom, J.; Taigbenu, A.E.; Dimes, J. Rainwater harvesting to enhance water productivity of rainfed agriculture in the semi-arid Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth*. v.32, p.1068-1073, 2007.

- Oweis, T.; Hachum, A. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming system in West Asia and North Africa. *Agricultural Water Management*, v.80, p.57-73, 2006.
- Ren, X.; Chen, X.; Jia, Z. Effect rainfall collecting with ridge and furrow on soil moisture root growth of corn in semiarid northwest China. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v.196, p.102-122. 2010.
- Rockstrom, J.; Karlberg, L.; Wani, S. P. Managing water in rainfed agriculture – The need for a paradigm shift. *Agricultural Water Management*. v.97, p.543-550. 2010.
- Santos, R. H. S.; Casali, V. W. D; Condé, A. R.; Miranda, L. C. G. Qualidade de alface cultivada com composto orgânico. *Horticultura Brasileira*, v.12, p.29-31,1994.
- Silva, A. J. P. da; Coelho, E. F. Water percolation estimated with time domain reflectometry (TDR) in drainage lysimeters. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.37, p.920-927, 2013.
- Silva, E. M.; Ferreira, R. L.; Araújo Neto, S. E.; Tavella, L. B.; Solino, A. J. S. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. *Horticultura Brasileira*, v.29, p.242-245, 2011.
- Wang, Y.; Xie, Z.; Malhi, S. S.; Vera, C. L.; Zhang, Y., Wang, J. Effects of rainfall harvesting and mulching Technologies on water use efficiency and crop yield in the semi-arid Loess Plateau, China. *Agricultural Water Management*, v.96, p.374-382, 2009.

# CAPÍTULO 18

## REGIME PLUVIAL E POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA AS MICRORREGIÕES MAIS SECAS DA PARAÍBA

Hermes Alves de Almeida  
Maysa Porto Farias

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4

 **INSA**  
INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

# **REGIME PLUVIAL E POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA AS MICRORREGIÕES MAIS SECAS DA PARAÍBA**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	375
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b>	376
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	377
<b>4 CONCLUSÕES</b>	384
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	384

## 1 INTRODUÇÃO

O clima é considerado como o elemento condicionador da dinâmica ambiental, por exercer influência direta tanto nos processos de ordem física quanto biológica, assim como na sociedade de um modo geral.

O Semiárido nordestino é a segunda região mais populosa do Brasil, embora disponha do menor potencial de recursos hídricos. A maioria do subsolo é cristalina e, por isso, não propicia à formação de aquíferos. Assim, o barramento do escoamento superficial é a principal garantia hídrica e a precipitação pluvial a única fonte de suprimento (Almeida, 2012).

No entanto, a chuva é o elemento do clima de maior variabilidade espacial e temporal em qualquer região e, em especial, nesta região. Essa dispersão é bem similar a do semiárido paraibano, onde o modelo mensal e intra-anual de distribuição de chuvas é extremamente irregular tanto no tempo quanto no espaço. Além disso, na maioria dos anos, a chuva ocorre durante dois a três meses, em outros persistem por até nove ou chove torrencialmente num local e quase nada nos seus arredores (Almeida, 2012, Almeida, Freitas & Silva, 2013).

O Semiárido nordestino é uma região com pouca abundância de rios perenes. Essa condição pode ser explicada não somente em razão da variabilidade temporal das precipitações, mas das características geológicas dominantes, onde há predominância de solos rasos e pedregosos e o subsolo formado por 70% de rochas cristalinas (Oliveira, Nóbrega & Almeida, 2012).

Devido ao elevado percentual de água existente no planeta criou-se a falsa ilusão de que a água era um recurso infinito. O que existe, de fato, é muito pouca água doce para uma população que cresce dia-a-dia e, em alguns locais, de forma desordenada. Por isso, a baixa oferta de água potável ou, até mesmo, a escassez total em várias localidades já é uma realidade (Oliveira, Nóbrega & Almeida, 2012).

De acordo com Brito et al. (2007), a cisterna domiciliar 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.

Neste contexto, Gnadlinger, Silva & Brito (2007) citam um projeto de convivência com o semiárido, o Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2), que pretende assegurar à população rural o acesso à Terra e à água, tanto para o consumo familiar e dos animais, quanto para a produção de alimentos.

Os sistemas de aproveitamento de água da chuva podem ser desde os mais simples até os mais sofisticados. Assim, a experiência de captação e armazenamento de água da chuva em cisternas, nesta região, tem se revelado numa alternativa importante para aumentar a oferta de água potável e para uso difuso (Almeida & Gomes, 2011).

Diante da irregularidade na quantidade e distribuição de chuvas das localidades menos chuvosas, das microrregiões mais secas da Paraíba (Cariri, Curimataú e Seridó), houve a necessidade de se estabelecer, estatisticamente, o regime pluvial mensal, anual e o da estação chuvosa desses locais e estimar os respectivos volumes potenciais de captação de água da chuva, associando-os aos diferentes níveis de probabilidade, sendo essas determinações os objetivos principais deste trabalho.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Séries de dados mensais e anuais de precipitação pluvial de dezessete localidades, pertencentes às microrregiões geográficas mais secas do Estado da Paraíba: Cariri, Curimataú e Seridó e cedidas pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A), Campina Grande, PB, constituirão o universo de análises. Desse conjunto foram selecionados os dois locais mais secos das microrregiões do Cariri (Cabaceiras e Caraúbas); Curimataú (Barra de Santa Rosa e Pocinhos) e Seridó (Pedra Lavrada e Nova Palmeira) como mostra a Tabela 1, por serem as mais secas da Paraíba.

Tabela 1. Relação dos locais mais secos das microrregiões do Cariri, curimataú e Seridó do Estado da Paraíba, com as suas respectivas coordenadas geográficas e período de dados.

<b>Microrregião do Cariri</b>				
Latitudes	Longitudes	Municípios	Nomes das estações	Período
07° 30'S	36° 17'W	Cabaceiras	Cabaceiras	1960-2013
07° 43'S	36° 31'W	Caraúbas	Caraúbas	1931-2013
<b>Microrregião do Curimataú</b>				
07° 4'S	36° 2'W	Pocinhos	Pocinhos	1923-2013
06° 43'S	36° 04'W	Barra de Santa Rosa	Barra de Sta Rosa	1931-2013
<b>Microrregião do Seridó</b>				
06° 45'S	36° 28'W	Pedra Lavrada	Pedra Lavrada	1934-2013
06° 41'S	36° 25'W	Nova Palmeira	Nova Palmeira	1994-2013

Utilizando-se a distribuição de frequência, os dados brutos (originais) foram arranjados em classes ou categorias, sendo determinados: os intervalos e a amplitude da classe, os pontos médios de cada classe, com as suas respectivas frequências, histogramas e polígonos de frequência, mediante critérios estatísticos descritos por Almeida & Gomes (2011).

O agrupamento mensal e anual de chuvas foi feito obedecendo à sequência cronológica. Em seguida, foram determinadas as medidas de tendência central (média e mediana), de dispersão (amplitude e desvio padrão) e os parâmetros da distribuição de frequência.

As médias, medianas e desvios padrão da precipitação pluvial de cada microrregião, foram calculados pela média aritmética das duas localidades mais secas. Após análises individuais constatou-se que, os modelos mensais e anuais de distribuição eram assimétricos e, por isso, o uso da mediana, como medida de tendência central, é o recomendado e não a média.

A estação chuvosa, de cada local, foi estabelecida como sendo a sequência de meses com os maiores valores medianos (mediana da série) e o da microrregião, pelas médias aritméticas das medianas, extensivo, também, análise anual.

Os totais anuais de precipitação foram ajustados à distribuição normal reduzida, utilizando-se a variável transformada (Z), mediante critérios estatísticos descritos por Almeida & Silva (2008), sendo calculadas as frequências observada e esperada, a diferentes níveis de probabilidade.

Para efeito de análises foram estabelecidos quatro cenários com totais anuais de precipitação pluvial (CPA), equivalentes aos níveis de 25, 50 e 75% de probabilidade e o da mediana da série. De posse desses cenários foram estimados os volumes potenciais de captação de água da chuva (VPC), simulando-se quatro áreas de captação (AC)-60, 80, 100 e 120 m<sup>2</sup>, e do coeficiente de escoamento (adimensional), mediante a Eq (1).

$$VPC (L) = CPA (mm) \times AC (m^2) \times C_e \quad (1)$$

Para uniformizar o sistema de unidades e obter o volume em litros, utilizou-se a seguinte relação: 1 mm de chuva equivale ao volume de 1 litro por cada m<sup>2</sup> de área (1L.m<sup>-2</sup>).

A área de captação mínima necessária (ACN) foi calculada, adotando-se um VPCp de 16 mil litros como referencia, pela Eq (2).

$$ACN (m^2) = \frac{VPC_p (L)}{CPA (mm) \times C_e} \quad (2)$$

Os cálculos, análises estatísticas, bem com a confecção dos gráficos e quadros foram feitos utilizando-se planilhas Excel.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 1, 2 e 3 apresentam, respectivamente, a distribuição média mensal das medias, medianas e desvios padrão (DP) da precipitação pluvial das duas localidades mais secas das microrregiões do Cariri, Curimataú e Seridó do Estado da Paraíba. Observa-se que, em ambas as microrregiões, os valores das médias mensais de chuvas são irregularmente distribuídas, com desvios padrão superiores às médias aritméticas esperadas de julho-agosto a fevereiro.

Com relação à irregularidade das médias mensais, constata-se que a maior dispersão (DP) média, das duas localidades mais secas, foi para a microrregião do Cariri, com DP médio mensal de 156%, seguida pela a do Curimataú (134%) e a do Seridó (127%). Como os DPs são maiores que 100%, isso indica que os desvios são superiores à média.

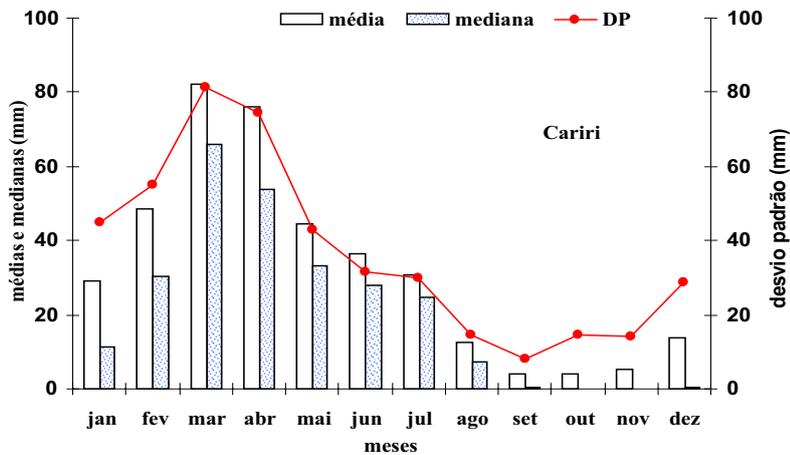


Figura 1. Médias mensais das médias, medianas e do desvio padrão (DP) da precipitação pluviométrica das duas localidades mais secas da microrregião da Cariri da Paraíba.

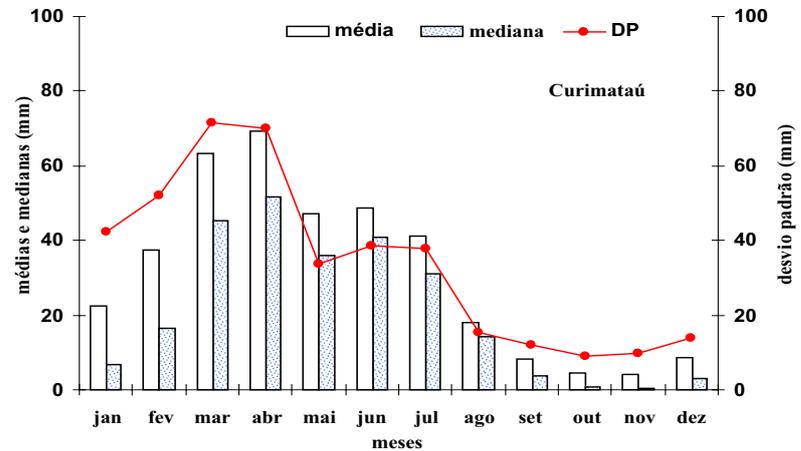


Figura 2. Médias mensais das médias, medianas e do desvio padrão (DP) da precipitação pluviométrica das duas localidades mais secas da microrregião do Curimataú da Paraíba.

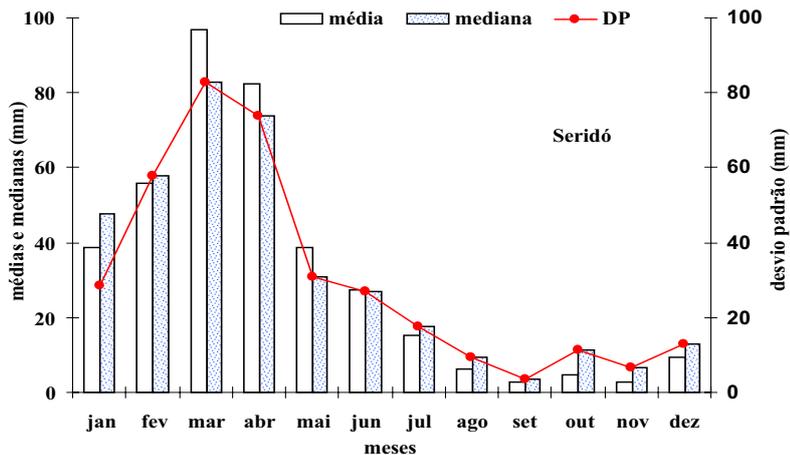


Figura 3. Médias mensais das médias, medianas e do desvio padrão (DP) da precipitação pluviométrica das duas localidades mais secas da microrregião do Seridó da Paraíba.

Nas Figuras (1, 2 e 3), observa-se que as médias aritméticas mensais diferem das medianas. Isso indica que, os modelos de distribuições de chuvas, para essas microrregiões, são assimétricos e, portanto, a medida de tendência central recomendada é a mediana e não a média.

Destaca-se, entretanto que a média, mesmo sendo a medida de tendência central mais usada, ela não deve ser usada numa distribuição assimétrica por não ser o valor mais provável de ocorrer. Para esse tipo de distribuição, utiliza-se a mediana, o que concorda com as indicações feitas por Almeida & Gomes (2011); Almeida (2012); Almeida et al. (2013).

Diante disto, as medianas mensais ou anuais passam ser a medida de tendência central referenciada neste trabalho. Somando-se os totais medianos mensais, constata-se, que das três microrregiões estudadas, representadas pelas localidades mais secas, a mais chuvosa (maior mediana) é a do Cariri, a do Seridó a mais seca e a do Curimataú a intermediária.

A estação chuvosa inicia-se em fevereiro-março e dura até abril-maio, nas microrregiões do Cariri e Seridó e estendem-se aos meses de junho-julho, para a microrregião do Curimataú. Os meses de agosto a dezembro são os menos chuvosos (secos), em qualquer das microrregiões, além de apresentarem, frequentemente, valores nulos.

Outra característica do regime pluvial é que a curta estação chuvosa difere em quantidade e em duração, ou seja, a do Cariri (a mais chuvosa) chove o equivalente a 50,8% do total anual. Já, a do Seridó (a mais seca) a concentração é bem maior (96,0%) e a do Curimataú, incluindo os meses de junho e julho, precipita nessa estação o equivalente a 65,3% da mediana anual. Destaca-se, entretanto, que esses percentuais referem-se às médias das duas localidades e não de uma ou outra localidade ou da microrregião. Numa análise preliminar, observou-se que essas percentagens não diferem muito, ao comparar um local com outro intra e extra microrregião ou com a média microrregional.

O modelo de distribuição das médias e medianas anuais da precipitação pluvial, das duas localidades mais secas, das microrregiões do Cariri, Curimataú e Seridó, é apresentado na Figura 4.

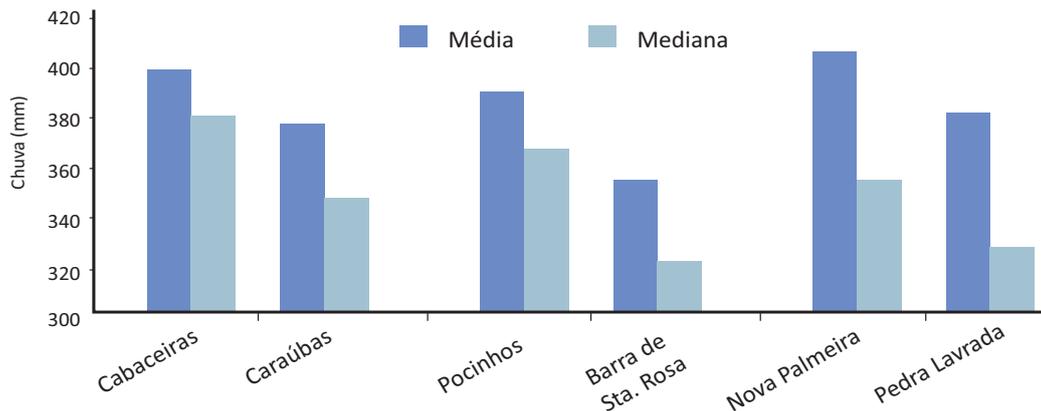


Figura 4. Médias anuais das médias e medianas da precipitação pluvial das duas localidades mais secas das microrregiões do Cariri, Curimataú e Seridó da Paraíba.

Observa-se que, as médias aritméticas são diferentes (maiores) que as medianas, ou seja, que há uma assimetria positiva. Assim, adotar-se-á, também a mediana, como medida de tendência central e não a média, pelos motivos expostos anteriormente para as distribuições mensais de chuvas. Resultados esses que concordam as indicações feitas por Almeida (2012), ou seja, usar a mediana, em vez da média, para esse tipo de distribuição.

A ordenação crescente da mediana da precipitação pluvial das seis localidades mais secas das microrregiões do Cariri, Curimataú e Seridó, é mostrada na Figura 5.

Das seis localidades mais secas analisadas nas três microrregiões paraibanas, a localidade de Barra de Santa Rosa é a que apresentou a menor mediana (360 mm) e Cabaceiras a maior (380 mm), para o tamanho da série descrita na Tabela 1.

Esse resultado, a princípio, parece surpreendente, uma vez que, os meios de comunicação de massa sempre afirmaram que Cabaceira era a localidade mais seca do Nordeste, quiçá do Brasil. No entanto, essa análise comparativa comprova-se o contrário, ou seja, Cabaceiras é a mais chuvosa do universo das seis localidades, apenas comparando-se com às três microrregiões mais secas do Estado da Paraíba, sem se quer incluir outros locais de microrregiões mais secas do Semiárido nordestino.

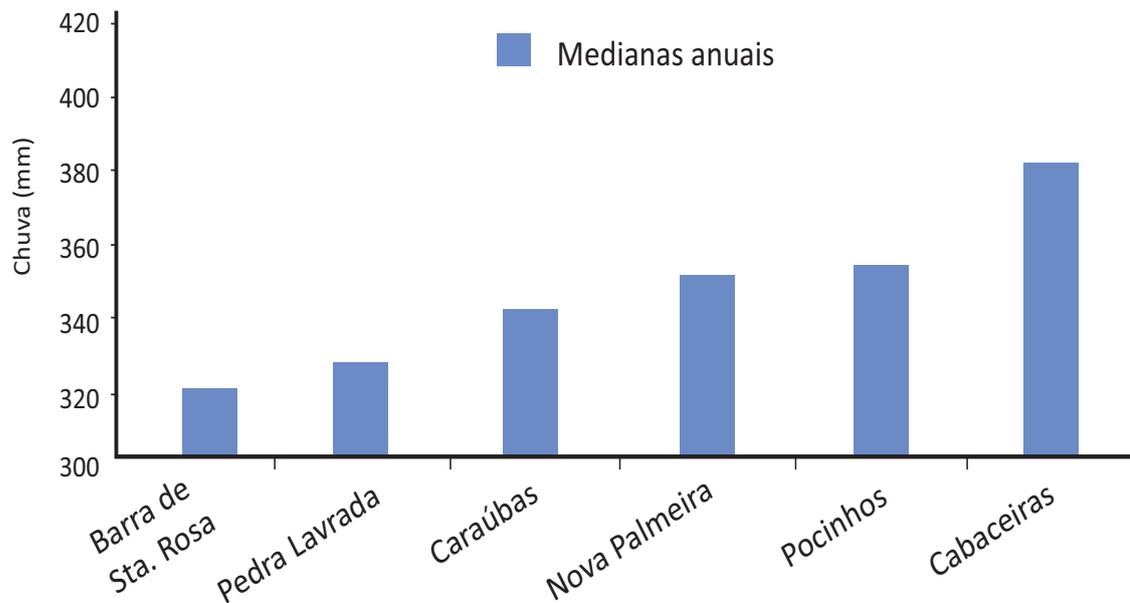


Figura 5. Médias das medianas anuais da precipitação pluvial, em ordem crescente, das localidades mais secas das microrregiões do Cariri, Curimataú e Seridó da Paraíba

Constata-se, também, na Figura 6 que o desvio padrão da média, que representa a dispersão entre o valor observado anualmente em relação ao esperado (média aritmética) foi menor em Cabaceiras e maior em Barra de Santa Rosa. Essa inversão entre a quantidade mediana da chuva e o desvio padrão concorda com o encontrado por Almeida (2012), Almeida et al. (2013), para outras localidades do estado da Paraíba, e de Oliveira et al. (2012), para uma localidade do Estado de Pernambuco.

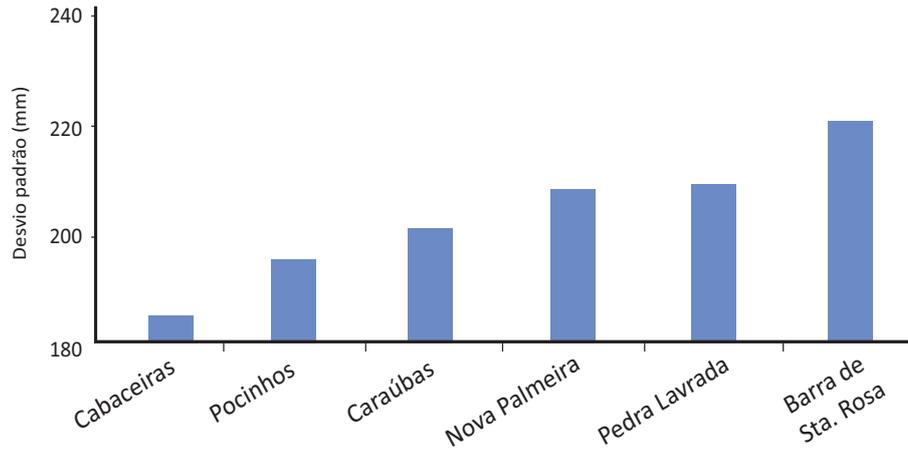


Figura 6. Médias anuais dos desvios padrão da precipitação pluvial, em ordem crescente, das localidades mais secas das microrregiões do Cariri, Curimataú e Seridó da Paraíba

A Figura 7 mostra o potencial anual para a captação da água da chuva, transformando mm em volume por unidade de área, para as três microrregiões mais secas da Paraíba dos quatro cenários pré-estabelecidos (mediana e aos níveis de 25, 50 e 75 % de probabilidade).

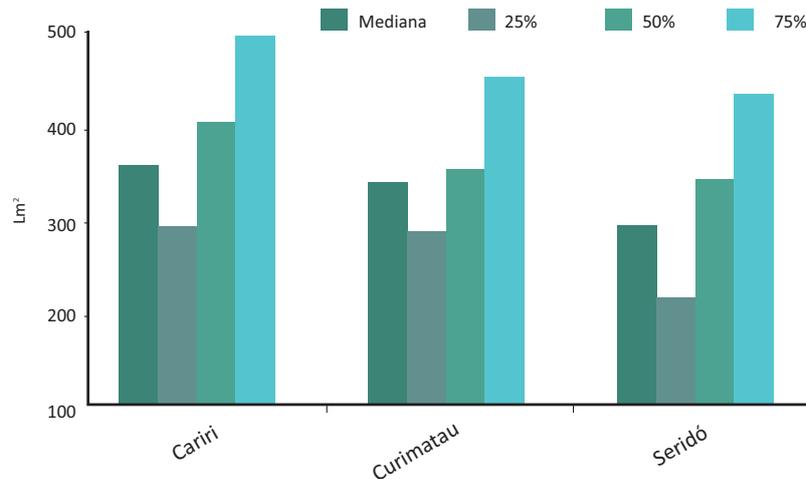


Figura 7. Volumes potenciais de água da chuva, para quatro cenários de regime pluvial, referentes as localidade mais secas das microrregiões do Cariri, Curimataú e Seridó da Paraíba

Observa-se (Figura 7) que no cenário da mediana, a microrregião do Cariri tem um potencial de 361 L.m<sup>-2</sup>, contra 340 do Curimataú e de 255 L.m<sup>-2</sup> do Seridó. Exemplificando-se para os cenários prováveis, a 25 e 75% de probabilidade, constata-se que o potencial de chuvas no Cariri, para uma série de quatro anos, o que corresponde, respectivamente, a de ter um ano, repetido nessa série, com um total de chuva menor que 288 mm, ou a de ter três anos com precipitação entre 288 e 517 mm. O mesmo raciocínio poderá ser aplicado as duas outras microrregiões.

Como a precipitação pluvial escoa sobre uma superfície, aqui denominada de área de captação, utilizando-se quatro cenários de regime pluvial (CPA), associando-os às áreas de captação (AC) simuladas de 60, 80, 120 e 150 m<sup>2</sup>, resultarão nos volumes potenciais de captação de água da chuva (VPC, em mil litros) para as microrregiões do Cariri (Figura 8), Curimataú (Figura 9) e Seridó (Figura 10).

Tomando-se como referência uma pequena área de captação de 60 m<sup>2</sup>, para condição mediana de chuva, resultou num volume potencial de captação de água da chuva variando desde 13 mil litros de água, na microrregião do Seridó, a 18,4 mil litros na do Cariri. Admitindo-se a mesma AC, com um total de chuvas a 75% de probabilidade, esses volumes passariam para 23,6 e 26,3 mil litros, respectivamente. Esse mesmo exercício pode ser aplicado, usando qualquer valor de AC nos quatro cenários de chuvas.

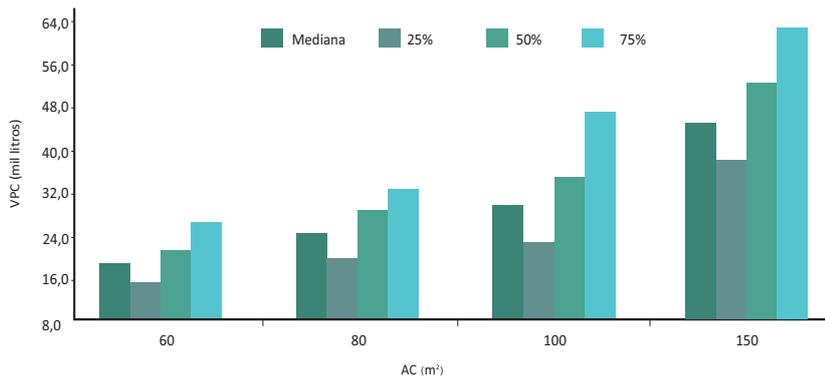


Figura 8. Médias anuais dos volumes potenciais de captação de água da chuva (VPC), para quatro cenários de regime pluvial (CPA) e quatro áreas de captação (AC), das duas localidades mais seca da microrregião do Cariri da Paraíba

Figura 9. Médias anuais dos volumes potenciais de captação de água da chuva (VPC), para quatro cenários de regime pluvial (CPA) e quatro áreas de captação (AC), das duas localidades mais seca da microrregião do Curimataú da Paraíba

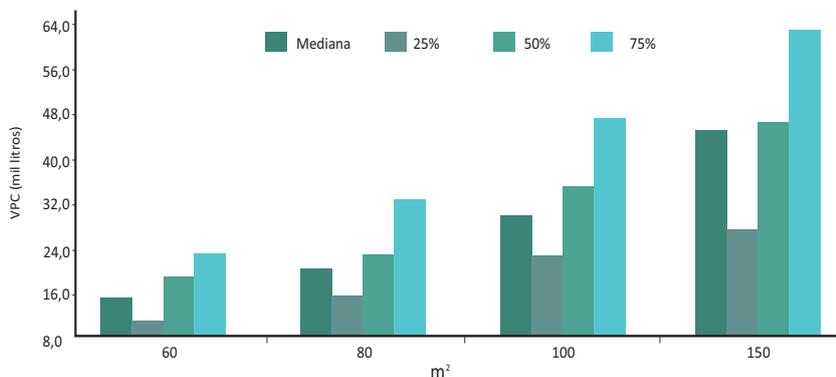
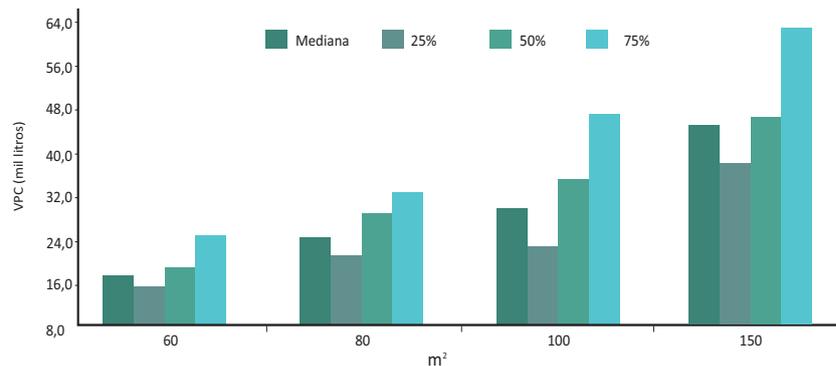


Figura 10. Médias anuais dos volumes potenciais de captação de água da chuva (VPC), para quatro cenários de regime pluvial (CPA) e quatro áreas de captação (AC), das duas localidades mais seca da microrregião do Seridó da Paraíba

Fazendo-se uma comparação dos VPCs, para uma AC de 60 m<sup>2</sup> e para uma CPA- mediana, da microrregião do Cariri com a do Curimataú e a do Cariri com a do Seridó, verifica-se (Figuras 7, 8 e 9), que os volumes potenciais de captação de água da chuva são 8,4 % e 24,7 % menores, respectivamente. Isso significa, portanto, que para uma mesma lâmina de chuva, em mm, na microrregião do Cariri possa ser equivalente ao mesmo VPC, nas duas outras microrregiões, torna-se necessário que áreas de captação sejam bem maiores, ou seja, para o Curimataú, a AC tem ser 5,8% e no Seridó, 42,3%.

Como a principal variável do processo de captação de água da chuva é, sem dúvida, o regime pluvial, por que a priori a área de captação (telhado) é fixa. No entanto, os maiores valores dos volumes potenciais de captação, para um determinado local, cujo regime pluvial não há como interferir, passa a depender, exclusivamente, do aumento da área de captação.

O Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) é uma das ações do programa de formação e mobilização social para a convivência com o semiárido e recomenda, para qualquer local e/ou regime pluvial, cisternas com capacidade para armazenar até 16 mil litros de água.

Fixar um volume das cisternas de 16 mil litros nem sempre é o valor correto, por que o tamanho desse reservatório deve ser dimensionado em função do regime de chuva local e a demanda de água. Por isso, há uma grande quantidade de cisternas instaladas no semiárido nordestino, sub ou superdimensionadas. Essa constatação pode ser comprovada, mesmo para as localidades menos chuvosa das microrregiões mais secas do Estado da Paraíba, quando uma pequena área de captação de 60 m<sup>2</sup>, resulta em volumes maiores que 16 mil litros (Figuras 8 e 9) ou menor (Figura 10), para a condição mediana.

A área de captação necessária (ACN) deve ser aquela que resulte num volume de captação de água da chuva que atenda a demanda desejada. Adotando-se os 16 mil litros do P1MC, observa-se (Figura 11) que as áreas de captação, para as microrregiões do Cariri e Curimataú, poderiam ser menor que 60 m<sup>2</sup> (52 e 55 m<sup>2</sup>), mas a do Seridó, a AC teria que ser de 74 m<sup>2</sup>. Destaca-se, ainda, para condição extrema de chuva ao nível de 25%, a área de captação necessária teria que ter uma AC 38,5% maior que a do Cariri.

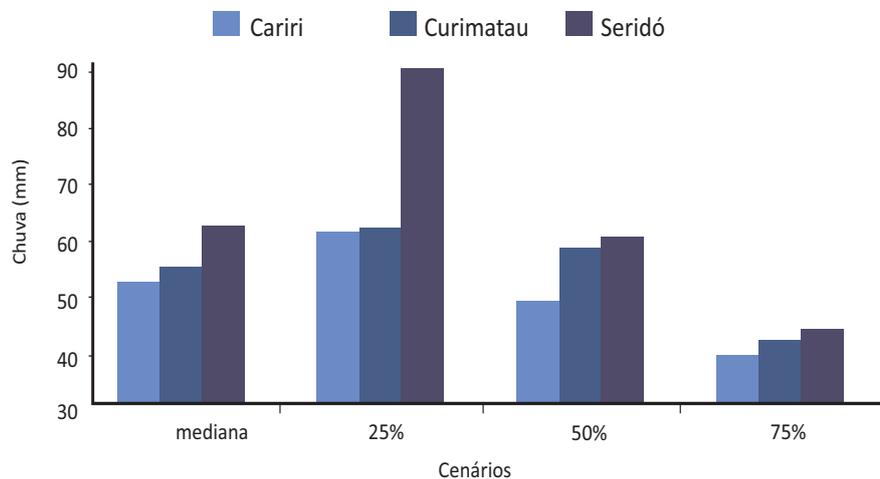


Figura 11. Médias das áreas de captação necessária (ACN), para atender a um volume de 16 mil litros, para os quatro cenários de regime pluvial (CPA) das microrregiões do Cariri, Curimataú e Seridó da Paraíba

É importante destacar que, as diferenças nos volumes potenciais de captação de água da chuva demonstram de forma muito clara, a importância e a necessidade de um estudo estatístico que permita caracterizar o regime pluvial local.

Fixar um volume da cisterna, sem conhecer o regime pluvial e a quantidade de água necessária, resultará numa sub ou superestimativa no VPC e, portanto, no dimensionamento incorreto dos volumes da cisterna e os da necessidade de consumo de água.

## 4 CONCLUSÕES

Os regimes pluviais mensais e anuais das seis localidades mais secas das microrregiões do Cariri, Curimataú e Seridó são extremamente irregulares, sendo a do Cariri a mais chuvosa e a do Seridó a mais seca. A localidade de Barra de Santa Rosa é a mais seca e Cabaceiras, a mais chuvosa.

Os modelos de distribuição de chuvas são assimétricos e, portanto, a mediana é a medida de tendência central recomendada. A curta estação chuvosa dura cerca de três a quatro meses, mas difere em quantidade e em distribuição.

A microrregião do Cariri tem um potencial mediano de captação de água de chuva de 361 L. m<sup>-2</sup> contra 340 do Curimataú e de 255 L.m<sup>-2</sup> do Seridó. Para um mesmo volume potencial de captação na microrregião do Cariri, as áreas de captação nas microrregiões do Curimataú e do Seridó têm que serem 5,8% e 42,3% maiores.

A área de captação mínima necessária, para armazenar 16 mil litros de água, varia em função da microrregião, sendo de 52, 55 e 74 m<sup>2</sup> para o Cariri, Curimataú e Seridó respectivamente.

As diferenças nos volumes potenciais de captação de água da chuva demonstram de forma muito clara, a importância e a necessidade de um estudo estatístico que permita caracterizar o regime pluvial local.

Os volumes das cisternas devem ser dimensionados em função do regime pluvial local e da quantidade de água necessária para fins potáveis e não potáveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, H. A. de; Freitas, R. C.; Silva, L. Determinação de períodos secos e chuvosos em duas microrregiões da Paraíba através da técnica dos quantis. *Revista de Geografia*, v.30, p.217-232, 2013.
- Almeida, H. A. de. Climate, water and sustainable development in the semi-arid of northeastern Brazil. In: *Sustainable water management in the tropics and subtropics and case studies in Brasil*. Unikaseel, v.3, p.271-298, 2012.
- Almeida, H. A. de; Gomes, M. V. A. Potencial para a captação de água da chuva: alternativa de abastecimento de água nas escolas públicas de Cuité, PB. In: *Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, 17, 2011, Guarapari. Anais... Guarapari: SBAGRO, 2011. CD-Rom.
- Almeida, H. A. de; Silva, L. Determinação das características hídricas da microbacia de drenagem da barragem Vaca Brava. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.16, p.77-86, 2008.
- Brito, L. T. L.; Silva, A. S.; Porto, E. R.; Amorim, M. C. C.; Leite, W. M. Cisternas domiciliares: água para consumo humano. Potencial de captação de água de chuva no semi-árido brasileiro. *Petrolina: Embrapa Semiárido*, 2007, Cap.4, p.81-101.

- Gnadlinger, J.; Silva, A. S.; Brito, L. T. L. P1+2: Programa uma Terra e duas águas para um semi-árido sustentável. In: Brito, L. T. L., Moura, M. S. B.; Gama, G. F. B. Potencial de captação de água de chuva no semiárido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007, Cap.3, p.63-77.
- Oliveira, G. C. de S.; Nóbrega, R. S.; Almeida, H. A. de. Perfil socioambiental e estimativa do potencial para a captação de água da chuva em Catolé de Casinhas, PE. Revista de Geografia, v.29, p.75-90, 2012.



# CAPÍTULO 19

## VULNERABILIDADE DE CISTERNAS RURAIS SOB CLIMA ATUAL E FUTURO: ANÁLISE DE TRÊS CASOS NA PARAÍBA

Marília Silva Dantas Rocha  
Carlos de Oliveira Galvão  
Rodolfo Luiz Bezerra Nóbrega

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

# **VULNERABILIDADE DE CISTERNAS RURAIS SOB CLIMA ATUAL E FUTURO: ANÁLISE DE TRÊS CASOS NA PARAÍBA**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	389
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b>	389
2.1 Área de estudo	389
2.2 Metodologia	390
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	390
<b>4 CONCLUSÕES</b>	393
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	393

## 1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm sido foco de pesquisas em todo o mundo e têm despertado preocupação sobre os possíveis impactos nos diversos setores. As mudanças no clima têm consequências diretas sobre os recursos hídricos e aumentam consideravelmente o grau de incertezas na gestão desses recursos. O Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), em seu quarto relatório, advertiu que o aquecimento global acarretará um aumento significativo de fenômenos climáticos e meteorológicos extremos como secas, ondas de calor e eventos de chuvas intensas (IPCC, 2007). Esta afirmação tem gerado preocupação mundial acerca de como se adaptar a tais mudanças, e simultaneamente, como mitigar os seus efeitos.

O Nordeste Brasileiro, pelas suas características climáticas e hidrológicas, é uma das áreas potenciais às mudanças no clima (Marengo, 2007). Impactos negativos na precipitação podem aumentar a sua vulnerabilidade hídrica, particularmente da captação da água da chuva e seu armazenamento em cisternas, uma importante fonte de abastecimento de água para consumo humano (Brito et al., 2007).

A captação da água de chuva tem sido discutida em algumas partes do mundo como uma das estratégias de adaptação às mudanças climáticas (Salas, 2009; Han & Mun, 2011). Algumas metodologias foram desenvolvidas para incorporar cenários dessas mudanças na avaliação e implantação dos Sistemas de Captação de Água de Chuva - SCACs (Warrick & Urich, 2009; Kahinda et al., 2010).

Neste trabalho, através do uso de séries históricas de chuva, de anomalias na precipitação resultantes dos Modelos de Circulação Global (MCGs) e de balanço hídrico das cisternas que simule o comportamento dos SCACs, é possível avaliar essa vulnerabilidade e propor alternativas de adaptação que maximizem a disponibilidade hídrica necessária às atuais e futuras gerações, em quantidade e qualidade adequada aos seus respectivos usos.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

Estudou-se o comportamento das cisternas em três municípios paraibanos nas mesorregiões Agreste, Borborema e Sertão do estado da Paraíba (Figura 1). Os locais foram escolhidos para representar diferentes regimes pluviométricos. Os resultados podem, assim, ser ilustrativos para outras regiões do Nordeste brasileiro.

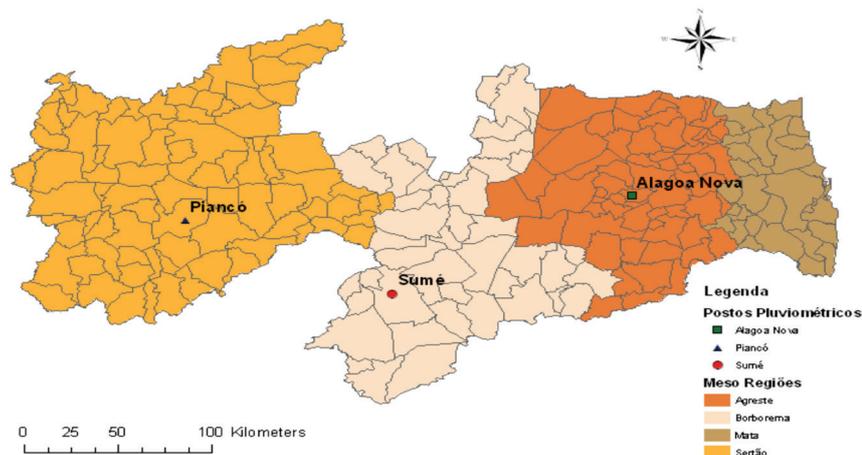


Figura 1. Área de Estudo: Municípios de Alagoa Nova (Brejo/Agreste), Sumé (Cariri) e Piancó (Sertão)

Alagoa Nova, no agreste paraibano, tem clima do tipo Tropical Chuvoso, com verão seco, estação chuvosa de janeiro/fevereiro a setembro/outubro e precipitação média anual de 1300 mm (CPRM, 2005a). Sumé, na mesorregião da Borborema, tem clima semiárido e estação chuvosa limitando-se a apenas 4 meses (janeiro/fevereiro a maio/junho) com total pluviométrico médio de 600 mm/ano (Taveira, 2012). Em Piancó no sertão paraibano, também em clima semiárido, a estação chuvosa restringe-se ao mesmo período de Sumé, com total pluviométrico médio anual de 751 mm (CPRM, 2005b).

## 2.2 Metodologia

Para as três localidades, foram extraídas anomalias médias mensais de precipitação para o período de 30 anos em torno do ano de 2050, considerando o cenário de emissão de gases SRA1B, para 19 (dezenove) modelos climáticos da base do IPCC. Os dados foram obtidos do Centro de Distribuição de Dados do IPCC (IPCC, 2008) e correspondem ao 4º Relatório de Avaliação, de 2007. A plataforma SegHidro (Galvão et al., 2009) foi utilizada para extração das anomalias de precipitação da base de dados do IPCC.

As anomalias extremas positivas (aqui denominadas “máximas”), “médias” e extremas negativas (“mínimas”) para o conjunto de modelos foram adicionadas às séries históricas mensais de precipitação (30 anos) dos postos pluviométricos das três localidades (Alagoa Nova: posto 735030, Sumé: posto 736003 e Piancó: posto 737006), segundo diretrizes do IPCC (IPCC-TGICA, 2007), gerando-se novas séries que representam os prognósticos otimista, médio e pessimista para o regime pluviométrico em 2050.

Considerando-se as características padrões das cisternas construídas pelo P1MC (telhado de 40 m<sup>2</sup>, cisterna de 16 m<sup>3</sup> e consumo de 65 L dia<sup>-1</sup>), essas séries foram utilizadas em um modelo de balanço hídrico de reservatório simples, que simula o comportamento de um sistema de captação de água de chuva, resultando na garantia hídrica futura para aquele sistema (Galvão et al., 2011). Esta garantia é a percentagem de meses simulados em que as cisternas atenderam à demanda. A vulnerabilidade é aqui assumida como o complemento da garantia, ou seja, a percentagem de meses em que as cisternas não atenderam à demanda. Ao comparar os resultados obtidos nas simulações realizadas com a série histórica e com as séries que representam o clima futuro é possível estimar os impactos prospectivos sobre esses sistemas.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os municípios de Alagoa Nova, Sumé e Piancó apresentaram anomalias médias mensais semelhantes para o ano 2050, quando considerados os 19 modelos do IPCC. As anomalias nos meses no período chuvoso atingiram, em média, reduções de 0,25 mm dia<sup>-1</sup>, com reduções máximas de até 3,24 mm dia<sup>-1</sup>, e aumento de até 2,08 mm dia<sup>-1</sup> (Figura 2). Os cenários de precipitação futura gerados com as anomalias médias e mínimas apresentaram reduções relevantes, principalmente nos meses chuvosos (Figura 3).

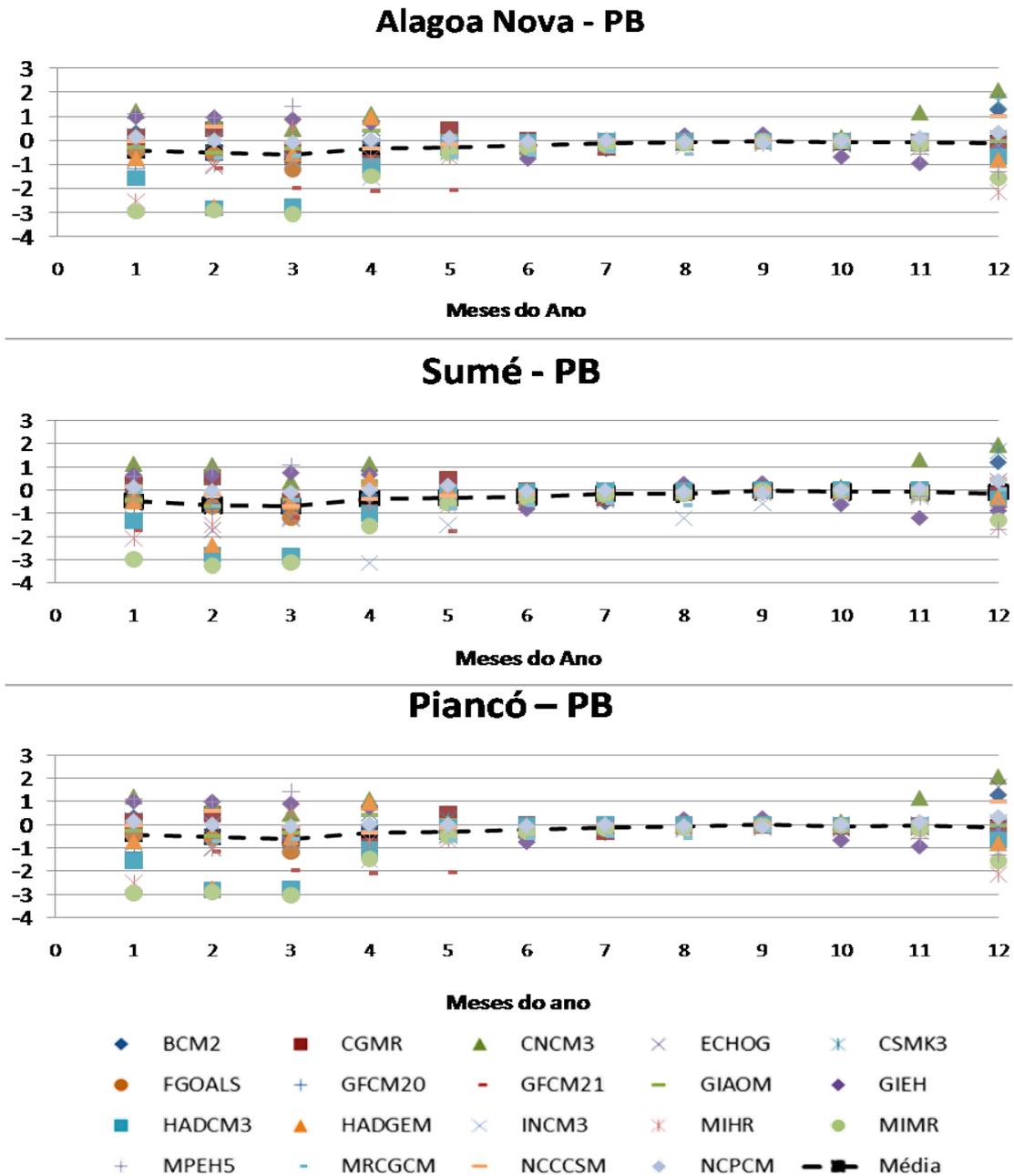


Figura 2. Anomalias médias mensais de precipitação para as localidades estudadas ( $\text{mm}/\text{dia}^{-1}$ ), para os 19 modelos climáticos

## Precipitações Médias Mensais (mm mês<sup>-1</sup>)

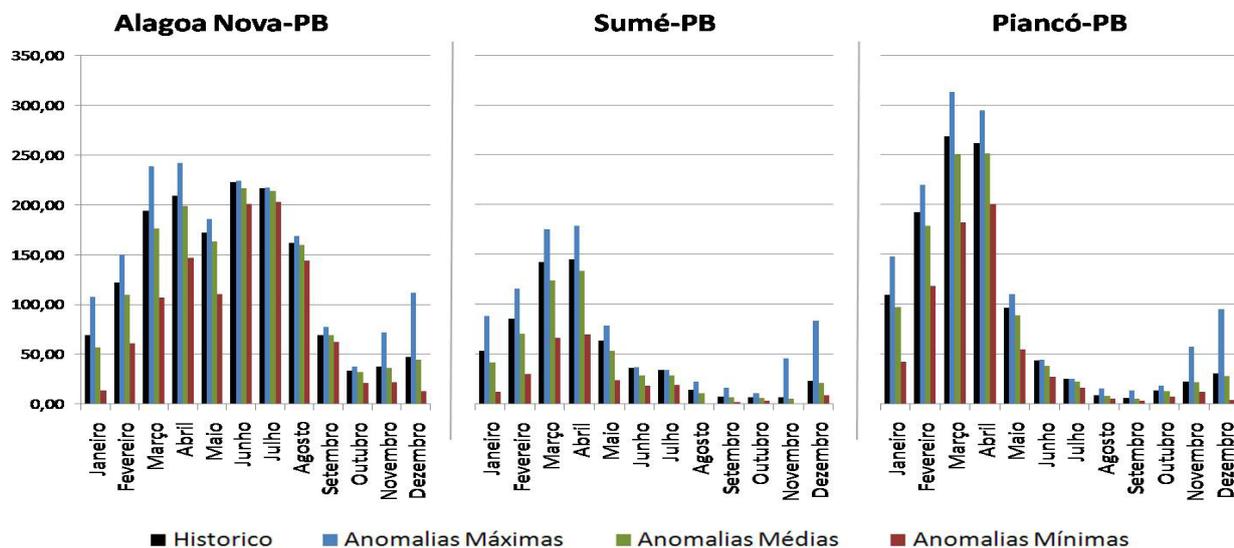


Figura 3. Precipitações médias mensais históricas e com anomalias máximas, médias e mínimas

O impacto das mudanças na precipitação foi refletido na vulnerabilidade dos SCAC. As garantias hídricas que já são baixas para o clima atual nas localidades de Sumé e Piancó poderão ser reduzidas em cerca de 30%. No município de Alagoa Nova, onde o déficit hídrico é considerado pequeno, poderá ter vulnerabilidade de até 15% (Tabela 1). As altas vulnerabilidades atuais e prospectivas alertam sobre a necessidade de ações de adaptação que mitiguem o déficit hídrico já existente e promova maior segurança hídrica nos anos vindouros.

Como uma possível ação de adaptação, simulou-se o aumento das áreas de captação (telhado). O aumento de 40 m<sup>2</sup> para 50 m<sup>2</sup> e 60 m<sup>2</sup> propiciou redução importante da vulnerabilidade nas três localidades e para os quatro cenários gerados (precipitação atual, e com anomalias máximas, médias e mínimas) (Figura 4).

Tabela 1. Vulnerabilidade hídrica nos municípios de Alagoa Nova, Sumé e Piancó

Localidade	Cenário	Vulnerabilidade	
<b>Alagoa Nova</b>	Atual	3,6%	
	Futuro	Anomalia Máxima	0%
		Anomalia Média	6,7%
		Anomalia Mínima	15,0%
<b>Sumé</b>	Atual	31,9%	
	Futuro	Anomalia Máxima	5,0%
		Anomalia Média	40,6%
		Anomalia Mínima	75,0%
<b>Piancó</b>	Atual	12,5%	
	Futuro	Anomalia Máxima	0,8%
		Anomalia Média	16,7%
		Anomalia Mínima	37,5%

## Cenários de Déficit Hídrico das Cisternas - 2050

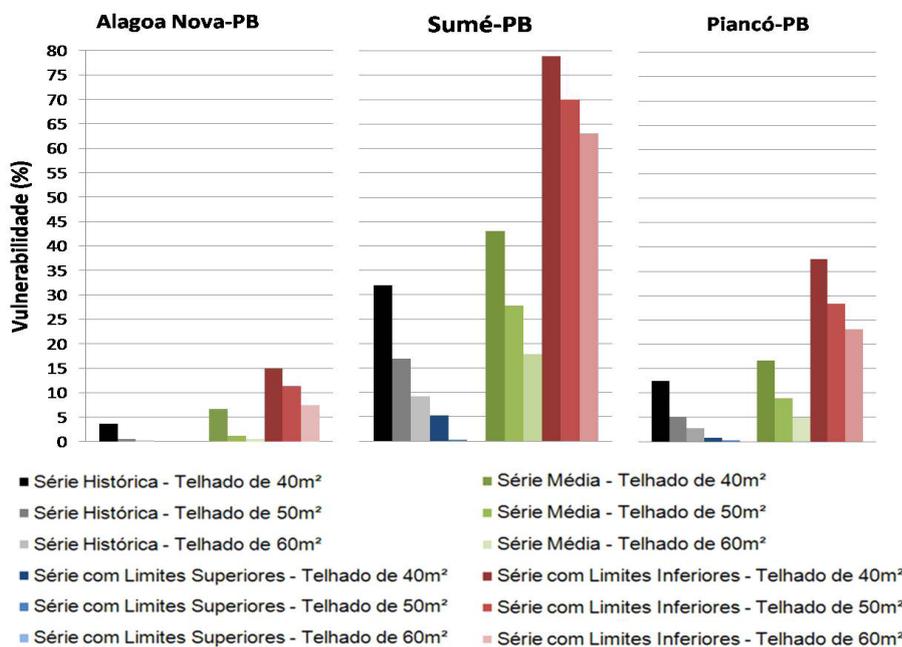


Figura 4. Cenários de vulnerabilidade (déficit hídrico) das cisternas considerando aumento na área de captação.

## 4 CONCLUSÕES

As vulnerabilidades dos SCACs nas localidades do semiárido são importantes, mesmo sob clima atual. Os impactos das mudanças climáticas sobre os SCACs nas três localidades estudadas podem ser bastante relevantes e requerem atenção dos planejadores dos sistemas. Entretanto, medidas de adaptação podem atenuar significativamente esses efeitos, como o aumento da área de captação da água de chuva.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brito, L. T. L.; Moura, M. S. B.; Gama, G. F. B. (org.). Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro. 1.ed. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. 180p.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Alagoa Nova, estado da Paraíba. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005a.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Piancó, estado da Paraíba. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005b.
- Galvão, C. O.; Nóbrega, R. L. B.; Brasileiro, F. V.; Araújo, E. C. An e-Science platform for collaborative generation of knowledge and technology in hydrology, hydrogeology and water resources. IAHS-AISH Publication, 331, p.500-504, 2009.

- Galvao, C. O.; Oishi, S.; Nóbrega, R. L. B.; Dantas, M. S. Rainwater catchment systems under climate change: An assessment of Brazilian and Japanese cases. In: IAHR World Congress, 34, 2011, Brisbane. Proceedings.... Brisbane: IAHR, 2011. CD Rom.
- Han, M. Y.; Mun, J. S. Operational data of the Star City rainwater harvesting system and its role as a climate change adaptation and a social influence. *Water Science & Technology*, v.63, p.2796–2801, 2011.
- IPCC - International Panel on Climate Change. *Climate change 2007: The physical science basis. Summary for policymakers*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 996p.
- IPCC - International Panel on Climate Change. The IPCC Data Distribution Centre. IPCC, WMO, UNEP. <http://www.ipcc-data.org>. 22 Ago. 2008.
- IPCC-TGICA. International Panel on Climate Change. General guidelines on the use of scenario data for climate impact and adaptation assessment. Version 2. Task Group on Data and Scenario Support for Impact and Climate Assessment. Helsinki: Finnish Environment Institute, 2007. 71p.
- Kahinda, J. M.; Taigbenu, A. E.; Boroto, R. J. Domestic rainwater harvesting as an adaptation measure to climate change in South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, v.35, p.742-751, 2010.
- Marengo, J. A. Possíveis impactos da mudança de clima no Nordeste. *Revista Eletrônica de Jornalismo Científico*, 2007.
- Nasir, K. A.; Omar, M. F. B.; Omar, E. H. B. Effectiveness of rainwater harvesting system at office building in coping with climate change. *Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva*, 6, 2009. Kuala Lumpur. Anais..... Kuala Lumpur: ABCMAC, 2009. CD Rom
- Salas, J. C. Rainwater harvesting providing adaptation opportunities to climate change' in *Rainwater harvesting: A lifeline for human well-being*, Chapter 7. United Nations Environment Programme, 2009.
- Taveira, I. M. L. M. Avaliação de alternativas de uso do solo através da simulação hidrossedimentológica da bacia representativa de Sumé com o modelo SWAT. Campina Grande: UFCG, 2012. 158p. Dissertação Mestrado
- Warrick, R. A.; Urich, P. B. Using SimCLIM to assess the risks of climate variability and change to de-centralised water harvesting systems. *Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva*, 6, 2009, Kuala Lumpur. Anais....Kuala Lumpur: ABCMAC, 2009. CD Rom

# CAPÍTULO 20

## DESAFIOS DO P1MC NO SERTÃO PARAIBANO: GESTÃO E QUALIDADE DA ÁGUA

Tamires de Lima Luna  
Albertina de Farias Silva  
Cidoval Morais de Sousa  
Beatriz Susana O. de Ceballos

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

## **DESAFIOS DO P1MC NO SERTÃO PARAIBANO: GESTÃO E QUALIDADE DA ÁGUA**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	397
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b>	397
2.1 Local de estudo	397
2.2 Etapas da pesquisa	398
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	399
3.1 Conservação e manejo do sistema de captação e manejo da água	401
3.2 Saúde pública	401
<b>4 QUALIDADE DA ÁGUA ARMAZENADA EM CISTERNAS</b>	402
<b>5 CONCLUSÃO</b>	404
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	405

## 1 INTRODUÇÃO

O suprimento de água doce de boa qualidade é essencial para as populações humanas e seu desenvolvimento social e econômico. O Brasil se destaca pela sua capacidade hídrica, entretanto com distribuição irregular. O Semiárido nordestino, por exemplo, tem apenas 3% das águas doces do País, e abriga uma população de 20.858.264 milhões de pessoas, o que significa quase 12% da população nacional.

No Nordeste semiárido o sistema de captação e armazenamento de água de chuva em cisterna tem sido estimulado, primeiro por organizações da sociedade civil e, mais recentemente, como política de Estado, como uma solução alternativa (coletiva ou não) de abastecimento (ASA, 2009). É uma forma simples, viável e econômica de obtenção de água conhecida pelos habitantes da região que permite, mesmo com baixo índice pluviométrico, acumular quantidade suficiente de água boa para suprir as necessidades básicas (beber, cozinhar e higiene pessoal) de uma família com até 5 membros, nos períodos de escassez interanuais (Gnadlinger, 2011).

Os princípios e ações do P1MC foram concebidos com base nos seguintes pilares: gestão compartilhada/descentralização, parceria, mobilização social/educação-cidadã, direito social, desenvolvimento sustentável e transitoriedade (ASA, 2009). O projeto busca também a capacitação das famílias, visando melhor convivência com o semiárido e suas adversidades e procura garantir água de boa qualidade para o consumo humano diminuindo a incidência de doenças de veiculação hídrica (Arsky, 2009).

Considerando a natureza da política pública em questão do P1MC, sua penetração massiva no semiárido e, particularmente, seu impacto potencial na qualidade de vida da população beneficiada, o propósito deste trabalho é conhecer se as práticas de manejo dos sistemas de captação e de armazenamento das águas chuva em cisternas em comunidades rurais do sertão paraibano são sustentáveis no fornecimento de água de qualidade apropriada para introduzir melhorias na saúde pública, em particular na diminuição das doenças entéricas de transmissão hídrica, ainda endêmicas (Boschi et al, 2008)

Leva-se em consideração que embora construídas com a finalidade de captar e armazenar água de chuva, as cisternas podem ser abastecidas com água de outras fontes como as transportadas por carros-pipas. No primeiro caso (água de chuva), a qualidade pode ser afetada pelo manejo inadequado do sistema de captação e armazenamento, e no segundo, pela origem da água, não sempre satisfatória para consumo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local de estudo

O trabalho foi realizado no período de 2011 a 2012, em comunidades rurais do Município de Quixabá, localizado na região do médio Sertão, Semiárido paraibano, na microrregião de Patos. Possui área de 157 km<sup>2</sup> e possui 1.700 habitantes (633 na zona urbana e 1066 na zona rural). A sede municipal (689.994 EW e 9223.246 NS), dista de João Pessoa, capital do estado, 283 Km ( BR-230). Situa-se no Bioma Caatinga, com pluviometria média anual de 431,8mm.

A pesquisa envolveu quatro comunidades rurais desse município (Motorista, Aroeiras, Serrota Vermelha e Cacimba de Areia) com famílias que possuem sistemas de captação e armazenamento de água de chuva em cisternas distribuídas pelos programas do governo. Em Quixabá foram construídas 158 cisternas do P1MC, correspondentes a 158 famílias. Foram selecionadas 10 famílias (6,5%) considerando os critérios de tempo de construção, programa (P1MC, FUNASA, outros) e órgão financiador.

## 2.2 Etapas da pesquisa

O trabalho de campo foi iniciado com a etapa de aproximação através de visitas aleatórias a 30 famílias situadas em diferentes regiões de Quixabá. A etapa seguinte foi de entrevistas as famílias selecionadas com auxílio de um questionário semiestruturado, procurando obter respostas objetivas sem descuidar de resgatar e registrar histórias de vida, experiências cotidianas, saberes tecnopráticos, críticas, revelações e crenças.

Os questionários foram aplicados aos chefes de cada família (pessoa responsável pela família) e abordavam características socioeconômicas, manejo da água desde captação a dentro da residência, esgotamento sanitário, abastecimento de água, condições de moradia, saúde pública e aspectos sociais em geral.

Aplicou-se outro questionário aos Agentes Comunitários de Saúde (ACS) e aos Agentes de Vigilância Ambiental em Saúde (AVAS) para conhecer sua percepção sobre a qualidade de água uma vez que eles repassam essa percepção às famílias usuárias dos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva.

A coleta de água e as análises de sua qualidade corresponderam a ultima etapa da pesquisa. Foram amostradas as águas das cisternas e as armazenadas dentro das residências em potes, tonéis e baldes destinadas para o consumo humano direto. As coletas das cisternas foram realizadas pelo morador. Essas amostras foram armazenadas em garrafas PET (1L) para a realização das análises físicas e químicas e as destinadas às análise microbiológicas foram acondicionadas em garrafas de plástico fosco termoresistente (250 ml) previamente esterilizadas (121 °C por 30 min) com a tampa protegida com papel metálico. Os parâmetros investigados foram: turbidez, pH, cor aparente, dureza, coliformes totais e *Escherichia coli* seguindo APHA (2005).

Foram analisados dados históricos da qualidade de água de cisternas fornecidos do pela Vigilância Sanitária de Patos que referencia o município de Quixabá na qualidade de água e alimentam o sistema do Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano – Sisagua/Vigiagua.

As primeiras visitas às comunidades aconteceram com membros da Secretária de Saúde de Quixabá e com a participação de AVAS e ACS. Os AVAS são responsáveis pela coleta de água em 10 pontos da rede de distribuição que fazem parte do programa de controle da qualidade de água potável no município (Vigiagua/Ministério da Saúde). Considerando a importância das cisternas na gestão da água domiciliar na região e após um surto diarréico, por decisão da Secretária de Saúde Municipal quatro das 10 amostras mensais foram destinadas para o monitoramento sistemático de cisternas para o qual foi criado um sistema rotativo de amostragem. Essa ação evidenciou a inquietude das autoridades locais de saúde e dos AVAS e ACS pelo controle da qualidade dessas águas. Esse fato motivou a presente pesquisa: Quixabá é o único município do estado da Paraíba que monitora sistematicamente a qualidade das águas das cisternas.

O segundo momento de aproximação foi diretamente com as famílias e consistiu na participação de membros de nossa equipe no curso de Gerenciamento de Recursos Hídricos (GRH) na sede do município de Quixabá, ministrado por dois membros do PATAC (Programa de Aplicação de Tecnologias Apropriadas). Esse curso é uma ação de preparação dos futuros beneficiados para receberem a cisterna e no seu conteúdo estão incluídas estratégias de convivência com o semiárido, como o aproveitamento de água de chuva: a construção e o manejo adequado do sistema e sua manutenção. A participação nesse curso, com duração de dois dias, é obrigatória para as famílias que desejam receber cisternas e constitui um dos critérios básicos de seleção.

O terceiro momento ocorreu durante o processo de georeferenciamento das cisternas selecionadas. Nessa oportunidade, conversas informais com os beneficiados permitiram resgatar a percepção que eles têm sobre o sistema de captação armazenamento de água de chuva em cisternas.

Em janeiro de 2012 foram realizadas as entrevistas com a aplicação dos questionários para avaliar o perfil socioeconômico dos usuários, as formas de abastecimento de água, hábitos de higiene pessoal e

nas residências, manejo da água da cisterna, seu tratamento antes de beber e aspectos de saúde. Foram organizadas duas equipes, cada uma com dois integrantes: uma aplicava o questionário e a outra, após autorização dos moradores, fazia observações na residência (tipo e localização dos banheiros e da cozinha, local de armazenamento da água para consumo da família, condições higiênicas, etc.) e no exterior (telhadão-área de captação de água, localização da cisterna, tipo de calha móvel ou fixa, estado de conservação do sistema).

Comparam-se alguns resultados com os do Projeto Cisternas executado no cariri paraibano e pernambucano no período 2007 – 2009 (Projeto Cisternas, 2007-2009).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização socioeconômica da população foi feita com base em 43 entrevistados: em relação à escolaridade 18,6% são analfabetos, 49% possuem ensino fundamental incompleto, 16% têm ensino médio completo e 7% fundamental completo; a renda se distribui em 30% com um salário mínimo, 40% com dois e 10% com 3 salários; 32% são agricultores, 32% estudantes, 10% donas de casa, 7% aposentados e apenas 2,3% funcionário público; 70% das famílias possui menos de 5 membros e 60% tem entre uma e duas crianças, predominando menores de cinco anos (73%). Este perfil se aproxima ao observado no cariri paraibano (Tavares, 2009).

Manejo da água das cisternas pelas comunidades de Quixabá.

Todas as cisternas recebem água de chuva no inverno que é usada para beber e outros fins durante essa época. Quando acaba, porque os usuários não se restringem ao uso dos 8,9 litros por pessoa por dia recomendados pela ASA, a maioria das famílias abastece as cisternas com água de carro-pipa, distribuídas por caminhões pagos pela prefeitura ou da Operação Pipa do exército, que deveria ser fornecida apenas em momentos de escassez e após o município ter declarado situação de emergência. O abastecimento com água de carro pipa varia entre quinzenal (30% das famílias) e mensal (50%). As águas distribuídas pela Operação Pipa provêm dos reservatórios de água tratada (potável) da Companhia de Água e Esgotos do Estado da Paraíba e às dos carros-pipa não oficiais tem origem, em geral, de barragens ou de açudes sendo de qualidade duvidosa.

Nas conversas informais com as famílias percebeu-se, rapidamente, que a principal vantagem “da posse da cisterna” é ter água perto da casa, a qual passou a ser usada para todo tipo de gasto. A certeza dos usuários em dispor de abastecimento de água (carro pipa) durante todo o ano impulsionou o consumo descuidado e em excesso em relação ao previsto no P1MC. Essa atitude se tornou hábito estimulado pela facilidade em obter água sem preocupação com sua origem e, portanto, com sua qualidade. Essas observações identificam, possivelmente, a não apropriação do conceito de qualidade da água: água boa, boa saúde - água de chuva. Revelam também certa falta de sintonia entre algumas políticas públicas, que em vez de se complementar se enfrentam e anulam e até põem em risco a sustentabilidade de alguns programas (Nóbrega et al., 2012).

Algumas famílias têm clara percepção de que a cisterna se transformou em um reservatório de água para “gasto”, com águas de qualidade inferior destinadas à labuta diária da família (lavagem de roupa, limpeza da residência, dessedentação de animais, entre outros serviços) e sem condições de uso para consumo humano.

“Eu não tenho outro reservatório, então a cisterna ficou pra colocar água pra gasto e a água pra beber e cozinhar agente vai buscar.” (M.J. entrevista concedida 26/01/2012)

Para consumo humano e cozinhar essas famílias buscam água diariamente ou semanalmente no reservatório da Associação de Moradores do município, abastecida pela operação pipa do exercito. Algumas famílias adquirem água mineral.

Estes casos, que se repetem no cariri (Miranda & Ceballos, 2010) e em outros semiáridos são indicadores de fragilidade do P1MC que não foi pensado para secas prolongadas nem para abastecer famílias com mais de cinco pessoas já que a capacidade das cisternas se limita a 16.000 litros de água para famílias com ate cinco membros. Esse volume satisfaz com 8,9 litros por pessoa por dia durante 12 meses ou com 13 litros ao longo de oito meses a uma família como a descrita acima, e essa quantidade alcança para beber, cozinhar e higiene pessoal básica. Ou seja, a família pode atravessar uma seca interanual com água, embora pouca. Segundo a WHO (2003) para manter condições dignas de higiene são necessários 20 L por pessoa por dia (36.500 litros anuais para uma família com 5 pessoas), o qual inviabilizaria, muito provavelmente, a meta do P1MC, de atingir um milhão de famílias em poucos anos.

Em algumas comunidades a “água boa” armazenada nas cisternas é gerenciada coletivamente por duas ou mais famílias. Essa modalidade se tornou mais frequente e praticamente uma forma oficial de uso durante a seca prolongada iniciada em 2011 e que se estende até hoje, com as cisternas cadastradas na operação pipa (abastecidas com água potável): a família beneficiada deve disponibilizar essa água para outras famílias da comunidade que não receberão água potável nas cisternas pelas limitações na logística da Operação Pipa.

A água para gasto se ajusta também a essa programação: outras cisternas são abastecidas com água de qualidade inferior para usos menos nobres por carros-pipa contratado pela prefeitura e essa água sem tratamento é de uso coletivo. Dessa forma a comunidade esta “organizada”, quanto à gestão da água, aquelas famílias com cisternas que contêm água boa para usos nobres e as que possuem água de menor qualidade para “o gasto” e todas se beneficiam com os dois tipos de água.

Outra modalidade individual ou coletiva de gerenciar a água para o gasto em Quixabá e frequente no semiárido é o de abastecer uma caixa de água elevada com água de carro-pipa, de poço, de rio ou de açudes próximos que é instalada sobre pilastras ou em cima do telhado da residência para ser distribuída por gravidade através de tubulações para torneiras de dentro da casa (cozinha, banheiros, lavanderia, etc.).

A disponibilização generalizada das águas de menor qualidade deve ser destacada, entre outros aspectos, por ser uma forma de introduzir nas casas água sem tratamento que é disponibilizada para todos seus habitantes incluídos crianças e idosos, e seu manuseio sem cuidados pode favorecer a contaminação microbiana e o aparecimento de infecções de veiculação hídrica na família; o mesmo acontece com o retorno às velhas fontes para buscar água para banho, lavar roupa e dessedentação animal, necessidades não satisfeitas cisternas do P1MC (Clansen et al., 2007; Silva et al., 2012);

Entre algumas irregularidades na distribuição de cisternas e da água que geram tensões sociais, se observou uma família com três cisternas, duas para “gasto” e uma para consumo que foram construídas uma pelo P1MC, outra pela prefeitura e a terceira pelos próprios donos da residência. Outra se refere à ausência de sistemas de captação e armazenamento de água em cisternas em algumas famílias com crianças menores de cinco anos e com idosos (Miranda & Ceballos, 2010).

### 3.1 Conservação e manejo do sistema de captação e manejo da água

A limpeza e a conservação dos sistemas de captação são feitos por 80% das famílias com frequência anual. Todos instalaram telas nos ductos, como filtros. Não realizam a limpeza externa do telhado, mas afirmaram fazer a limpeza anual da cisterna com escovas e panos na lavagem interna; alguns declararam usar água sanitária.

A retirada da água de dentro da cisterna para uso diário é realizada com balde em todas as casas, exceto uma que tem bomba que aduze água para uma caixa de água acima do telhado. Embora algumas famílias reservem o balde somente para essa finalidade, este é deixado no exterior e as cordas usadas para sua amarração são também usadas com os animais. O balde apoiado no chão é introduzido na cisterna para retirar água sem qualquer cuidado adicional, aumentando em cada retirada de água a contaminação da restante que esta ali armazenada, como citado por vários autores que destacam a importância da bomba manual (Andrade Neto, 2004). São essas atitudes em relação ao manejo da água e do sistema em geral que refletem as limitações na apropriação do conceito de qualidade pelos usuários.

### 3.2 Saúde pública

Diversas famílias afirmaram que após a posse da cisterna houve diminuição das frequências dos casos de diarreias, mas uma porcentagem significativa (60%) declarou presença de quadros diarreicos semanais, mensais ou semestrais em algum membro da família sendo mais comuns nas crianças com menos de 5 anos.

A maioria das famílias (80%) afirmou que trata com cloro a água de beber, entretanto durante as conversas informais se verificou que essa ação, que deveria estar incorporada no cotidiano do manejo da água para consumo da família, não é feita com frequência. Uma entrevistada afirmou “eu cloro às vezes, quando tenho cloro”. O hipoclorito de sódio à 2,5%, usado na desinfecção da água, é distribuído gratuitamente pelo SUS por intermédio dos AVAS e ACS que fazem pelo menos uma visita mensal às famílias. Este é entregue em um frasco de vidro âmbar ou de plástico branco fosco com bico para o gotejamento e com uma etiqueta onde se descreve a forma de uso. Na maioria das famílias que praticam a desinfecção o procedimento é feito de forma incorreta: deveriam ser adicionadas duas gotas de hipoclorito de sódio por cada litro de água, agitar e esperar, pelo menos, 30 minutos antes de beber. Esse procedimento deve ser repetido todos os dias e em cada lote novo de água transportada para a casa.

Na dose certa e com esse tempo de espera o cloro liberado age sobre os microrganismos e causa sua morte por oxidação e destruição das membranas celulares, ocorrendo à desinfecção; também o cloro se esgota não deixando sabor na água. Alguns usuários dizem adicionar hipoclorito em menor quantidade para que “dure mais” ou porque “causa gosto desagradável” e em maior quantidade para uma melhor eficiência, mas se percebe facilmente que não sabem como proceder e que não leem a etiqueta. Alguns agentes comunitários de saúde e de vigilância ambiental têm as mesmas limitações (Silva et al, 2006).

As famílias restantes (20%), não usam cloro e algumas não realizam nenhum tratamento. No caso das águas de carro-pipa, muitas acreditam que essa água já vem tratada, outras afirmam que o cloro deixa gosto

ruim na água e limitam o tratamento à filtração por panos que elimina os sólidos maiores e deixa a água transparente, nenhuma ferve a água ou usa desinfecção por luz solar. O cloro é adicionado nos recipientes onde é acondicionada a água dentro da residência, geralmente no pote de barro, porém a maior parte dos usuários ainda clora a água na cisterna, porque acreditam que é o melhor local para a desinfecção (Tabela 1).

Tabela 1. Formas de tratamento da água para consumo realizado pelas famílias

Perguntas aos entrevistados	Respostas	% de Famílias
Tipo de tratamento aplicado na água de beber	Cloração	80%
	Não clorada	20%
Onde é adicionado o desinfetante (Hipoclorito de sódio)?	Pote de barro	30%
	Cisternas	40%
	Balde	10%
	Filtro	0%
Dosagem de cloro	Correta*	10%
	Alta	10%
	Baixa	40%
	Aleatória	20%

\* 2 gotas de hipoclorito de sódio 2,5% por litro de água, esperar 30 minutos antes de uso

Os resultados podem estar revelando falta de apropriação dos conceitos transferidos na reunião de GRH (uma única, de dois dias de duração) e do trabalho dos AVAS e ACS nas visitas mensais às famílias. Esses profissionais têm escassos e esporádicos cursos de reciclagem e estes abrangem temas diversos que vão desde a higiene pessoal, conceitos de pediatria, cuidados com idosos, com os doentes cardíacos e com os diabéticos, nutrição, cuidados odontológicos, entre outros. Nessas condições não podem responder e transferir com maior profundidade e eficiência orientações sobre todos os temas.

A falta de higiene pessoal adequada advinda do uso de fontes de água de qualidade duvidosa e a falta de tratamento dessas águas antes do consumo humano podem ser os fatores principais das diarreias citadas pelas famílias entrevistadas. Silva et al., (2012) fazem referência à ausência de diferenças na saúde de famílias com cisternas e sem cisternas exceto para algumas parasitoses específicas como *Giardia lamblia* em comunidades do Vale do Jequitinhonha, semiárido mineiro.

#### 4 QUALIDADE DA ÁGUA ARMazenada EM CISTERNAS

Em 2010, no Município de Quixabá, profissionais da saúde do Programa Saúde da Família – PSF observaram um aumento significativo de crianças e adultos que procuravam os postos de saúde por diarreia. Ao se verificar a origem dos pacientes observou-se que a maioria residia na zona rural e consumia água armazenada em cisternas. Os relatos dos AVAS e ACS foram detalhados e de extrema importância para sensibilizar as autoridades de saúde sobre os fatores de risco da água das cisternas.

Com autorização da Coordenação de Vigilância Ambiental e da Secretária de Saúde os AVAS incorporaram algumas cisternas rurais no programa de vigilância da qualidade da água – Vigiagua, que estava limitado à

água tratada distribuída pela rede coletiva de abastecimento urbano. O sistema de vigilância da qualidade da água funciona em três etapas: 1) coleta das amostras de água, 2) análises de qualidade da água realizadas no laboratório da Vigilância Sanitária do município de Patos, 3) envio dos resultados das análises à Secretaria de Saúde.

Os AVAS e os ACS realizam visitas mensais às famílias. No contexto da vigilância da água, os primeiros são responsáveis pela coleta sistemática das amostras de água do sistema de monitoramento da água potável da rede pública – Vigiagua e atuam junto com os Agentes Comunitários de Saúde como multiplicadores na transmissão de conhecimentos sobre hábitos de vida saudáveis e sustentáveis, incluindo a qualidade e manejo da água de beber, higiene pessoal e do lar, manejo dos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva em cisternas, entre outros.

No histórico dos resultados das análises da qualidade da água das cisternas ao longo de 2010 e 2011, observou-se que os parâmetros físicos e químicos estavam dentro dos padrões de potabilidade (Tabela 2) enquanto os resultados microbiológicos mostraram contaminação fecal em 93,33% das amostras. E.coli, bactéria indicadora de contaminação de fekal que deve estar ausente em 100 ml de água para consumo humano foi encontrada em quase todas as cisternas analisadas. Resultados semelhantes foram observados por numerosos autores (Brito et al., 2005; Kato et al., 2006; Tavares, 2009; Xavier, 2010; Alves et al., 2012).

Análises mais recentes da água das cisternas e das armazenadas nas residências de Quixabá para consumo humano, que devido à seca prolongada é água distribuída pelos carros-pipa e deve ser água potável, mostraram mais uma vez que a qualidade física química atende os VMP da Portaria 2914/2011-MS (Brasil, 2011), mas

Tabela 2. Qualidade da água de cisternas do município de Quixabá (2009 a 2011)

Ano	Amostra	C. Totais	E. coli	Turbidez (uT)	Cor aparente (uH)	pH
2009	C1	P	P	0,05	5	7,53
2010	C2	P	P	0,23	30	7,52
2010	C3	P	P	NF	5	7,61
2010	C4	P	P	NF	5	7,3
2010	C5	P	P	NF	5	7,31
2010	C6	P	P	NF	100	7,37
2010	C7	P	P	0,25	5	7,8
2011	C8	P	P	0,48	5	7,33
2011	C9	P	P	0,31	5	7,23
2011	C10	P	P	0,29	10	7,45
2011	C11	P	P	0,21	5	7,78
2011	C12	P	P	0,28	5	7,6
2011	C13	A	A	0,33	5	7,48
2011	C14	P	P	0,26	5	7,35
2011	C15	P	P	0,35	5	7,47

Fonte: Diretoria da Vigilância Sanitária de Patos

P= Presença; A= Ausência, NF= Não feitas. VMP = Valor Máximo Permitido pela Portaria 2914/2011 Ministério da Saúde); coliformes totais e E.coli: ausência em 100ml; Turbidez: 5uT; Cor aparente: 15uH; pH 6,5 a 9

não satisfaz aos padrões microbiológicos (presença de *E. coli* em 100% das amostras). Todas as amostras não apresentavam cloro residual (mínimo exigido 0,2 mg/L). Em algumas residências a concentração de coliformes foi maior na água de beber de dentro da casa do que na água da cisterna. Associa-se essa contaminação ao manuseio, já que são introduzidos copos e canecas para a retirada da água beber numerosas vezes ao longo do dia. Ainda, as famílias devem cumprir duas diretrizes para receber a água tratada: armazenar na cisterna somente água dos carros-pipa com água potável, o qual é importante e não adicionar cloro ou praticar outro tipo de desinfecção na água recebido porque “já vem tratada”, o qual facilita a contaminação no uso diário. Como a frequência de fornecimento de água pelos carros-pipa é a cada quinze ou trinta dias o cloro residual se consome e ao não aplicar a desinfecção no ponto de consumo, uma das barreiras sanitárias fundamentais e estimulada pelo P1MC para garantir sua boa qualidade, os usuários que receberam água potável bebem água de qualidade não apropriada.

## 5 CONCLUSÕES

O Programa Um Milhão de Cisternas – P1MC tem uma meta imediata, fornecer água de melhor qualidade para consumo humano e, em consequência atingir melhorias na saúde das comunidades beneficiadas, com diminuição das doenças infecciosas de veiculação hídrica. Mas, na sua dinâmica privilegia a participação cidadã, a liberdade e a autonomia. Daí, as fases do processo que culminam na construção e no enchimento da cisterna com água de chuva: ações coletivas de discussão, planejamento, capacitação das famílias (saúde humana e ambiental/relação higiene/qualidade da água/saúde; técnicas de construção, de manutenção e manejo do sistema), apropriação de novas tecnologias, formação, mobilização. A cisterna é o objeto da mobilização para a participação cidadã e geradora de vínculos humanos no contexto da solidariedade e a confiança comunitária.

Para abordar a questão da saúde associada com a qualidade da água na zona rural em famílias com cisterna é importante fazer referência não apenas à cisterna e sim à gestão integrada da água na comunidade e dentro da residência. O P1MC, com a cisterna de placa privilegiou e impulsionou sentimentos e ações de cooperação social, e generalizou, ao transformar em política pública, um método alternativo (e paliativo) de guardar água durante as chuvas para seu uso na estação de estiagem. Sem dúvidas, o P1MC tem causado impacto na qualidade de vida e na saúde pública das comunidades rurais dispersas com diminuição de doenças diarreicas nas famílias beneficiadas, em especial nas crianças. Mas o fato dos beneficiados utilizarem a água de chuva da cisterna (água boa para consumo humano) para os outros usos e transformá-las num simples tanque para colocar água de qualquer origem e de qualidade desconhecida, dentre elas das antigas e tradicionais fontes (açude, rio, cacimba, barreiro, poço) que o P1MC procura substituir, pode indicar ausência de apropriação do conceito “qualidade da água/água boa” destas comunidades. Talvez sinalize uma situação mais complexa: apreensão do conceito “qualidade da água-água boa para beber”, mas a priorização da quantidade, transformando então a cisterna num tanque de água para “gasto”.

Essas atitudes que se tornaram coletivas poderiam ter sua raiz no próprio P1MC, ao definir um volume mínimo de água para higiene e para beber unicamente (8,9L por pessoa por dia), o qual obriga e até estimula o uso das fontes tradicionais de águas contaminadas ao lavar a roupa, por exemplo. O manuseio cotidiano das águas de classe inferior pode estar induzindo uma “pulverização” do conceito de qualidade da água na medida em que todas as águas podem ser usadas sem maiores cuidados para os diferentes usos. Alguns autores destacam, apropriadamente que o contato com as águas de qualidade inferior para lavar a roupa, a residência, tomar banho etc. impede que a diminuição de doenças veiculadas pela água com o uso de

água de melhor qualidade seja evidente e representem decréscimo significativo. Ainda, políticas públicas desarticuladas complicam e colocam em perigo maiores êxitos do programa em vez de colaborar com sua sustentabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, F.; Luz, J.; Figueiras, L.; Santos, S. M.; Medeiros, L. L.; Santos, S. M.; Gavazza, S. Qualidade da água de chuva em cisternas do semiárido pernambucano. In: Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido, 8, 2012, Campina Grande. Anais...Campina Grande: INSA, 2012. CD Rom.
- Andrade Neto, C. O. Proteção sanitária das cisternas rurais. In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 11, 2004, Natal. Anais... Natal: ABES/APESB/APRH, 2004. CD Rom
- APHA - American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th. Washington: APHA, 2005. CD Rom.
- Arsky, I. A. Sustentabilidade dos programas e políticas públicas de captação e manejo de água de chuva para a garantia da soberania e segurança alimentar no semi-árido brasileiro. In: Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido, 7, 2009. Caruaru. Anais... Petrolina: ABCMAC, 2009. CD Rom.
- ASA - Associação do Semi-Árido. <http://www.asa.com.br>. 10 Jun.2009.
- Boschi-Pinto C, Velebit L, Shibuya K. Estimating child mortality due to diarrhoea in developing countries. Bulletin World Health Organization, v.86, p.710–17, 2008.
- Brasil. Portaria 2914/11. Ministério da Saúde. [http://www.saude.mg.gov.br/index.php?option=com\\_gmg&controller=document&id=8014](http://www.saude.mg.gov.br/index.php?option=com_gmg&controller=document&id=8014). 22 Mai. 2012.
- Brito, L. T. L.; Porto, E. R.; Silva, A. S.; Silva, M. S. L.; Hermes, L. C.; Martins, S. S. Avaliação das características físico-química e bacteriológicas das águas de cisternas da comunidade de Atalho, Petrolina-PE. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 5, 2005, Teresina. Anais...Teresina: ABCMAC, 2005. p.1-9.
- Clasen, T.; Schmidt, W. P.; Rabie, T.; Roberts, I.; Cairncross, S. Interventions to improve water quality for preventing diarrhoea: Systematic review and meta-analysis. British Medical Journal, v.334, p.334-782, 2007.
- Gnadlinger, J. Captação de água de chuva: Uma ferramenta para atendimento às populações rurais inseridas em localidades áridas e semiáridas. In: Medeiros, S.; Gheyi H. R.; Galvão, C. O.; Paz, V. P. S. (ed.). Recurso hídricos em regiões semiáridas. Campina Grande: INSA, 2011. Cap.11, p.325-360.
- Kato, M. T.; Perazzo, G. M.; Florêncio, I.; Santos, S. G. Qualidade de água de cisternas utilizada para fins de consumo humano no município de Poço Redondo, SE. In: Seminário Internacional de Engenharia de Saúde Pública, 3, 2006, Fortaleza. Anais.. Fortaleza: FUNASA, 2006. CD Rom.
- Miranda, P. C.; Ceballos, B. S. O. Água, cisternas e educação ambiental: Diálogos e tensões em comunidades rurais. In: Conferencia Internacional da Rede Waterlat – São Paulo, 2010. Textos Waterlat. <http://200.144.188.13/iea/textos/waterlat/> 18 Jun. 2011.
- Nobrega, R. L. B.; Galvão, C. O.; Palmier, L. R.; Ceballos, B. S. O. Aspectos Político-institucionais do aproveitamento de água de chuva em áreas rurais do semi-árido brasileiro. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.17, p.109-122, 2012.
- Projeto Cisternas. Melhoramentos tecnológicos e educação ambiental para a sustentabilidade dos projetos de armazenamento de água de chuva em cisternas no nordeste semi-árido (UFCEG, UEPB, UFPE, UFRPE, EMBRAPA SEMIÁRIDO/CPATSA)2007-2009.<http://www.hidro.ufcg.edu.br/cisternas/projeto.html>. 27 Mai. 2011.
- Silva, C. V.; Heller, L.; Carneiro, M. Cisternas para armazenamento de água de chuva e efeito na diarreia infantil. Um estudo na área rural do semiárido de Minas Gerais. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.17, p.393-400, 2012.

- Silva, M. M. P.; Oliveira, L. A.; Diniz C. R.; Ceballos, B. S. O. Educação Ambiental para o uso sustentável de água de cisternas em comunidades rurais da Paraíba. Revista de Biologia e Ciências da Terra, n.1, Suplemento, p.122-136, 2006.
- Tavares, A. C. Aspectos físicos, químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de comunidades rurais do semi-árido paraibano. Campina Grande: UFPB, 2009. 169p. Dissertação Mestrado
- WHO - World Health Organization. Domestic water quantity, service level and health. 2003. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/WSH03.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/WSH03.pdf). 14 Fev.2012.
- Xavier, R. P. Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano. Campina Grande: UFCG, 2010. 178p. Dissertação Mestrado

# CAPÍTULO 21

## POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NA REGIÃO METROPOLITANA DO CARIRI (RMC) CEARENSE

Renato de Oliveira Fernandes  
Wandenússia de Oliveira Silva  
Rodolfo Luiz Bezerra Nóbrega

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

# **POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NA REGIÃO METROPOLITANA DO CARIRI (RMC) CEARENSE**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	409
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b>	409
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	411
<b>4 CONCLUSÕES</b>	413
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	414

## 1 INTRODUÇÃO

O aproveitamento de água de chuva tem sido foco de estudos de viabilidade econômica e ambiental para diferentes regiões do Brasil (Tomaz, 2003). No entanto, o uso de sistemas de aproveitamento da água de chuva depende principalmente do regime de chuva local, necessitando dessa forma de análise particular para cada região.

No Brasil existem regiões com precipitação média anual de 550 mm, no Semiárido brasileiro, a 2.850 mm, na região Norte do país, apresentando uma alta variabilidade espacial da chuva (ANA, 2011). Associado a isso se soma a variabilidade temporal, no qual destaca-se o Semiárido brasileiro, onde ocorrem períodos diferenciados para o início e fim do período chuvoso.

Na região do Cariri Cearense, foco deste trabalho, o período chuvoso está compreendido entre os meses de dezembro a maio (Porto et al., 2011), com ocorrência principalmente nos meses de janeiro a abril (Nobre, 2012).

Além dos problemas causados na disponibilidade hídrica gerados pelas características climáticas da região semiárida brasileira, existem outros fatores, como o crescimento demográfico dos centros urbanos e o desenvolvimento industrial que geram demandas crescentes por água potável.

Uma vez que a disponibilidade hídrica é estratégica para o desenvolvimento urbano e regional (Maranhão & Ayrimoraes, 2012) a implantação de estruturas coletivas ou individuais para uso eficiente da água pode minimizar os problemas gerado pela escassez quantitativa e/ou qualitativa da água (Gonçalves, 2011).

Uma das alternativas para aumentar a oferta de água na edificação e reduzir a demanda por água potável nos sistemas coletivos de distribuição de água é o aproveitamento da água da chuva. O volume ideal da cisterna para armazenar a água da chuva depende principalmente de dois parâmetros: a área de captação e do regime de ocorrência da chuva.

O primeiro é um parâmetro físico passível de intervenção humana e pode ser adaptado de acordo com características locais, enquanto que o segundo parâmetro não pode ser alterado, uma vez que é uma característica do clima, necessitando de avaliação para o melhor dimensionamento do sistema de captação e aproveitamento de água de chuva.

Para determinar o melhor volume do reservatório para armazenamento da água da chuva é comum quantificar a frequência em que o reservatório é capaz de suprir totalmente a demanda. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo avaliar o comportamento de cisternas quanto ao armazenamento de água de chuva em uma edificação localizada no município do Cariri cearense buscando relacionar com o regime climático da região, a área de captação e a demanda de água.

Em adicional é determinado o percentual de economia de água potável em uma edificação pública localizada nessa região com uma grande área de captação. A avaliação apresentada nesse estudo está direcionada para estudos posteriores no contexto do projeto “Intervenções Tecnológicas em Edificações Públicas para o Uso Eficiente da Água” que está em desenvolvimento na Universidade Regional do Cariri/URCA.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para avaliar o potencial de aproveitamento da água de chuva em uma região do ponto de vista quantitativo é necessária a análise das séries históricas de chuvas. A partir das séries é possível caracterizar o regime

atual de chuva e identificar os períodos secos e chuvosos que servirão para um melhor dimensionamento do sistema de captação de água da chuva.

Nesse trabalho, a análise climatológica da chuva foi realizada para a Região Metropolitana do Cariri (RMC) que é composta por nove municípios (Figura 1). Os municípios mais populosos dessa região são Juazeiro do Norte e Crato (IBGE, 2010).

A Figura 1 apresenta o código e a localização das estações pluviométricas usadas nesse estudo e obtidas da rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas- ANA (<http://hidroweb.ana.gov.br/>). Os dados de chuva são séries históricas diárias correspondentes aos últimos 31 anos (1981-2011) e foram usados para avaliação do volume de cisternas no município Juazeiro do Norte/CE baseada na análise das garantias de abastecimento das mesmas.

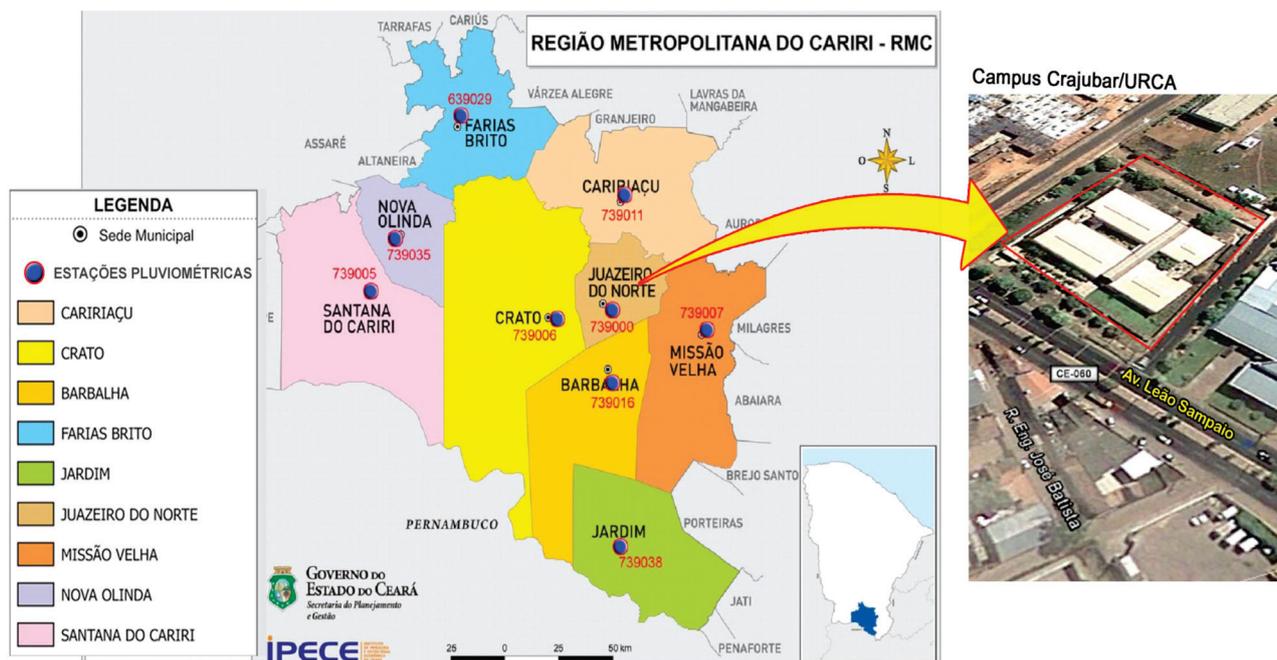


Figura 1. Distribuição espacial das estações pluviométricas utilizadas na RMC e localização do campus Crajubar/URCA  
Fonte: Adaptado de IBGE/IPECE e Google Earth

A avaliação foi realizada através do software Netuno 3.0 (Ghisi & Rocha, 2011) com demandas variáveis e constantes e coeficiente de aproveitamento de água da chuva igual a 0,8. No município de Juazeiro do Norte, as análises foram realizadas para o Campus Crajubar da Universidade Regional do Cariri-URCA (Crajubar/URCA).

Essa instituição de ensino possui uma grande área de cobertura (2.513,46 m<sup>2</sup>), sendo quase em sua totalidade de telhas metálicas. Para a drenagem da água pluvial existem calhas de zinco e condutores verticais e horizontais de PVC, com 150 mm e 100 mm de diâmetro.

A avaliação do comportamento da cisterna para a edificação foi feita supondo a utilização da água da chuva para suprimento em 100% as demandas para lavagem de pisos e irrigação de jardim (fins não potáveis). A indicação dos usos da água de chuva foi baseada nas atividades mais comum do campus e nos critérios de uso definidos na NBR 15.527/2007.

Todas as características físicas do campus (Tabela 1), como as frequências adotadas para lavagem de pisos e irrigação de jardim foram obtidas na Prefeitura do campus e os consumos per capita são os valores indicados por Tomaz (2003). As demandas diárias médias usadas na simulação no campus foram diferentes em alguns meses para levar em consideração os períodos secos e chuvosos.

Tabela 1. Estimativa do consumo de água da chuva para fins não potável no Campus Crajubar/URCA em dois períodos (P1 e P2) do ano

Descrição do consumo	Consumo Lm <sup>-2</sup>	Área (m <sup>2</sup> )	Frequência anual da demanda		Volume (m <sup>3</sup> )	
			P1	P2	P1	P2
Irrigação de jardim	1,5	1300,00	0	96	0,00	187,20
Área de circulação	2,0	647,02	2	4	2,59	5,18
Salas	2,0	1201,81	2	4	4,81	9,16
Laboratórios	2,0	485,24	1	2	0,97	1,94
Banheiros	2,0	36,48	112	229	8,17	16,71
Total					16,54	220,64

P1 - Período de janeiro a abril; P2 - Período de maio a dezembro

Dessa forma, os meses de janeiro a abril que são considerados como de maior ocorrência de chuvas (Nobre, 2011) não foram consideradas demandas de água para irrigação de jardim, pois foi considerado que a ocorrência de chuvas nesse período é suficiente para suprir essa demanda.

Para o município de Juazeiro do Norte foram realizadas duas análises. Uma para o campus Crajubar/URCA, considerando as características físicas e demandas atuais (Tabela 1), e outra considerando as áreas de captação variável de 50 m<sup>2</sup> a 400 m<sup>2</sup>, com incremento de 50 m<sup>2</sup>. As demandas adotadas para a segunda análise foram de 240 L dia<sup>-1</sup> e 320 L dia<sup>-1</sup>.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados obtidos das nove estações pluviométricas nos municípios em estudo, foram gerados gráficos da precipitação média mensal para cada município da RMC (Figura 2).

Observa-se na Figura 2 que o regime de precipitação para os nove municípios são semelhantes, tendo as maiores lâminas precipitadas nos meses de janeiro a abril, com valores máximos no mês de março. Uma das estações pluviométricas que apresentou precipitação média inferior aos demais municípios foi a do município de Jardim.

Ressalta-se que para essa estação a precipitação média mensal foi significativamente inferior a maioria dos outros municípios em 6 dos 12 meses. A estação pluviométrica que registrou maior precipitação média anual acumulada foi no município de Barbalha com 1.084 mm ano<sup>-1</sup>, seguido do Crato, com 1.079 mm ano<sup>-1</sup>, e Caririá com 1.077 mm ano<sup>-1</sup>.

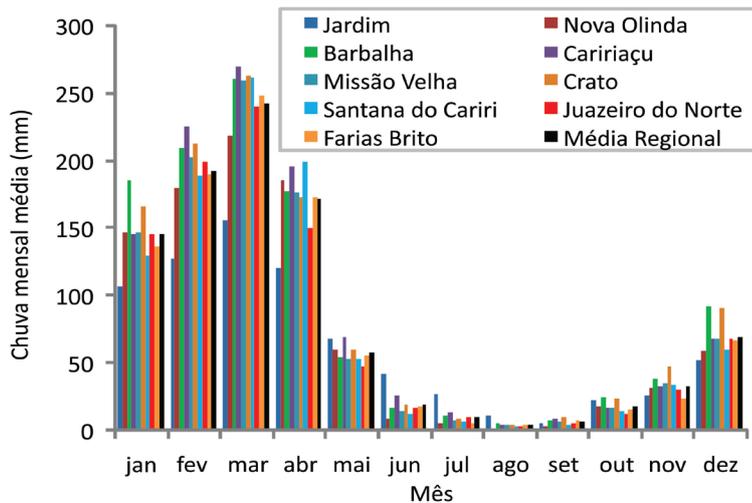


Figura 2. Climatologia da chuva média mensal nas nove estações pluviométricas localizadas em nove municípios da RMC no período de 1981-2011

A partir das características específicas de demandas e área de captação do campus Crajubar/URCA foi possível, a partir dos 31 anos de série histórica de chuva diária, obter as diferentes garantias de atendimento total da demanda para cisternas. A Figura 3A mostra a variação das garantias de abastecimento em função dos volumes das cisternas no campus.

Observando a figura citada é possível evidenciar a influência da variabilidade climática da região nas garantias de abastecimento de água na cisterna. Verifica-se que mesmo aumentando o volume da cisterna até 30 m<sup>3</sup> a garantia total de água chega apenas a cerca de 60%.

A Figura 3B apresenta os percentuais de economia de água potável quando do uso da água da chuva para o suprimento das demandas de lavagem de pisos e irrigação do jardim do campus. Nessa figura é possível observar que devido à variabilidade temporal da chuva na região, mesmo para cisternas de volumes grandes, a economia de água potável fica abaixo de 50%. Isso ocorre devido aos dias em que ocorreram falhas no atendimento (total ou parcial) gerando assim à necessidade do uso de água potável para suprir as demandas.

Com o objetivo de avaliar o comportamento das garantias de abastecimento em função da área de captação e do volume da cisterna, para duas demandas distintas (240 L dia<sup>-1</sup> e 320 L dia<sup>-1</sup>), foram realizadas as simulações mostradas na Figura 4.

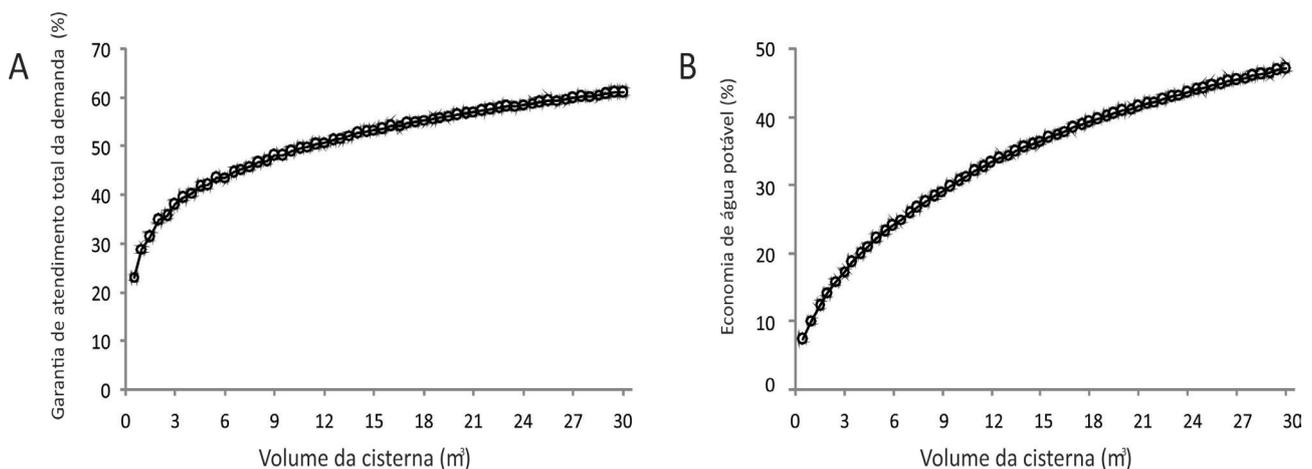


Figura 3. Variação das garantias de atendimento total a demanda de água em função do volume da cisterna para o campus Crajubar/URCA (A) e respectiva economia de água potável para as demandas com fins não potáveis do campus (B). Área de captação 2.513,5 m<sup>2</sup>.

As Figuras 4A e 4B mostram que quando as áreas de captação aumentam, com a demanda mantida constante, a garantia total de abastecimento da cisterna não diferem muito (observar as setas verticais). Essa característica se torna mais evidente para pequenos volumes das cisternas. Destaca-se que a área de 50 m<sup>2</sup> foi a que apresentou menor concordância relativa com a convergência dos valores de garantias do conjunto.

Relacionado aos impactos que o regime de chuvas pode trazer para o abastecimento das cisternas, comparando as Figuras 3 e 4, observa-se que devido à alta variabilidade temporal das chuvas (Figura 2), para obter as garantias de abastecimento de apenas 40% nos cenários de demanda de água simulados são necessárias grandes áreas de captação.

Por outro lado, os mesmos valores citados de garantia (40%) e volume da cisterna (4 m<sup>3</sup>) são iguados ou superados nos dois cenários de demanda (240 L dia<sup>-1</sup> e 320 L dia<sup>-1</sup>) com áreas de captação entre 150 m<sup>2</sup> a 400 m<sup>2</sup> (Figuras 4A e 4B).

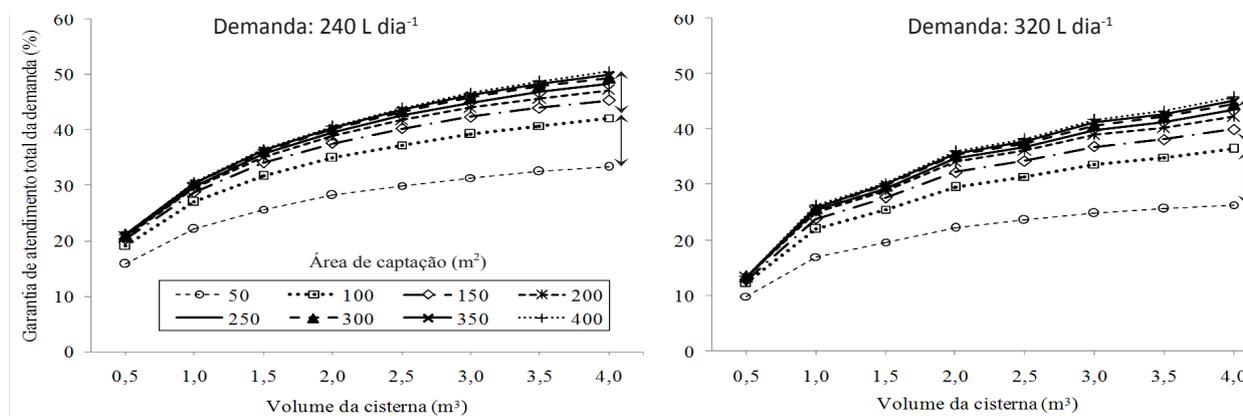


Figura 4. Variação da garantia de atendimento total as demandas de 240 L dia<sup>-1</sup> (A) e 320 L dia<sup>-1</sup> (B) em função do volume da cisterna para diferentes áreas de captação

Apesar do campus Crajubar/URCA possuir uma grande área de captação, as demandas usadas nas simulações são altas, principalmente no período seco (maio a dezembro), o que gerou redução nas garantias de abastecimento. Em adicional, o período que ocorre às maiores demandas é também o que ocorre às menores intensidades de chuvas.

## 4 CONCLUSÕES

O presente estudo apresentou a forte dependência do regime climático da região na segurança de abastecimento das cisternas. Assim, devido a isso, a garantia total de abastecimento se mostrou pouco sensível ao aumento da área de captação.

Apesar das garantias de abastecimento sugerirem o uso de água potável proveniente da rede de abastecimento para o suprimento nos dias em que a demanda for superior ao volume armazenado na cisterna, pode-se ainda economizar água potável dependendo da área de captação e do volume da cisterna.

A simulação realizada para um campus da Universidade Regional do Cariri, localizado no município de Juazeiro do Norte/CE, que possui alta demanda de água para fins não potáveis e uma grande área captação, indicou possibilidade de economia de aproximadamente 40% de água potável quando utilizado

o sistema de aproveitamento de água da chuva com cisterna de 16 m<sup>3</sup> e garantia total de abastecimento de aproximadamente 55%.

Desta forma, o estudo sugere potencialidades no aproveitamento da água da chuva na região, mas indica a necessidade de outras avaliações em todos os municípios pertencentes à Região do Cariri Cearense. É recomendado que mais pesquisas sejam realizadas com o propósito de avaliar o potencial de aproveitamento de água de chuva regional, levando em conta diferentes capacidades de captação, armazenamento e consumo de água de chuva. Ademais, é necessário que aspectos qualitativos, econômicos e sociais também sejam considerados para embasamento de diretrizes públicas relacionadas ao aproveitamento de água de chuva na região estudada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527/2007. Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. 8p.
- ANA - Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2011, Brasília: ANA, 2011. 112p.
- Ghisi, E.; Cordova, M.M.; Rocha, V. L. Netuno 3.0. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. <http://www.labeee.ufsc.br/>. 25 Abr. 2011.
- Gonçalves. R. F. Uso racional de água no meio urbano: Aspectos tecnológicos, legais e econômicos. In: Medeiros, S. de S.; Gheyi, H. R.; Galvão, C. de O.; Paz, V. P. da S. (ed.) Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. p.163-205.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área territorial oficial. Resolução da Presidência do IBGE de n.5 (R.PR-5/02). 10 Jun. 2012.
- Maranhão, N.; Ayrimoraes, S. Os usos da água e o desenvolvimento regional. In: A questão da água no Nordeste. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Nacional de Águas. Brasília: CGEE, 2012. p.123-155.
- Nobre, P. As origens das águas no Nordeste. In: A questão da água no Nordeste. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Nacional de Águas. Brasília: CGEE, 2012. p.31-43.
- Porto, E. R.; Silva, A. de S.; Brito, L. T. de L. Conservação e uso racional de água na agricultura dependente de chuvas. In: Medeiros, S. S.; Gheyi, H. R.; Galvão, C. de O.; Paz, V. P. da S. P. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. p.113-161.
- Tomaz, P. Aproveitamento de água de chuva: Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não Potáveis. Guarulhos: Navegar, 2003. 180p.

# CAPÍTULO 22

## INFLUÊNCIA DO DESCARTE DAS PRIMEIRAS ÁGUAS DE CHUVA SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA ENCAMINHADA ÀS CISTERNAS

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

Júlio Cesar Azevedo Luz de Lima  
José Roberto Santo de Carvalho  
Manuella Lopes Figueiras  
Luis Medeiros de Lucena  
Sylvana Melo dos Santos  
Sávia Gavazza

# **INFLUÊNCIA DO DESCARTE DAS PRIMEIRAS ÁGUAS DE CHUVA SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA ENCAMINHADA ÀS CISTERNAS**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	417
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b>	417
2.1 Experimento com precipitação artificial	417
2.2 Experimento com chuva real utilizando dispositivo de DESVIUFPE	418
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	419
3.1 Experimento com precipitação artificial	419
3.2 Experimento utilizando dispositivo de tubos acoplados	420
<b>4 CONCLUSÕES</b>	421
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	421

## 1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a diminuição dos recursos hídricos em cenário global se tornou um dos principais problemas enfrentados pelos países no mundo inteiro. Nos países em desenvolvimento o cenário de escassez de água potável é evidenciado, devido à falta de infraestrutura para utilização dos recursos hídricos disponíveis.

A população em diversos países tem utilizado a captação da água de chuva, para fins potáveis e não potáveis, como forma de enfrentamento à escassez de água, sendo comum o armazenamento em tanques próprios, as cisternas (Helmreich & Horn, 2008). O incentivo dessa prática no Brasil ganhou força com o programa 1 milhão de cisternas (P1MC), formulado pela Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA), por meio do qual o governo federal já implantou cerca de 350 mil cisternas (ASA, 2002). Apesar disso, é importante garantir que água de boa qualidade seja armazenada nas cisternas e, neste contexto, alguns fatores têm influência sobre essa qualidade, como material da superfície de captação (Mendez et al., 2011); uso e forma de desvio das primeiras águas de chuva (Souza et al., 2011); forma de manejo (Martinson & Tomas, 2003) e intensidade da precipitação.

O presente trabalho pretendeu contribuir para o entendimento do papel do dispositivo de desvio sobre a qualidade da água encaminhada às cisternas. Para isso, em instalação experimental, foi avaliada a influência que os quatro primeiros milímetros, individualmente, exercem sobre a qualidade da água, para duas intensidades diferentes de precipitação. Adicionalmente, foi avaliada a influência que um dispositivo de desvio automático, concebido neste trabalho, exerceu sobre a qualidade da água da chuva encaminhada às cisternas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Experimento com precipitação artificial

Os ensaios foram conduzidos em Instalação Experimental (IE) instalada no campus de Caruaru-PE da UFPE, que consistiu em uma cisterna de 16000 L, um telhado com área de captação de 59 m<sup>2</sup>, um sistema de bombeamento (bomba Schneider 1CV) com aspersores e calha para coleta da precipitação simulada. Os aspersores de 360° (Fabrimar) foram distribuídos no telhado de captação, espaçados 0,68 m verticalmente e 1,44 m horizontalmente totalizando 16 aspersores, sendo que, nas extremidades, os mesmos apresentavam giro de 180° e nas quinas de 90°. Na linha de recalque da bomba foram instalados um hidrômetro (Sappel, DN-25) e um manômetro (MECALTEC- de 0-20 mca) para controle da quantidade e intensidade de água encaminhada ao telhado.

Para simulação da precipitação foi utilizada água potável, adquirida junto à companhia de saneamento local (Compesa) e foram avaliadas duas intensidades de precipitação (23 mm/h e 46 mm/h), sendo coletadas individualmente as amostras provenientes do primeiro, segundo, terceiro e quarto milímetros de precipitação. A menor intensidade de precipitação foi utilizada por ser de comum ocorrência na região de Caruaru-PE (INPE, 2012) e a maior foi estabelecida para avaliação de uma condição mais extrema de precipitação. Os experimentos foram conduzidos em duplicata.

A montagem experimental se localiza no estacionamento da universidade, cujo acesso é feito por meio de ruas não pavimentadas. Adicionalmente, houve a necessidade de se fazer uma contaminação bacteriológica artificial do telhado, uma vez que nos testes iniciais do sistema não se detectou presença de microrganismos. Para contaminação do telhado foram utilizados 400 mL de lodo (40,2 g SSV L<sup>-1</sup>), provenientes da ETE Mangueira,

que apresenta boa diversidade microbiana (Lucena et al., 2011). Esse lodo foi uniformemente aspergido sobre o telhado.

Para separação de cada milímetro de PS que passou pelo telhado, foram utilizados quatro baldes plásticos (A, B, C e D), graduados para acumular 59 L em cada balde. Desta forma, cada balde armazenava 1 mm de PS. Foi adaptada uma mangueira flexível para facilitar o direcionamento da água aos baldes. Para avaliação da introdução de poluentes na água ao longo do percurso foram coletadas 10 amostras, sequencialmente, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Descrição das amostras coletadas ao longo do percurso da água do os ensaios de PS

Amostra	Descrição
1	Água potável representativa da água da precipitação
2	PS após passar por telhado e calhas
3	PS após 1º milímetro de precipitação
4	PS após 2º milímetro de precipitação
5	PS após 3º milímetro de precipitação
6	PS após 4º milímetro de precipitação
7	Água coletada no interior do balde A
8	Água coletada no interior do balde B
9	Água coletada no interior do balde C
10	Água coletada no interior do balde D

A retirada da amostra no interior de cada balde foi realizada imediatamente após o seu enchimento, seguido de agitação, evitando descaracterizar a amostra em função de uma possível decantação dos sólidos em suspensão no interior de cada balde. As seis primeiras amostras foram analisadas da forma como foram coletadas em campo, enquanto as amostras 7, 8, 9 e 10, foram misturadas na proporção de 1:1 para representar a água desviada da cisterna, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Amostras misturadas para simular a água desviada dos 4 primeiros milímetros de chuva

Interior do desvio	Amostras
1º milímetro (I1)	7
2º milímetro (I2)	7+8
3º milímetro (I3)	7+8+9
4º milímetro (I4)	7+8+9+10

Os seguintes parâmetros foram analisados, de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005), em todas as amostras: cor real e aparente (2120C); turbidez (2130B); pH e alcalinidade (2320B); sólidos suspensos totais – SST (2540D); coliformes totais e E.Coli (9223B); e bactérias heterotróficas (9215 B).

## 2.2 Experimento com chuva real utilizando dispositivo de desvio DESVIUFPE

Neste trabalho foi desenvolvido, e avaliado o comportamento, de um dispositivo de desvio de tubos acoplados (Figura 1a), confeccionado em tubos e conexões de PVC. O DESVIUFPE se destaca pela estanqueidade, facilidade de confecção, instalação e baixo custo. Este foi instalado em uma residência localizada na cidade de Pesqueira-PE, cujo telhado apresenta inclinação de 27% e área igual a 50,77 m<sup>2</sup>, o que resultou em 6,5 m de

tubos para armazenar 1 mm de precipitação. O objetivo foi analisar a eficiência do dispositivo, acompanhando as variações na qualidade da água durante o percurso até a cisterna da residência. Esses experimentos foram realizados durante dois eventos de chuva ocorridos em dois anos consecutivos, na mesma época do ano (entre os meses de agosto e setembro).

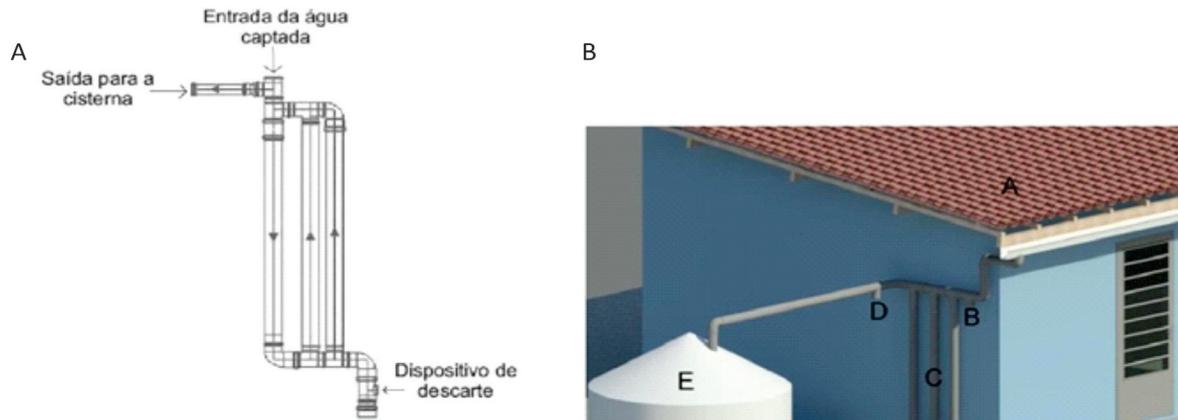


Figura 1. Dispositivo de desvio de tubos acoplados: (A) Esquema ilustrativo; (B) Ilustração dos pontos de coleta de água durante uma precipitação real. Alves et al. (2014)

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Experimento com precipitação artificial

Os resultados obtidos para cor aparente e turbidez são apresentados na Figura 2, e merece destaque os elevados teores de cor e turbidez da PS no ponto 2, que decorrem do fato de a instalação experimental estar situada no estacionamento da UFPE. Esses valores são 7,9 e 9,8 vezes superiores aos observados no interior de desvios na cidade de Pesqueira-PE (Souza et al., 2011). No presente trabalho observa-se ainda que o primeiro milímetro foi responsável pela maior parcela de redução da cor e turbidez da água que seria encaminhada à cisterna (comparação dos pontos 2 e 3 da Figura 2).

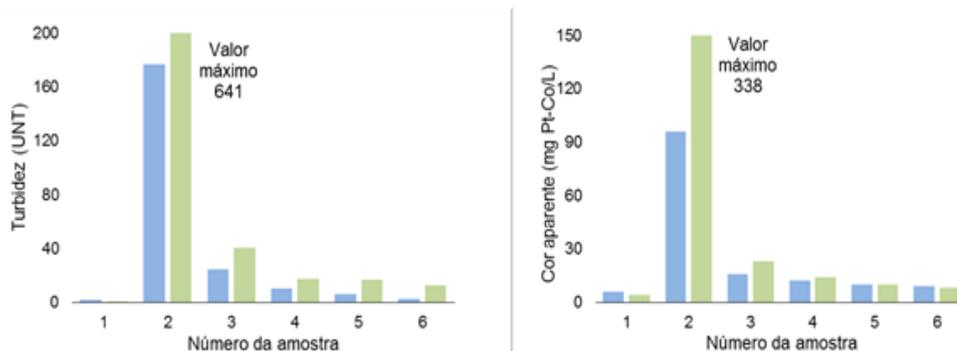


Figura 2. Resultados obtidos para PS ao longo do percurso, com avaliação da influência dos 4 primeiros milímetros de precipitação, para as intensidades de precipitação de 23 mm h<sup>-1</sup> (cinza escuro) e 46 mm h<sup>-1</sup> (cinza claro): (a) cor aparente e (b) turbidez. Numeração das amostras indicadas na Tabela 1

As eficiências de redução de cor durante o descarte do primeiro milímetro foram iguais a 83,3% e 93,2%, respectivamente para as precipitações de 23 mm h<sup>-1</sup> e 46 mm h<sup>-1</sup>. Os valores correspondentes obtidos para turbidez foram 86% e 93,7%. O incremento proveniente do descarte dos demais milímetros (2º, 3º e 4º mm) foi pouco significativo em relação ao primeiro. Igualmente, não se observou influência significativa da intensidade de precipitação sobre a remoção de cor entre os milímetros descartados.

O comportamento observado para PS parâmetros microbiológicos (dados não apresentados) (coliformes totais e Escherichia Coli) foi semelhante ao observado para cor e turbidez (Figura 2). A importância do 1º mm descartado é mais evidente para os parâmetros microbiológicos. A remoção de coliformes totais foi igual 98%, sendo importante observar que elevado teor foi desviado no primeiro milímetro. No entanto, para coliformes o desvio do 2º mm aumentou a eficiência para 99,3%, reduzindo os valores de 13400 para 4960 (NMP 100mL<sup>-1</sup>), respectivamente após 1º e 2º mm.

Para E-coli o desempenho foi ainda melhor, não tendo sido detectada presença de microrganismos pertencentes a esse grupo após o desvio do 1º milímetro da PS. Neste caso fica mais evidente a importância de se desviar o primeiro milímetro de precipitação. Lee et al. (2012) avaliaram a influência do tipo de material do telhado sobre a qualidade da água de chuva escoada. Os autores detectaram baixos níveis de E-coli para todos os materiais avaliados, sendo 14 UFC 100mL<sup>-1</sup> para telhado de madeira, 18 UFC 100 mL<sup>-1</sup> para concreto, 8 UFC 100mL<sup>-1</sup> para telha cerâmica e 4 UFC 100mL<sup>-1</sup> para telha de aço galvanizado.

### 3.2 Experimento utilizando dispositivo de tubos acoplados

Nos dois experimentos realizados observa-se influência nos parâmetros provocada pelo desvio do primeiro milímetro de chuva. Em relação à turbidez (Figura 3) os valores obtidos após o desvio (ponto D), em ambos os experimentos, comparados com os valores obtidos no interior do desvio, ponto C, indicaram que o dispositivo de descarte foi eficiente em reter partículas em suspensão, com eficiência iguais a 62,4% e 49,6%, respectivamente para os anos 1 e 2. Observa-se ainda que, em ambos os experimentos, os valores encontrados nos pontos após o desvio e no interior da cisterna estão de acordo com o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 que limita a turbidez em 5 UNT na rede de distribuição. Comparando esses resultados com os obtidos para o experimento com PS (eficiência de remoção de turbidez igual a 93,7%), cabe ressaltar que é provável que as amostras coletadas no experimento com precipitação natural podem não ter sido coletadas imediatamente após o início da precipitação, o que pode ter causado tal diferença.

Os resultados obtidos para coliformes fecais e bactérias heterotróficas totais são apresentados na Figura 4. Esses resultados confirmam a importância do desvio das primeiras águas de chuvas como barreira sanitária na melhoria da qualidade da água armazenada em cisternas. Foi observada remoção de coliformes totais de 96,5% no ano 2 (do ponto B ao ponto D). Destaca-se o baixo teor de coliformes observado no ano 1, ponto B. É provável que a amostra tenha sido coletada após a água ter lavado o telhado e a atmosfera, estando as impurezas retidas no desvio. Quando a referência passa a ser bactérias heterotróficas a redução foi de

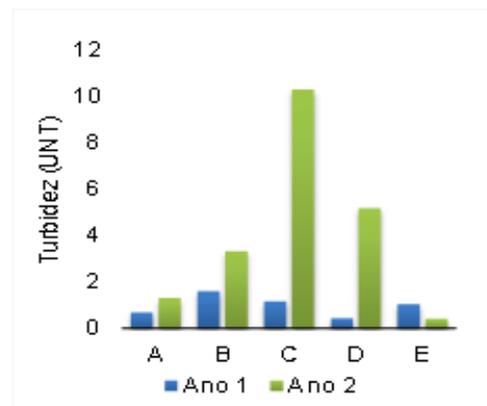


Figura 3. Turbidez nos pontos de coleta dos experimentos dos anos 1 e 2, valendo a seguinte correspondência: A - água da chuva; B - antes do desvio; C - interior do desvio; D - após o desvio; E - água retirada utilizando a bomba da cisterna

37,3% no ano 1 e 44,8% no ano 2, entre os pontos B e D. De forma semelhante ao observado com PS, não foi detectada E-coli nas amostras após o desvio em ambos os anos de avaliação. Isso reforça a funcionalidade do desvio com relação a esse parâmetro.

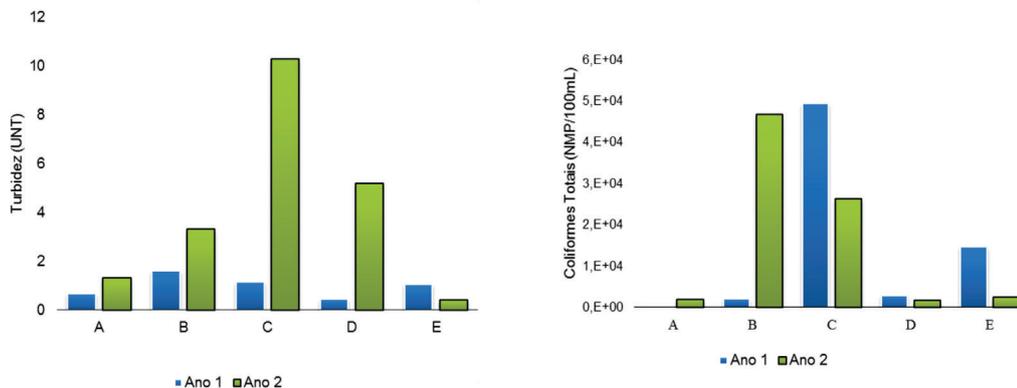


Figura 4. Resultados obtidos nos pontos de coleta dos experimentos do ano 1 e 2, valendo a seguinte correspondência: A - água da chuva; B - antes do desvio; C - interior do desvio; D - após o desvio; E - água retirada utilizando a bomba da cisterna

## 4 CONCLUSÕES

O desvio do primeiro milímetro de chuva é extremamente importante para garantir o encaminhamento de água de boa qualidade às cisternas e promoveu a remoção de 93,2; 93,7; 98 e 100%, respectivamente de cor, turbidez, coliformes totais e E-coli, quando se utilizou precipitação simulada. Para precipitação natural, os correspondentes valores para turbidez, coliformes totais e E-coli, foram 62,4% e 96,5% e 100%. Adicionalmente, para as intensidades de precipitação avaliadas (23 e 46 mm h<sup>-1</sup>) não se detectou influência significativa desta variável sobre a remoção dos poluentes nos quatro primeiros milímetros avaliados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, F.; Köchling, T.; Luz, J.; Santos, S. M.; Gavazza, S. Water quality and microbial diversity in cisterns from semiarid areas in Brazil. *Journal of Water and Health*, in press. 2014.
- APHA - American Public Health Association. *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 21.ed. Washington: APHA, 2005.
- ASA - Articulação no Semi-árido Brasileiro. Programa de formação e mobilização para a convivência com o semi-árido brasileiro: 1 milhão de cisternas rurais. Recife: ASA, 2002.
- Brasil. Ministério da Integração Nacional. Nova delimitação do semiárido brasileiro. Brasília – DF, 2005. Brasil. Ministério da saúde. Portaria nº 2914, de 12 dez. 2011.
- Helmreich, B.; Horn, H. Opportunities in rainwater harvesting. *Desalination*, v.248, p.118–124, 2009.
- Lee, J. Y.; Bak, G. Quality of roof-harvested rainwater e comparison of different roofing materials. *Environmental pollution*, v.162, p.422-429, 2012.

- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Dados referentes às precipitações no território nacional. Influência do descarte das primeiras águas de chuva sobre a qualidade da água encaminhada às cisternas <http://www.inpe.br/>. 5 Jun. 2012.
- Lucena, R. M.; Morais, M. A. J.; Gavazza, S.; Florencio, L.; Kato, M. T. Study of the microbial diversity in a full scale UASB reactor treating domestic wastewater. *World Journal Microbiol Biotechnol*, v.27, p.2893-2902, 2011.
- Martinson, D. B.; Thomas, T. Better, research into roofwater harvesting for water supply in low-income countries. In: *American Rainwater Catchment Systems Conference, 2003, Austin. Proceedings.... Austin: American Rainwater Catchment Systems Association, 2003. CD Rom.*
- Mendez, C. B.; Klenzendorf, J. B.; Afshar, b. R.; Simmons, M. T.; Barrett, M. E.; Kinney, K. A.; Kirisits, M. J. The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater. *Water Research*, v.45, p.2049-2059, 2011.
- Souza, S. H. B; Montenegro, S. G.; Santos, S. M.; Gavazza, S.; Nobrega, R. L. B. Avaliação da qualidade da água e da eficácia de barreiras sanitárias em sistemas para aproveitamento de águas de chuva. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.16, p.13-19, 2011.

# CAPÍTULO 23

## ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA EM CISTERNA PRODUZ FRUTAS E HORTALIÇAS PARA O CONSUMO PELAS FAMÍLIAS RURAIS: ESTUDO DE CASO

Luiza Teixeira de Lima Brito  
Janaína Oliveira de Araújo  
Nilton de Brito Cavalcanti  
Maria José da Silva

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

# **ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA EM CISTERNA PRODUZ FRUTAS E HORTALIÇAS PARA O CONSUMO PELAS FAMÍLIAS RURAIS: ESTUDO DE CASO**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	425
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b>	426
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	427
<b>4 CONCLUSÕES</b>	429
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	430

## 1 INTRODUÇÃO

A porção semiárida do Nordeste brasileiro abrange uma área de 969.589,4 km<sup>2</sup>, estendendo-se do estado do Piauí ao Norte de Minas Gerais, perfazendo 1.133 municípios, delimitados pela isoietas de 800 mm por ano, entre outras características físicas (Brasil, 2005). Apresenta, também, grande diversidade agroecológica e socioeconômica, onde predominam sistemas agrícolas de base familiar de baixa eficiência de produção, em consequência da irregularidade das chuvas na maioria dos anos, dos solos rasos e pobres em matéria orgânica e fertilizante. A baixa eficiência da produção agrícola afeta a dieta alimentar das famílias ali residentes.

A diversidade da região implica na necessidade de múltiplas soluções a serem adotadas para o enfrentamento aos desafios impostos. As estratégias tecnológicas para cada espaço, necessariamente, têm de ser diferenciadas. Neste contexto, o zoneamento agroeconômico indica os espaços próprios para cada atividade, com o conhecimento de suas limitações e potencialidades, valorizando as especificidades locais (Guimarães & Lopes, 2001). No entanto, afirmam estes autores que o processo que atinge o sistema produtivo familiar e seu ecossistema pode ser revertido por meio do uso de técnicas racionais de cultivo, de criação e de extrativismo desenvolvidas ou em desenvolvimento pelo Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), coordenado pela Embrapa, com o apoio do conhecimento acumulado pela vivência das populações locais. É importante que, simultaneamente, sejam consideradas as limitações que impedem a apropriação dessas tecnologias pelo produtor familiar. Para uma efetiva apropriação das tecnologias é necessário uma ação integrada de associações de produtores, ONGs e entidades de assistência técnica e extensão rural, apoiada por políticas públicas adequadas.

Pesquisa desenvolvida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011) aponta que a dieta de 90% dos brasileiros está fora do padrão recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) no que diz respeito ao consumo de frutas, verduras e legumes, sendo sua composição prioritariamente por arroz e feijão, associados aos alimentos calóricos e de baixo teor nutritivo. Na Região Nordeste, a pesquisa estimou médias de ingestão energética que se situaram na faixa de 1.448 kcal a 2.174 kcal, segundo os grupos etários, entretanto, a ingestão de proteínas ultrapassou o limite máximo recomendado de 15%. Também, a maior participação calórica média dos carboidratos entre os adolescentes de 10 a 13 anos de idade, adultos e idosos do sexo masculino era ligeiramente mais elevada. Nessa região, a participação calórica dos lipídios esteve abaixo dos valores nacionais. Por sua vez, a região registrou as menores médias de ingestão dos componentes lipídicos da dieta na maioria dos grupos analisados, as menores médias de ingestão de fibras no sexo feminino e as menores de consumo de açúcar total entre os adolescentes de 10 a 18 anos de idade do sexo masculino.

Na perspectiva da melhoria da dieta alimentar das famílias, algumas comunidades rurais do Semiárido brasileiro têm sido contempladas com programas como Segurança Alimentar e Nutricional, Um Milhão de Cisternas - P1MC e Uma Terra e Duas Águas – P1+2, vinculados ao Ministério do Desenvolvimento Social – MDS (disponível em <http://www.fomezero.gov.br/>, acesso em 24/06/2011).

Dada à ocorrência da seca que assola o Semiárido brasileiro, provavelmente, uma das maiores nos últimos 47 anos, o Governo Federal lançou recentemente mais um programa o “Brasil Carinhoso”, objetivando garantir às famílias que vivem em situação de extrema pobreza, o repasse de R\$ 70,00 (setenta reais), como reforço ao programa Bolsa Família. O Brasil sem Miséria tem como prioridade beneficiar as famílias que têm crianças entre zero a seis anos de idade. No pronunciamento dado no lançamento do programa foi informado que 78% das crianças brasileiras em situação de pobreza absoluta vivem nas regiões Norte e Nordeste, e 60% delas vivem nos estados nordestinos (<http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2012/05/programa-brasil-carinhoso-quer-tirar-da-miserie-criancas-de-0-6-anos.html>).

As cisternas de consumo e de produção de alimentos são alternativas tecnológicas disponibilizadas para amenizar o quadro de instabilidade de pequenos agricultores familiares que sobrevivem da agricultura. O objetivo é armazenar a água proveniente da chuva e garantir a boa qualidade durante todo o ano para consumo humano, bem como para produzir alimentos.

Segundo Brito et al. (2011) a água armazenada em uma cisterna de produção, que tem capacidade para 52 mil litros, se bem manejada, é suficiente para manter um pequeno pomar, em torno de 30 fruteiras, e 2 a 4 canteiros de hortaliças, com em média, 12 m<sup>2</sup> de área cultivada. De acordo com Araújo et al. (2011) a possibilidade de cultivar várias espécies de frutas e de hortaliças e a produção obtida permite incrementar melhorias significativas na dieta das famílias rurais.

Os produtos obtidos dos pomares e dos canteiros são isentos de agroquímicos e são nutritivos e seguros, eles possuem na sua composição química uma variabilidade de nutrientes essenciais para o bom funcionamento do organismo humano, atuando, também, na redução de futuras doenças como hipertensão, diabetes, cânceres, anemia.

Face ao exposto, o presente trabalho teve por objetivo realizar um levantamento da situação atual das cisternas de consumo humano e de produção em comunidades rurais do Semiárido brasileiro.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada entre os meses de março a maio de 2012, em três estados da região Nordeste (Pernambuco, Bahia e Piauí), localizados no Semiárido brasileiro, envolvendo oito municípios. A pré-seleção destes municípios teve como base a presença das cisternas de consumo e de produção de alimentos nas propriedades das famílias.

As cisternas de consumo e de produção foram construídas por meio de convênios firmados entre o Ministério de Desenvolvimento Social – MSD e a Articulação do Semiárido – ASA, inseridas nas políticas do Programa Um Milhão de Cisternas – P1MC e do Programa Uma Terra de Duas Águas – P1+2.

No estado de Pernambuco a pesquisa abrangeu três municípios da mesorregião do Vale do São Francisco Pernambucano, citando-se Afrânio (Comunidade Campo Verde), Dormentes (Comunidade Baixa da Boa Vista) e Petrolina (Assentamento Lindolpho Silva). Na Bahia a pesquisa abrangeu os municípios de Jaguarari (Comunidade Fazenda da Conceição), Uauá (Comunidade Serra da Besta) e Curaçá (Comunidade Fazenda Caladinho), localizados na mesorregião Centro Norte Baiano e, finalmente, no Piauí participaram os municípios de Queimada Nova (Comunidade Barra de Juá) e Paulistana (Comunidades Carapuço e Angical), da mesorregião do Sudeste Piauiense.

A coleta de informações sobre os programas P1MC e P1+2 no âmbito das famílias ocorreu a partir de um roteiro contendo informações padronizadas para facilitar a sistematização dos dados obtidos na pesquisa, e o mesmo foi seguido em todas as propriedades das famílias rurais, contendo questionamentos referentes a sua caracterização, condições do domicílio, atividade econômica, criação de animais e informações sobre a cisterna de consumo, qualidade da água da cisterna sob o ponto de vista da família, se a água da cisterna atende as necessidades de beber e cozinhar, se a cisterna recebe água de outras fontes hídricas, entre outras. Também, foram feitas indagações sobre a cisterna de produção, principalmente, quanto ao manejo da água aplicada às culturas e a quantidade e diversidade de espécies cultivadas.

A pesquisa contou com o apoio dos Sindicatos de Trabalhadores Rurais dos municípios pesquisados, o qual disponibilizou funcionários e informações que serviram para facilitar o acesso às comunidades, e das famílias no pronto atendimento da equipe em suas residências e visitas às áreas de produção.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O total de familiares participantes desta pesquisa foi 78, distribuídas em três estados: Bahia (26), Pernambuco (29) e Piauí (23). Em todas as propriedades visitadas foram encontradas duas cisternas, sendo uma destinada ao consumo das famílias e a outra, denominada por cisterna de produção, cujo objetivo é o armazenamento de água de chuva para aplicação em pomares e canteiros de hortaliças, visando à melhoria da qualidade dos alimentos consumidos pelas famílias.

A partir das informações levantadas junto às famílias foram obtidas as seguintes características quanto aos aspectos socioeconômicos, em média, as famílias são constituídas por 3,8 pessoas, dos quais, apenas 9% de crianças com até cinco anos e 77,3% de adultos, cuja atividade principal tem como base a agricultura ou dona de casa. Das 78 famílias apenas uma não era dono da casa. Em geral, as residências são em alvenaria revestida e apresentam-se em bom estado de conservação. 86% dessas famílias recebem benefícios sociais governamentais, sendo 33% de aposentadoria e, 41% do Programa Bolsa Família, embora, a ocupação principal dos familiares é direcionada para os cuidados com as propriedades, ou seja, a agricultura e criação de animais.

Quanto ao rebanho, observou-se a predominância da caprinovinocultura, com um total de 3.017 cabeças, seguido pelas aves (galinha). A criação de animais por 94% das famílias é vista como uma alternativa complementar à renda da família. A pesquisa também identificou que 70% dos participantes possuem ensino fundamental incompleto. Segundo pesquisa realizada, o Nordeste foi onde o analfabetismo mais se reduziu entre 2004 e 2009 (de 22,4% para 18,7%), mas apresenta o índice bem acima das demais regiões, quase o dobro da média nacional (IBGE, 2009).

Diante das dificuldades financeiras e da seca, alguns animais são vendidos. O chefe de família Carlos Alberto Neres dos Santos, morador do Assentamento Lindolpho Silva, em Petrolina/PE, diz: “no aperreio da seca vendemos nossos bichos para poder comprar carro-pipa e matar a fome”.

No contexto da cisterna como alternativa para armazenar água de chuva para o consumo das famílias, a pesquisa questionou a respeito da qualidade da água para o consumo humano e para cozinhar, como também referente a quantidade armazenada. Dos participantes, respectivamente, 96% e 82% responderam “sim”, porém, a resposta referente à qualidade está condicionada a água ser oriunda da chuva. 32% das famílias informaram usar a água da cisterna para descarga do vaso sanitário, lavar roupa, entre outros, o que pode comprometer a finalidade da cisterna “garantir água para beber e cozinhar durante o período de escassez de chuvas”. Mesmo considerando a água proveniente da chuva e armazenada na cisterna como de boa qualidade, 60% das famílias informaram utilizar o hipoclorito de sódio para desinfecção da água de beber.

Do universo pesquisado, 59% das famílias utilizam a bomba manual no processo de retirada da água da cisterna, enquanto que 36% informaram que o faz de forma manual. Pesquisas realizadas por Brito et al. (2007) apontaram que 58,17% das famílias retiravam água da cisterna de forma manual. A redução do número de famílias nesta modalidade de retirada da água da cisterna pode ter sido devido às recomendações feitas ao MDS para que toda cisterna fosse contemplada com uma bomba manual, como forma de reduzir os riscos de contaminação da água de chuva, sendo a bomba manual considerada como uma “barreira sanitária”. As demais famílias (5%) utilizam ambas as formas de retirada de água da cisterna.

Devido à irregularidade das chuvas na região, situação recorrente em anos subsequentes, como também, a baixa capacidade de armazenamento do reservatório (16 mil litros) e aos usos diversos da água, em alguns casos, as famílias têm abastecido suas cisternas com água transportada por carros-pipa, oriunda de açudes, canal de irrigação, do rio São Francisco, poços, entre outras fontes. Nestas situações, foi relatado que nem

sempre a água é de boa qualidade para beber. O estudo apontou que 32% cisternas de consumo já receberam água por meio de carro-pipa. Das famílias visitadas, apenas 22% das cisternas apresentaram problemas construtivos, como rachaduras e vazamentos.

As informações obtidas na pesquisa relativas à cisterna de produção apontam que as áreas de captação são em solo revestido com argamassa (48%) e enxurrada (38%), também conhecida por cisterna calçada. A principal característica entre a cisterna de consumo e a cisterna de produção está na capacidade de armazenamento e no destino final da água de chuva, sendo que esta última apresenta um volume útil de 52 mil litros.

Com um número significativo de cisterna de enxurrada, apenas 21% delas contém sistema de filtragem externo para possibilitar a retenção de sedimentos, solo e materiais vegetais, evitando que os mesmos causem problemas com a qualidade da água da cisterna e reduza sua capacidade de armazenamento. Embora, 67% das famílias afirmem que a cisterna já tenha sido lavada.

A quantidade de água disponível na cisterna para uso nas fruteiras e, ou hortaliças também foi item abordado pela pesquisa. Por um lado, 67% afirmaram que a produção ocorre durante todo ano; no entanto, 51% das famílias afirmam que a água armazenada na cisterna (52 mil litros) não é suficiente para aplicar às culturas durante o ano. Este mesmo percentual de famílias (51%) afirmou que a cisterna recebe água de outras fontes por meio de carro-pipa. Esta afirmação pode estar associada à concepção do programa P1+2, em que pode ter sido criada expectativa nas famílias de que a cisterna de produção poderia produzir para o mercado, fazendo com que muitas famílias excedessem no número de fruteiras dos pomares e dos canteiros das hortaliças. Em algumas destas famílias, foi observado até 100 pés de maracujazeiros por família, visando à comercialização dos frutos (Figura 1).



Figura 1. Pomar cultivado com o macujazeiro em área de produtor do município de Petrolina, PE

Nos canteiros de hortaliças foi informado pelas famílias a exploração das espécies tomate (*Solanum lycopersicum*), cebolinha (*Allium cepa*), coentro (*Coriandrum sativum*), alface (*Lactuca sativa*), pimentão (*Capsicum annuum*), berinjela (*Solanum melongena*), pimenta de cheiro (*Capsicum odoriferum*) e repolho (*Brassica oleracea* L.), tanto para o consumo quanto para venda, em casos específicos de excedente de produção (Figura 2).

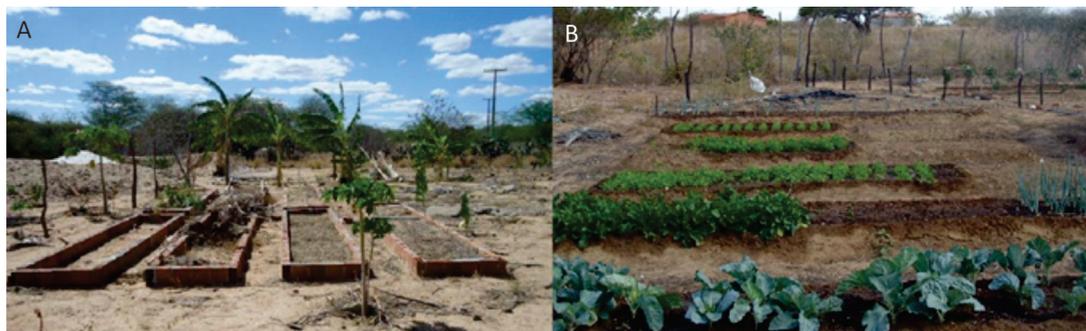


Figura 2. Canteiros com hortaliças em área de produtores nos estados de Pernambuco (a) e do Piauí (b).  
Foto: Janaína Oliveira de Araújo

Quanto às fruteiras, foi observada grande diversidade das espécies cultivadas no pomar, como mamoeiro (*C. papaya*), goiabeira (*Psidium guajava*), pinheira (*Annona squamosa*), mangueira (*Mangifera indica* L.), limoeiro (*Citrus x limonia*), bananeira (*Musa*), laranjeira (*Citrus x sinensis*), tangirineira (*Citrus reticulata*), cajueiro (*Anacardium occidentale*), aceroleira (*Malpighia emarginata*), gravioleira (*Anona muricata*), jambeiro (*Syzygium jambos* L.), abacateiro (*Persea americana*), coqueiro (*Cocos nucifera*), e pitangueira (*Eugenia uniflora*). As comunidades do Estado da Bahia foram as que apresentaram menor variedade de espécies cultivadas tanto no pomar quanto nos canteiros de hortaliças.

A quantidade de água aplicada às fruteiras e as hortaliças foi muito variável tanto em termos de volume quanto de frequência de aplicação, sendo também difícil identificar os volumes específicos para os tipos de culturas. No geral, foi informado pelas famílias que o volume aplicado variou de um balde (10 L) por dia por fruteira a 10 baldes (100 L) por dia por fruteira. Nos canteiros, o volume variou de 2 a 4 baldes por canteiro por dia. Foi afirmado por algumas famílias que recebem água de outras fontes hídricas, transportada por carro-pipa, até a cisterna para ser aplicada às fruteiras, o que vai ao encontro da concepção do programa 1+2. Provavelmente, com um menor número de fruteiras no pomar a água disponível e aplicada às mesmas poderia potencializar seu desenvolvimento com melhorias na produção final.

Em algumas áreas visitadas a situação do pomar/horta encontrava-se muito precária, mesmo havendo um volume de água considerável nas cisternas (Figura 2a). Nesta situação, há necessidade de orientar melhor as famílias para que as cisternas cumpram seu propósito, que é produzir frutas e hortaliças visando à melhoria da dieta das famílias.

Pesquisas realizadas por Brito et. al (2009; 2010) consideraram o volume de água disponível na cisterna, a época do ano e o número de fruteiras para definir o volume de água a ser aplicado por fruteira do pomar e a frequência de aplicação. Para as hortaliças, a lâmina mínima média foi de 8 mm, de forma diária. Os estudos apontam que em função da baixa capacidade de armazenamento de água da cisterna, não se recomenda mais que 20 a 25 fruteiras por pomar, considerando que poderá ser mais viável cultivar um pequeno pomar do que perder a maior parte das fruteiras em anos de baixas precipitações, à semelhança do ano em curso (2012).

A variedade de frutas (maracujá, banana, manga, laranja, tangerina, acerola, graviola, coco, melão, melancia, mamão, caju, abacate, limão, entre outros) e de hortaliças (coentro, alface, cebolinha, pimentão, cenoura e beterraba) cultivadas nos pomares e canteiros têm importância significativa na saúde das famílias, pois contribuem na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, tais como: diabetes, hipertensão, câncer, entre outras, como preconizado pelo P1+2. Além disto, promove melhorias na qualidade de vida, uma vez que as mesmas podem utilizar os recursos antes utilizados na aquisição desses produtos para outros, diversificando a dieta das famílias.

## 4 CONCLUSÕES

Com 3,8 pessoas por família, em média, o volume de água armazenado na cisterna de consumo (16 mil litros) atende as necessidades de beber e de cozinhar das famílias durante, pelo menos, oito meses por ano.

Como 51% das famílias afirmaram que a água armazenada na cisterna (52 mil litros) não é suficiente para aplicar às fruteiras e às hortaliças, há necessidade de orientá-las no sentido de reduzir suas áreas de produção.

Com um menor número de fruteiras no pomar as famílias poderão manejar a água da cisterna de forma a obter produção durante todo ano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brito, L. T. de L.; Cavalcanti, N. De B.; Gnadlinger, J.; Pereira, L. A. Cisterna: Alternativa hídrica para melhorar a dieta alimentar das famílias do Semiárido brasileiro. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 7, 2009, Caruaru. Captação e manejo de água de chuva: Avanços e desafios em um ambiente de mudanças. Caruaru: ABCMAC; Embrapa Semiárido; AMAS - NE, Anais... 2009. CD Rom.
- Brito, L. T. de L.; Cavalcanti, N. de B.; Pereira, L. A.; Gnadlinger, J.; Silva, A. de S. Água de chuva armazenada em cisterna para produção de frutas e hortaliças. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 30p. Documentos, 230
- Brito, L. T. de L.; Silva, A. de S.; D'ávila, O. A. Avaliação técnica do programa de cisternas no semi-árido brasileiro. In: Vaitsman, J.; Paes-Sousa, R. (org.). Avaliação de políticas e programas do MDS: Resultados. Brasília: MDS: SAGI, v.1 cap 5, p.199-234, 2007.
- Guimarães Filho, C.; Lopes, P. R. C. Subsídios para formulação de um programa de convivência com a seca no Semiárido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2001. 22p. Documentos, 171
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: Análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 150p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Taxa de analfabetismo funcional em queda, mas está acima de 20%. [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1708](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1708). 20 Mar. 2012.

# CAPÍTULO 24

## PRODUÇÃO DE FRUTEIRAS IRRIGADAS COM ÁGUA DE CHUVA NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE

Nilton de Brito Cavalcanti  
Luiza Teixeira de Lima Brito  
Janaína Oliveira Araújo

**CAPTAÇÃO, MANEJO E USO  
DE ÁGUA DE CHUVA**

ISBN 978-85-64265-13-4



CAMPINA GRANDE, PB - 2015

# **PRODUÇÃO DE FRUTEIRAS IRRIGADAS COM ÁGUA DE CHUVA NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	433
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b>	433
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	435
<b>4 CONCLUSÕES</b>	437
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	438

## 1 INTRODUÇÃO

A água é, provavelmente, o único recurso natural que tem a ver com todos os aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial aos valores culturais e religiosos arraigados na sociedade. É um recurso natural essencial, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais e até como fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário (Gomes, 2012).

Neste contexto, está inserido o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), que tem como meta construir um milhão de cisternas para coletar água de chuva com objetivo de atender as necessidades de água de beber das famílias. Atualmente, o P1MC contabiliza, aproximadamente, 494.909 cisternas construídas, beneficiando diretamente as famílias que têm a garantia de água para consumo (MDS, 2012).

Com o surgimento do programa uma terra e duas águas (P1 + 2) novas ações vêm sendo desenvolvidas na região semiárida do Nordeste. O marco referencial do P1+2 é o “Programa 1-2-1” desenvolvido na China a partir dos anos 1990. Por meio do P1+2, a China alcançou a soberania alimentar, passando de uma agricultura anual de grãos para uma agricultura de hortaliças e frutas, de alto valor comercial, potencializou a criação de pequenos animais - especialmente ovinos - além de assegurar água para o meio ambiente (Brito et al., 2010).

Segundo a ASA (2012), por meio do Programa (P1+2), mais de 12 mil famílias, ou 60 mil pessoas, estão tendo acesso à água para produção de alimentos no Semiárido. Associadas ao processo de formação, as tecnologias sociais criam melhores condições para que agricultores e agricultoras fortaleçam seus sistemas de produção, gerando segurança alimentar e nutricional.

Segundo Araújo et al. (2011), a inclusão de frutas na alimentação incrementa a qualidade nutricional das dietas familiares visto que elas oferecem quantidades significativas de micronutrientes. A proposta da cisterna, além de garantir variedade na produção de frutas para suprir as deficiências nutricionais das famílias, contribui para melhoria na qualidade de vida, na prevenção de doenças e até mesmo na mudança dos hábitos alimentares dos agricultores da região semiárida do Nordeste.

O objetivo deste estudo foi caracterizar o crescimento de fruteiras irrigadas com água de chuva armazenada em cisternas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Estação Experimental de Manejo da Caatinga, Embrapa Semiárido em Petrolina-PE no período de agosto de 2006 a dezembro de 2011. Nos meses de agosto a setembro de 2006 foi construída uma área de captação com 78,6 m<sup>2</sup> e uma cisterna de placas com capacidade para 16 m<sup>3</sup> na área do experimento. As telhas utilizadas na cobertura foram de fibrocimento em função do coeficiente de escoamento para esse tipo de telhas que é de 0,90%. Na Figura 1, pode-se observar a cisterna e a área de captação.

Para instalação do experimento foram abertas 36 covas com dimensões de 0,4 m x 0,4 m x 0,4 m, no espaçamento de 5 m x 5 m. Em cada cova, foram colocados como adubação de fundação 10 kg de esterco de caprino curtido e 250 g de NPK, na formulação 10-10-12, de acordo com análise de solo. As covas foram abertas em linhas, sendo 6 covas por linha.



Figura 1. Cisterna e área de captação

Para irrigação das fruteiras foram instaladas mangueiras de polietileno com 12,7 mm com gotejadores em cada cova. As linhas de irrigação foram dispostas no sentido em que a declividade da área permitiu a aplicação da água por gravidade vindo diretamente da cisterna. A aplicação de água nas fruteiras foi realizada em função da disponibilidade de água da cisterna, isto é, da capacidade de armazenamento e do período do ano. Para facilitar o manejo da água, foram estabelecidos três períodos de irrigação, sendo o primeiro período de janeiro a abril. Neste período foram aplicados 2 litros por planta, três vezes por semana, sendo na segunda-feira, terça-feira e sexta-feira. Esse volume foi definido em função de que nestes meses são registrados os maiores volumes de precipitação. O segundo período de maio a agosto com a aplicação de 3 litros por planta. Neste período a estação chuvosa está se encerrando na região. Finalmente, o terceiro período de setembro a dezembro com 5 litros por planta, três vezes na semana. Esse aumento no volume aplicado visa atender melhor as necessidades das plantas no período de seca que ocorre na região. Quando da ocorrência de chuvas significativas em qualquer período, à irrigação era suspensa. As fruteiras utilizadas no experimento foram as seguintes: mangueira, aceroleira, limoeiro, cajueiro, pinheira e mamoeiro. Foram plantadas 6 mudas por linha, totalizando 36 plantas. As mudas de mangueira, limoeiro, cajueiro, e aceroleira eram enxertadas com idade aproximada de 120 dias. As mudas de pinha e mamão eram provenientes de sementes.

Por ocasião da ocorrência de chuvas, sendo 8,2 mm no dia 17 de novembro e 22,4 mm no dia 22 de novembro foi realizado o plantio das fruteiras no dia 23 de novembro de 2006. Essas precipitações possibilitaram o acúmulo de 2.164 litros de água na cisterna que foi suficiente para irrigação das plantas até o início das chuvas em 2007.

Na Tabela 1, pode-se observar os parâmetros de crescimento das mudas das fruteiras no dia do plantio.

Tabela 1. Altura da planta (AP), diâmetro do caule ao nível do solo (DC), circunferência do caule ao nível do solo (CC), altura da copa (AC), maior diâmetro da copa (MDC), menor diâmetro da copa (NDC) das mudas de fruteiras no dia do plantio.

Espécies	AP (cm)	DC (cm)	AC (cm)	MDC (cm)	NDC (cm)
Manga	47,35	1,01	11,32	24,89	14,71
Mamão	35,33	0,93	8,25	24,16	12,49
Caju	28,52	0,81	7,53	20,39	9,22
Acerola	18,39	0,73	13,29	15,81	8,17
Limão	27,41	0,51	11,16	15,63	8,29
Pinha	44,81	0,62	18,72	22,44	16,39

As variáveis avaliadas foram às seguintes: a) altura da planta; b) diâmetro do caule ao nível do solo; c) quantidade de água aplicada; d) precipitação; e) quantidade de frutos produzidos; f) peso dos frutos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, pode-se observar as ocorrências de precipitação na área do experimento durante o período de avaliação. Observa-se que os maiores volumes de precipitações são registrados nos meses de fevereiro e março. No período de avaliação a média de fevereiro foi de 142,6 mm. Para março e abril a média foi de 93,3 e 99,1 mm, respectivamente. No total, a média nos seis anos de avaliação foi de 531,3 mm.

Tabela 2. Ocorrências de precipitações pluviométricas (mm) nos anos de 2006 a 2011, no Campo Experimental da Caatinga na Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

Anos	Meses/precipitação												Total
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
2006	0,0	101,7	94,1	125,3	8,6	27,8	4,0	0,0	5,6	3,5	36,9	3,3	410,8
2007	15,5	245,0	11,0	10,8	15,9	0,5	11,2	1,8	2,4	0,0	16,9	47,0	378,0
2008	29,6	125,3	143,4	121,0	3,8	3,4	1,9	0,5	0,5	0,5	0,0	87,5	517,4
2009	35,4	208,6	115,8	102,8	80,0	22,7	1,7	3,5	0,0	112,4	0,0	71,6	754,5
2010	26,2	39,2	119,3	60,1	13,0	24,5	22,5	0,4	9,6	40,4	0,0	57,9	413,1
2011	66,2	87,2	77,5	153,4	74,7	2,8	0,7	20,8	0,0	12,5	56,7	37,5	590,0
Média	38,0	142,6	93,3	99,1	27,3	13,1	6,7	3,9	3,0	29,8	18,4	56,1	531,3

Na Tabela 3, pode-se observar que no ano de 2007 foram aplicados 14.688 L nas irrigações, sendo 2.304 litros nos meses de janeiro a abril. No mês de fevereiro em função das precipitações só foi realizada uma irrigação. Nos meses de maio a agosto foram aplicados 4.644 L. De setembro a dezembro foram aplicados 7.740 L. Como neste ano choveu um total de 378,0 mm na área do experimento foi possível captar 26.739 litros. Todavia, em função da capacidade da cisterna, só foram armazenados 16.000 L. Mesmo assim, houve uma sobra de 1.312 L de água na cisterna no final do período (Tabela 3).

No ano de 2008 foram aplicados 13.500 L nas irrigações. No quadrimestre de janeiro a abril foram aplicados somente 720 L. Isso se deu em função das chuvas que ocorreram nestes meses que foram de 419,3 mm. No segundo e terceiro quadrimestres foram aplicados 4.860 e 7.920 L, respectivamente. Neste ano com as chuvas de 517,4 mm foram captados 36.600 L de água no telhado (Tabela 3).

No ano de 2009 foram aplicados 12.060 L nas irrigações. No quadrimestre de janeiro a abril foram aplicados 1.080 L, sendo que nos meses de fevereiro e abril não houve irrigação. No segundo quadrimestre foram aplicados 3.780 L. No mês de maio não houve irrigação em função do volume de chuvas caídas na área

do experimento. Nos meses de setembro a dezembro foram aplicados 7.200 L. Neste ano choveu um total 754,5 mm que contribuíram para captação de 53.373 L de água no telhado (Tabela 3).

No ano de 2010 foram aplicados 13.932 L nas irrigações das fruteiras. De janeiro a abril foram aplicados 2.160 L. No segundo quadrimestre foram aplicados 4.752. Nos meses de setembro a dezembro foram aplicados 7.020 L. Neste ano choveu um total 413,1 mm na área do experimento que contribuíram para captação de 29.222 L de água no telhado (Tabela 3).

No ano de 2011 foram aplicados 13.356 L nas irrigações. De janeiro a abril foram aplicados 1.800 L. Nos meses de maio a agosto foram aplicados 4.968. Nos meses de setembro a dezembro foram aplicados 7.560 L. Neste ano choveu um total 590 mm na área do experimento que contribuíram para captação de 41.736 L de água no telhado (Tabela 3).

Tabela 3. Volume de água aplicada nas irrigações realizadas no período de 2007 a 2011

Dia/Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total
	L mês <sup>-1</sup>												
2007	864	720	576	792	1.080	1.404	1.188	972	2.160	2.520	1.980	1.080	14.688
2008	720	0	0	0	648	1.404	1.404	1.404	2.340	2.520	2.160	900	13.500
2009	720	0	360	0	0	972	1.512	1.296	2.340	1.260	2.340	1.260	12.060
2010	720	576	432	432	1.188	1.080	1.080	1.404	2.340	1.440	1.980	1.260	13.932
2011	648	576	576	0	108	1.188	1.404	1.296	2.340	2.340	1.440	1.440	13.356
Média	734,4	244,8	388,8	244,8	604,8	1.209,6	1.317,6	1.274,4	2.304	2.016	1.980	1.188	13.507,2

Na Tabela 4, pode-se observar que no período de avaliação as plantas apresentaram bom desenvolvimento, considerando os valores de 2006 que correspondem às dimensões das plantas no dia do plantio. A maior altura foi obtida pelas mudas de caju com média de 2,51 m. O diâmetro médio das plantas de caju ao nível do solo foi de 6,89 cm com circunferência média de 20,11 cm. As plantas de caju apresentaram uma altura da copa com média de 1,70 m e maior diâmetro da copa com média de 2,50 m. Essa mesma tendência ocorreu para as demais fruteiras no primeiro ano de crescimento.

Tabela 4 - Altura da planta (A), diâmetro do caule ao nível do solo (DC) das fruteiras do pomar no primeiro ano de crescimento.

Espécies	Altura das plantas/Anos					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	A	A	A	A	A	A
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Manga	0,47	1,07	1,32	1,64	1,82	2,15
Mamão	0,35	1,21	1,49	1,87	2,08	2,79
Caju	0,28	1,05	1,28	1,56	1,78	2,28
Acerola	0,18	1,13	1,47	1,88	2,03	2,45
Limão	0,27	0,83	0,96	1,12	1,45	1,72
Pinha	0,44	0,67	0,88	1,09	1,39	1,85
	Diâmetro do caule ao nível do solo/Anos					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	D	D	D	D	D	D
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
Manga	0,98	6,13	10,03	11,23	12,56	13,87
Mamão	0,93	12,65	12,34	13,45	15,23	16,81
Caju	0,81	6,89	7,78	8,87	10,08	11,45
Acerola	0,73	4,30	8,25	9,46	11,03	12,66
Limão	0,51	3,15	6,89	8,79	10,67	12,47
Pinha	0,62	5,48	6,64	8,12	9,22	10,46

Na Figura 2, pode-se observar os aspectos do crescimento das plantas. Da esquerda para direita temos a acerola, a manga, o mamão, o limão, o caju e a pinha em diferentes períodos de avaliação.

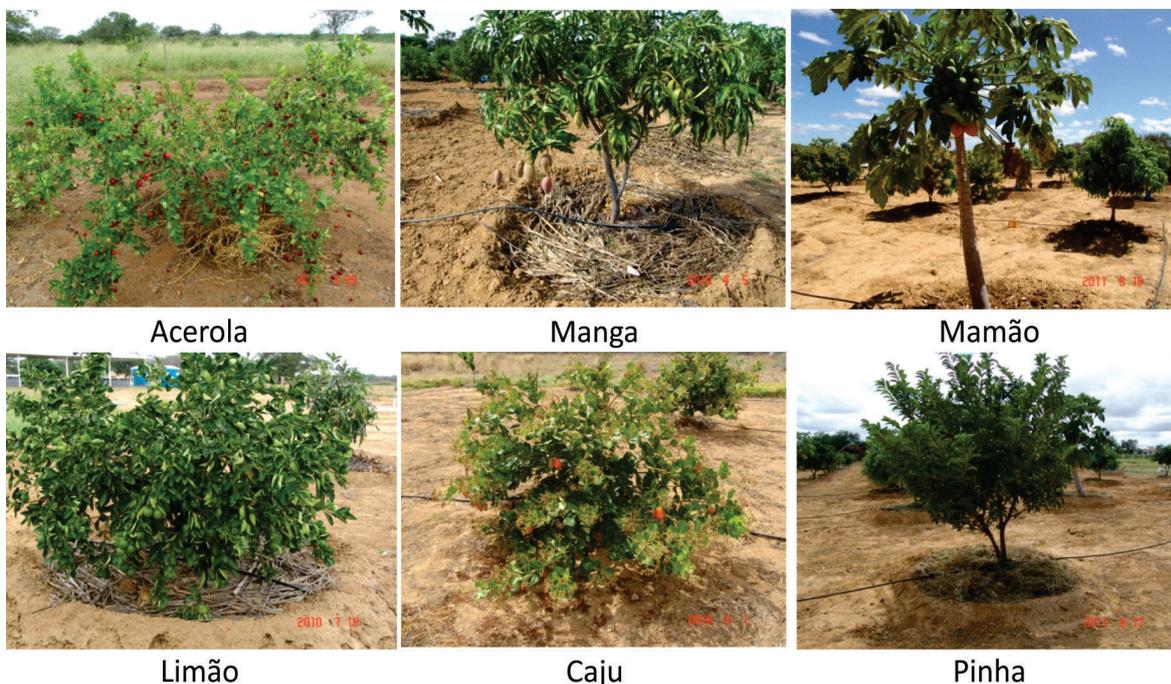


Figura 2. Aspectos do crescimento das plantas

Na Tabela 5, pode-se observar os valores das produções obtidas em cada fruteira no período de avaliação. Os primeiros frutos colhidos foram de acerola no mês de março de 2007. Essa espécie também foi a mais produtiva durante os anos avaliados com um total de 154.725 frutos que pesaram 1.029,35 kg (Tabela 5).

Tabela 5. Quantidade de frutos (F) e peso total dos frutos (P) das fruteiras no período de avaliação

Espécies	Produção de frutos/Anos											
	2007		2008		2009		2010		2011		Total	
	Frutos	(kg)	Frutos	(kg)	Frutos	(kg)	Frutos	(kg)	Frutos	(kg)	Frutos	(kg)
Acerola	2.422	17,21	18.855	105,9	32.123	189,21	50.716	357,84	50.609	359,17	154.725	1.029,35
Manga	2	0,32	25	7,37	34	9,23	70	16,42	402	131,85	533	165,19
Limão	26	3,23	136	9,67	345	23,53	899	58,61	2.523	176,34	3.929	271,38
Mamão	28	8,58	135	29,51	142	33,78	168	87,92	262	146,63	735	306,42
Caju	16	1,74	34	4,12	75	9,04	96	11,85	149	131,95	370	158,70
Pinha	8	1,26	29	5,06	76	12,09	248	38,59	417	66,75	778	123,75

## 4 CONCLUSÕES

A água da chuva armazenada em cisternas pode contribuir significativamente para melhoria das condições de vida dos pequenos agricultores da região semiárida do Nordeste com a produção de frutas. As plantas apresentam um crescimento linear para todos os parâmetros avaliados. Em anos de muita chuva há uma

redução significativa na aplicação de água. Em função do tamanho do telhado, a cisterna de 16 mil litros não é suficiente para armazenar a água das chuvas na região semiárida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, J. O.; Brito, L. T. L.; Cavalcanti, N. B. Água de chuva armazenada em cisterna pode incrementar qualidade nutricional da dieta das famílias. *Cadernos de Agroecologia*, v.6, p.1-6, 2011.
- ASA – Articulação no Semiárido Brasileiro. Programa uma terra e duas águas (P1+2). <<http://www.asabrasil.org.br>>. 10 Jun. 2012.
- Brito, L. T. L.; Cavalcanti, N. B.; Pereira, L. A.; Gnadlinger, J.; Silva, A. S. S. Água de chuva armazenada em cisterna para produção de frutas e hortaliças. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 30p. Documentos, 230
- Gomes, M. A. F. Água: Sem ela seremos o planeta Marte de amanhã. <<http://www.cnpma.embrapa.br>> 10 Jun. 2012.
- MDS - Ministério do Desenvolvimento Social e Combate a Fome. Cisternas. <http://www.mds.gov.br/cisternas>. 10 Jun. 2012.
- Brito, L. T. L.; Cavalcanti, N. B.; Pereira, L. A.; Gnadlinger, J.; Silva, A. S. S. Água de chuva armazenada em cisterna para produção de frutas e hortaliças / Luiza Teixeira de Lima Brito [et al...]. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 30p. Documentos, 230
- Gomes, M. A. F. Água: Sem ela seremos o planeta Marte de amanhã. <<http://www.cnpma.embrapa.br>> 10 Jun. 2012.
- MDS - Ministério do Desenvolvimento Social e Combate a Fome. Cisternas. <http://www.mds.gov.br/cisternas>. 10 Jun. 2012.

# CONTATO DOS AUTORES

Abdon da Silva Meira Filho, Universidade Federal de Campina Grande, PB

✉ [abdonmeira@gmail.com](mailto:abdonmeira@gmail.com)

Albertina de Farias Silva, Universidade Estadual da Paraíba, PB

✉ [albertinafs.89@gmail.com](mailto:albertinafs.89@gmail.com)

Alisson Jadavi Pereira da Silva, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, BA

✉ [alissonagr@gmail.com](mailto:alissonagr@gmail.com)

Ana Paula Silva dos Santos, Instituto Nacional do Semiárido, PB

✉ [ppaulassana@gmail.com](mailto:ppaulassana@gmail.com)

Antônio Gomes Barbosa, Articulação do Semiárido Brasileiro, PE

✉ [barbosa@asabrazil.org.br](mailto:barbosa@asabrazil.org.br)

Aurélio José Antunes de Carvalho, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, BA

✉ [aureliocarva@hotmail.com](mailto:aureliocarva@hotmail.com)

Beatriz Susana Ovurski Ceballos, Universidade Estadual da Paraíba, PB

✉ [bia.ceballos@gmail.com](mailto:bia.ceballos@gmail.com)

Carlos de Oliveira Galvão, Universidade Federal de Campina Grande, PB

✉ [carlos.o.galvao@gmail.com](mailto:carlos.o.galvao@gmail.com)

Cicero Onofre de Andrade Neto, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, RN

✉ [cicero@ct.ufrn.br](mailto:cicero@ct.ufrn.br)

Cidoval Moraes de Sousa, Universidade Estadual da Paraíba, PB

✉ [cidoval@gmail.com](mailto:cidoval@gmail.com)

Delfran Batista dos Santos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, BA

✉ [delfran.batista@gmail.com](mailto:delfran.batista@gmail.com)

Eduardo Cohim, Universidade Estadual de Feira de Santana, BA

✉ [edcohim@gmail.com](mailto:edcohim@gmail.com)

Emilio Tarlis Mendes Pontes, Universidade Federal de Pernambuco, PE

✉ [tarlispontes@gmail.com](mailto:tarlispontes@gmail.com)

Eugênio Ferreira Coelho, Embrapa Mandioca e Fruticultura, BA

✉ [eugenio.coelho@embrapa.br](mailto:eugenio.coelho@embrapa.br)

Francisco de Assis de Souza Filho, Universidade Federal do Ceará, CE

✉ [assisfilho@secrel.com.br](mailto:assisfilho@secrel.com.br)

Francisco Osny Enéas da Silva, Universidade Federal do Ceará, CE

✉ [osnyeneassilva@gmail.com](mailto:osnyeneassilva@gmail.com)

Grace Tjandraatmadja, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australia

✉ [grace.tjandraatmadja@csiro.au](mailto:grace.tjandraatmadja@csiro.au)

Han Heijnen, Ministry of Urban Development, Nepal

✉ [hanheijnen@gmail.com](mailto:hanheijnen@gmail.com)

Hans Raj Gheyi, Universidade Federal de Campina Grande, PB

✉ [hans@agriambi.com.br](mailto:hans@agriambi.com.br)

Hermes Alves de Almeida, Universidade Estadual da Paraíba, PB

✉ [hermes\\_almeida@uol.com.br](mailto:hermes_almeida@uol.com.br)

Janaína Oliveira de Araújo, Embrapa Semiárido, PE  
✉ janaina.bolsista@cpatsa.embrapa.br

João Luiz Pena, Universidade Federal de Minas Gerais, MG  
✉ joaoluizpena@gmail.com

Johann Gnadlinger, Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada, BA  
✉ johanng@terra.com.br

José Arturo Gleason Espíndola, Universidad de Guadalajara, México  
✉ gleason72@hotmail.com

José Barbosa dos Anjos, Embrapa Semiárido, PE  
✉ jose-barbosa.anjos@embrapa.br

José Pinheiro Lopes Neto, Universidade Federal de Campina Grande, PB  
✉ lopesneto@gmail.com

José Roberto Santo de Carvalho, Universidade Federal de Pernambuco, PE  
✉ junior-baeh@hotmail.com

José Wallace Barbosa do Nascimento, Universidade Federal de Campina Grande, PB  
✉ wallace@deag.ufcg.edu.br

Leo Heller, Universidade Federal de Minas Gerais, MG  
✉ heller@desa.ufmg.br

Luciano Zanella, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, SP  
✉ lucianoz@ipt.br

Luzia Teixeira de Lima Brito, Embrapa Semiárido, PE  
✉ luiza.brito@embrapa.br

Manoel Batista de Oliveira Neto, Embrapa Solos, PE  
✉ neto@uep.cnps.embrapa.br

Manuella Lopes Figueiras, Universidade Federal de Pernambuco, PE  
✉ manu.figueiras@hotmail.com

Maria Sonia Lopes da Silva, Embrapa Solos, PE  
✉ sonia@uep.cnps.embrapa.br

Marcio Pessoa Botto, Fundação Nacional de Saúde, CE  
✉ marciobotto@yahoo.com

Marilla Silva Dantas Rocha, Universidade Federal de Campina Grande, PB  
✉ marilia.dantas@gmail.com

Maysa Porto Farias, Universidade Estadual da Paraíba, PB  
✉ maysaportofarias@hotmail.com

Nilton de Brito Cavalcanti, Embrapa Semiárido, PE  
✉ nbrito@cpatsa.embrapa.br

Paulo Roberto Lopes Lima, Universidade Estadual de Feira de Santana, BA  
✉ lima.prl.uefs@gmail.com

Renato de Oliveira Fernandes, Universidade Regional do Cariri, CE  
✉ renatodeof@gmail.com

Ricardo da Cunha Correia Lima, Instituto Nacional do Semiárido, PB  
✉ rcclima@insa.gov.br

Rodolfo Luiz Bezerra Nóbrega, Universität Göttingen, Alemanha  
✉ rodolfo.nobrega@geo.uni-goettingen.de

Rozeane Albuquerque Lima, Universidade Federal de Campina Grande, PB  
✉ rozeanelima@hotmail.com

Salomão de Sousa Medeiros, Instituto Nacional do Semiárido, PB  
✉ salomao@insa.gov.br

Savia Gavazza, Universidade Federal de Pernambuco, PE  
✉ savia@ufpe.br

Silvio Orrico, Universidade Estadual de Feira de Santana, BA  
✉ silvio.orrico@yahoo.com.br

Sylvana Melo dos Santos, Universidade Federal de Pernambuco, PE  
✉ sylvana.ufpe@gmail.com

Tamires de Lima Luna, Universidade Estadual da Paraíba, PB  
✉ tamyluna18@hotmail.com

Teógene Souza de Sá, Universidade Federal do Vale do São Francisco, PE  
✉ [teogene.sa@hotmail.com](mailto:teogene.sa@hotmail.com)

Tibério Santos Martins Silva, Embrapa Mandioca e Fruticultura, BA  
✉ [tiberio@cnpmf.embrapa.br](mailto:tiberio@cnpmf.embrapa.br)

Uende Aparecida Figueiredo Gomes, Universidade Federal de Itajúba, MG  
✉ [uende@unifei.edu.br](mailto:uende@unifei.edu.br)

Vagner Pereira Silva, Universidade Federal do Vale do São Francisco, PE  
✉ [vagner.pereirasilva@yahoo.com.br](mailto:vagner.pereirasilva@yahoo.com.br)

Vera Lucia Antunes de Lima, Universidade Federal de Campina Grande, PB  
✉ [antuneslima@gmail.com](mailto:antuneslima@gmail.com)

Vital Pedro da Silva Paz, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, BA  
✉ [vpspaz@gmail.com](mailto:vpspaz@gmail.com)

Wandenúzia de Oliveira Silva, Universidade Regional do Cariri, CE  
✉ [wandenusy@gmail.com](mailto:wandenusy@gmail.com)

Zhu Qiang, Instituto de Pesquisa para Conservação de Água de Gansu, China  
✉ [qzhu@zgb.com.cn](mailto:qzhu@zgb.com.cn)



APOIO:

