

# 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
2.1 O conceito dessas tecnologias é “tão antigo quanto as montanhas”, ou seja, é uma tecnologia primordial	40
2.2 O porquê do desuso das tecnologias de captação de água de chuva nos tempos modernos	44
<b>3 CAPTAÇÃO E O MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA HOJE: O NOVO PARADIGMA DE UMA VISÃO INTEGRADA DA ÁGUA</b>	45
3.1 Uma mudança essencial da percepção dos recursos hídricos	45
3.2 Alguns exemplos do uso eficiente de água de chuva em áreas semiáridas	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
5.1 Cisternas de água para uso humano	56
5.2 Tecnologias de captação de água de chuva para dessedentar animais e uso agrícola	60
5.3 Tecnologias de captação de água de chuva para fins ambientais	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 escoar 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).

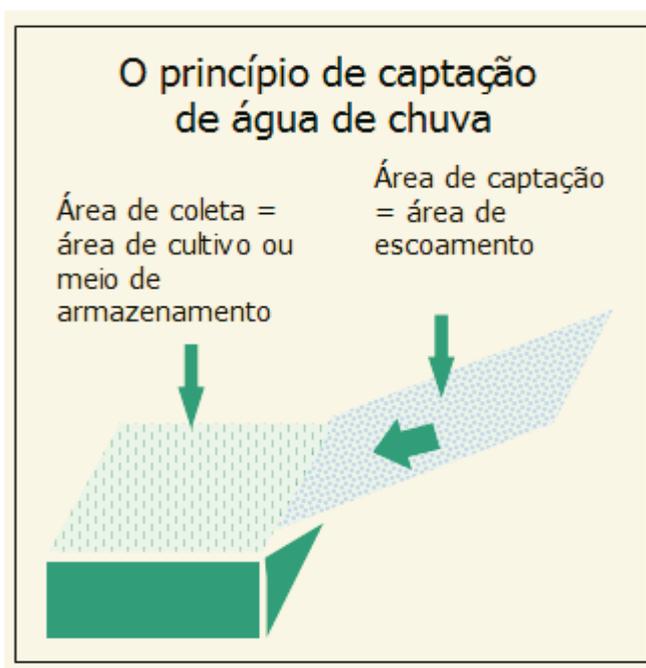


Figura 1. O princípio de captação de água de chuva  
Fonte: ABCMAC, FAO, 2006

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.

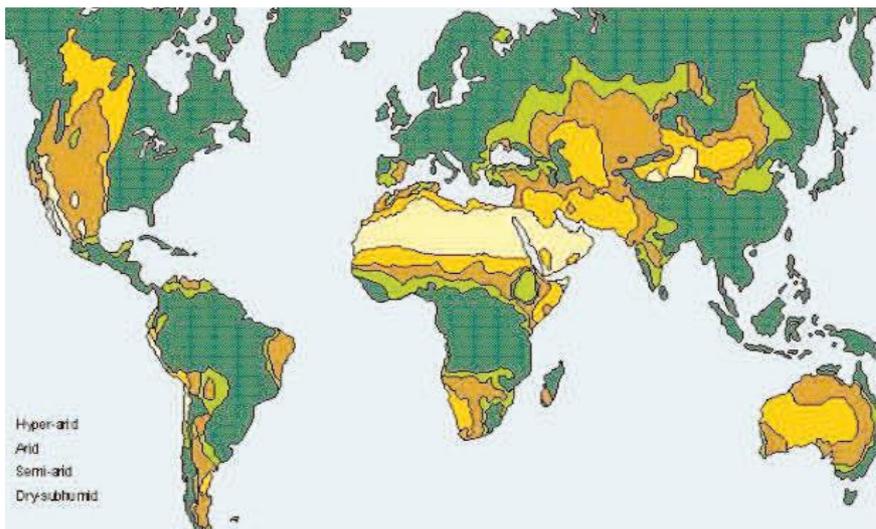


Figura 2. Regiões hiperáridas, áridas, semiáridas e subúmidas da terra  
Fonte: Thomas & Middleton (1994)

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

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).

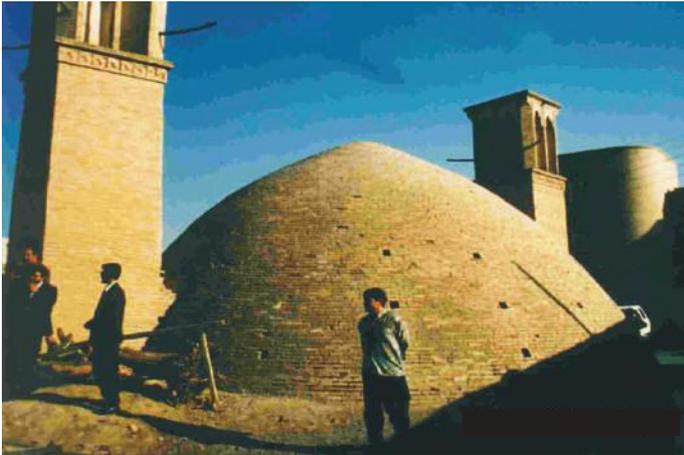


Figura 3 Abanbar, cisterna tradicional perto de Isfahan, Irã  
Foto: Gnadlinger

- 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).

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).

- No deserto de Negev, hoje território de

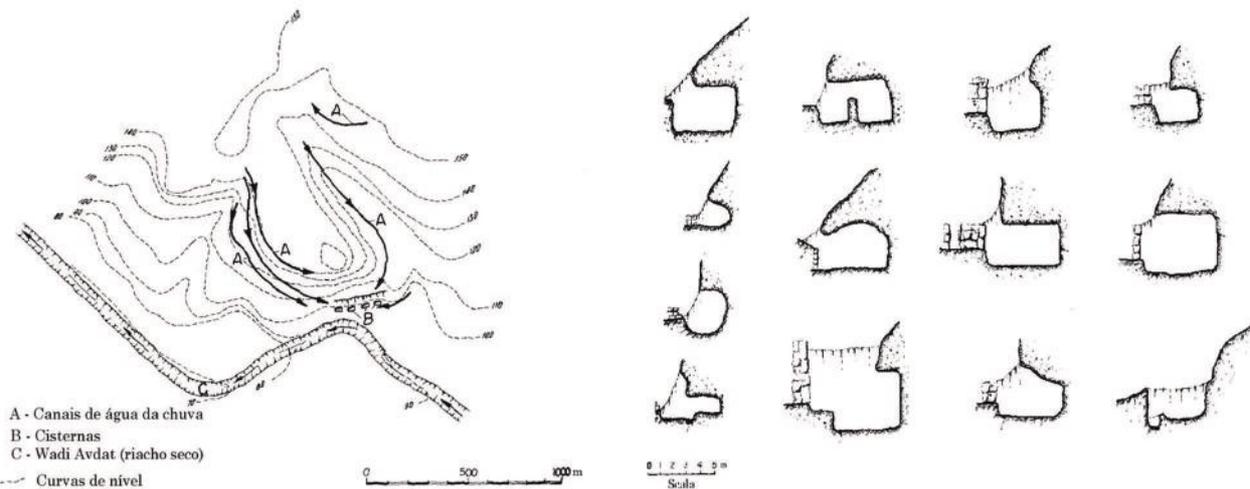


Figura 4 A e B Cisternas dos hasmoneus, no Wadi Nahal, Negev, Israel : Área de captação e corte vertical de cisternas  
Fonte: Evenari et al. (1982)



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.

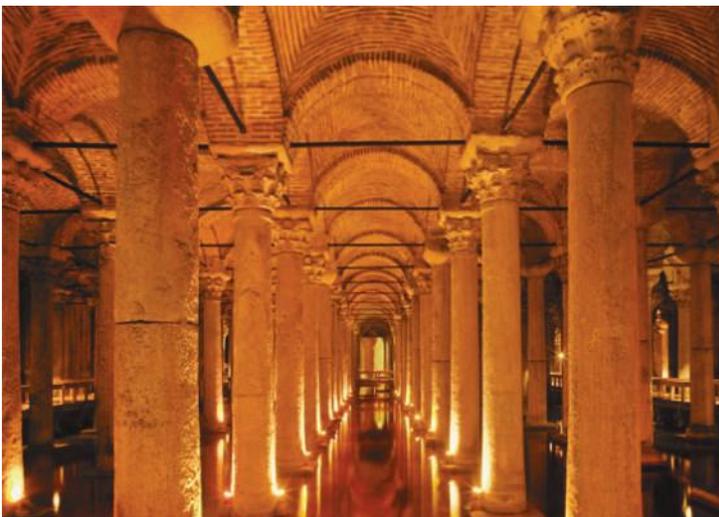


Figura 6. Cisterna Basílica de Constantinopla, Istambul, Turquia  
Fonte: Crow (2008)

- 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 Istambul, 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,

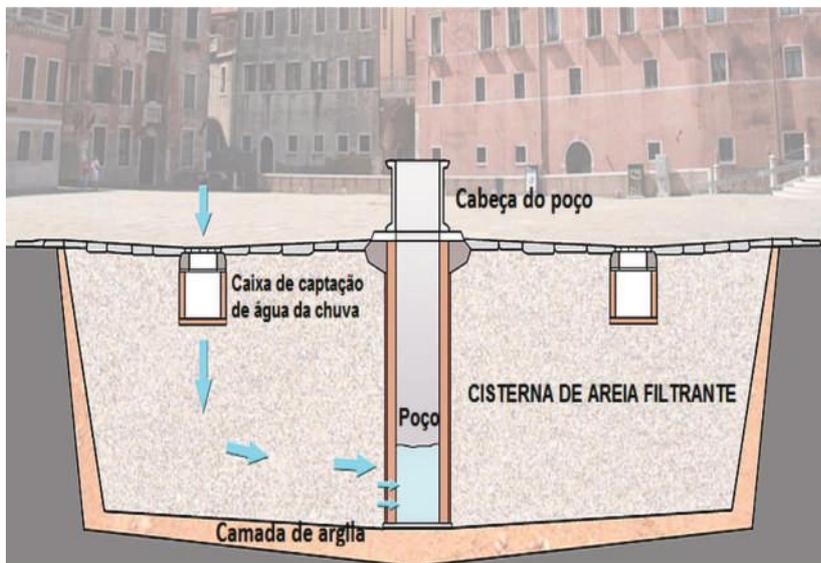


Figura 7. Seção de cisterna filtrante com poço raso em uma praça de Veneza.

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).

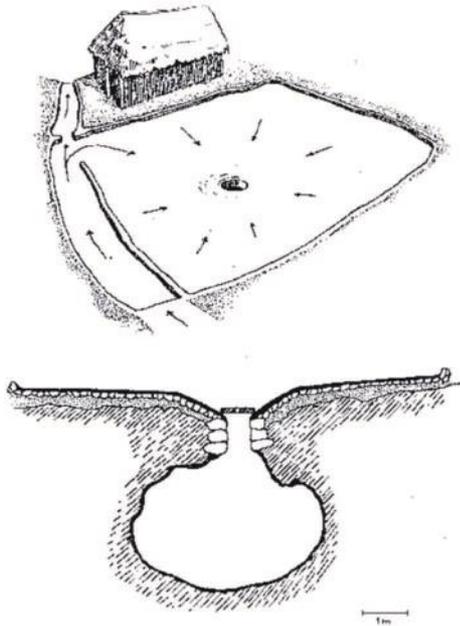


Figura 8. Cisterna do povo Maya, chamada Chultun  
Fonte: Neugebauer (1986)

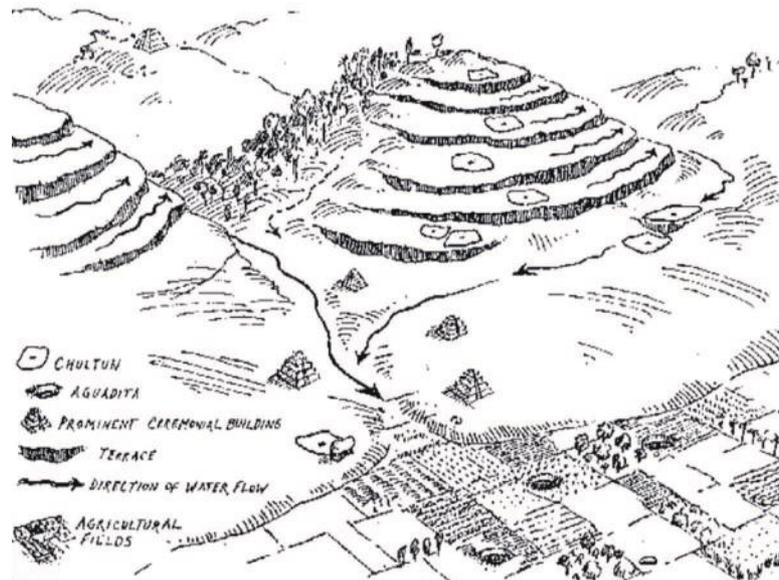


Figura 9. Sistema integrado de fornecimento de água do povo Maya em Oxkutzcab, Yucatã, México  
Fonte: Neugebauer (1986)

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

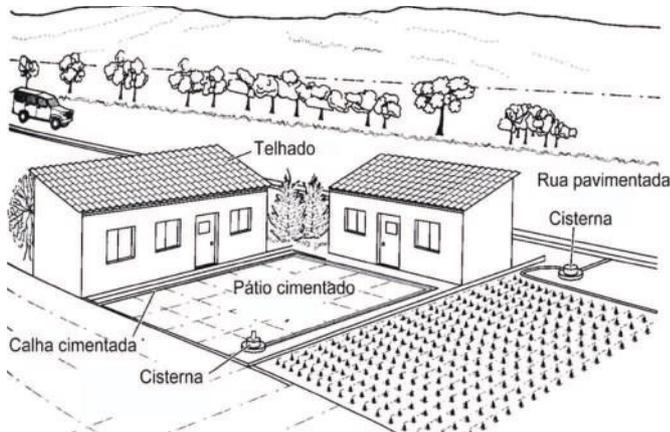


Figura 11. Projeto de colheita de água de chuva denominado "1.2.1" no Norte da China  
Fonte: Zhu & Li (2009)

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.

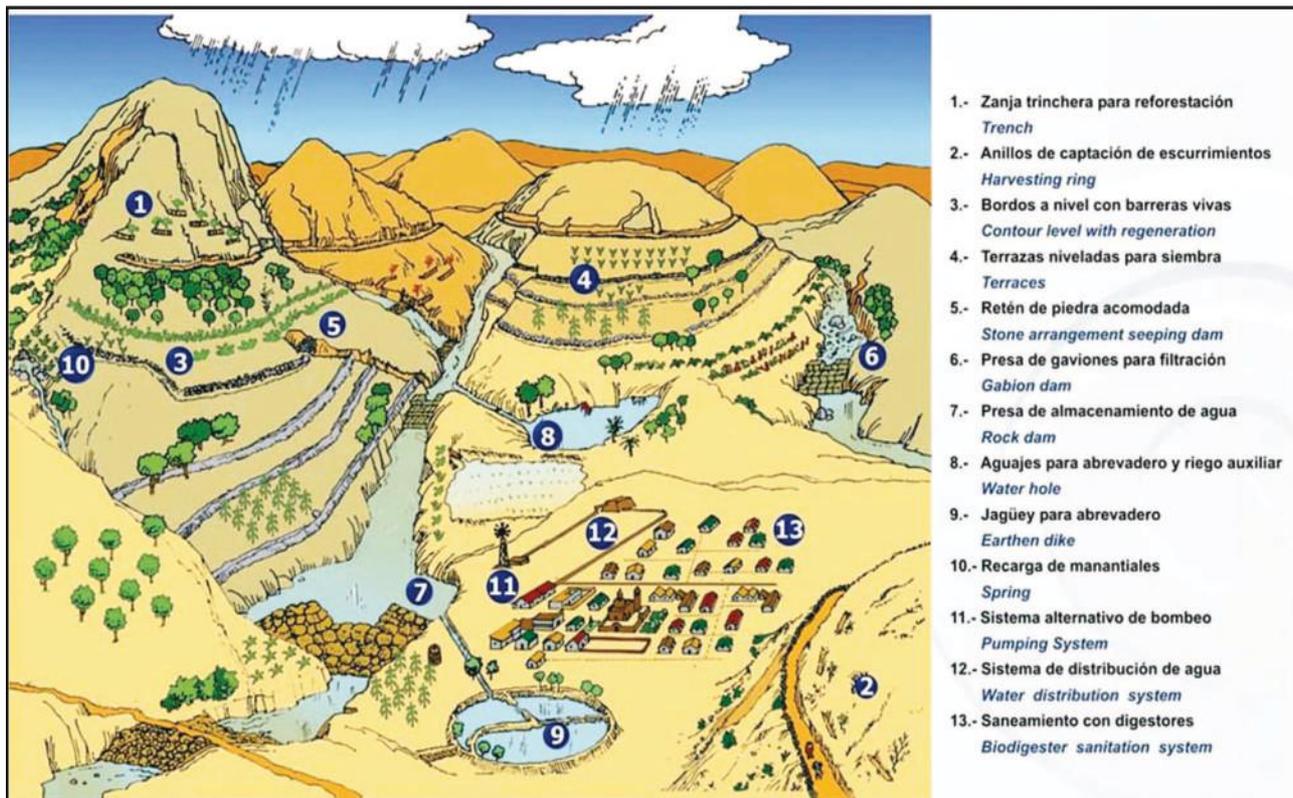


Figura 14. Manejo integrado de cuencas hidrográficas con tecnologías de captación de agua de lluvia en México  
Fuente: Garciadiego & Guerra 2005)

- 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’. 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).



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

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).

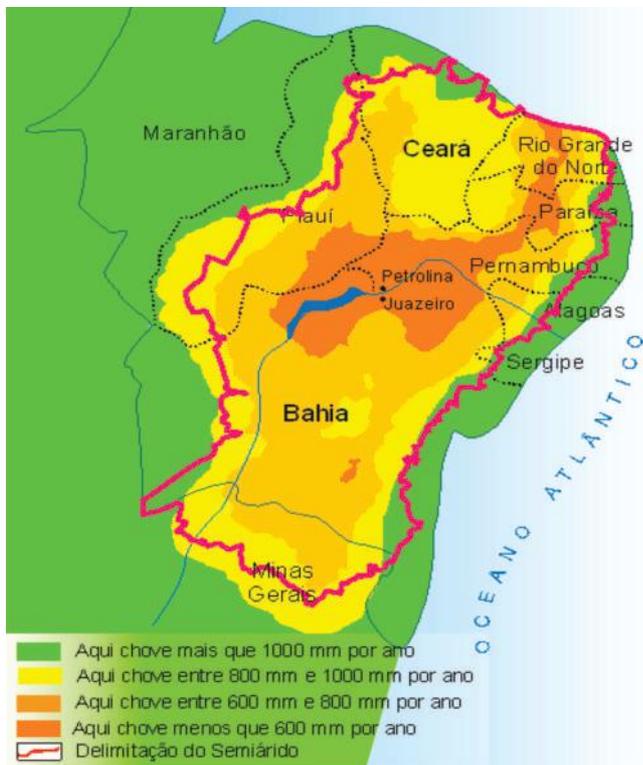


Figura 16. A nova delimitação do Semiárido  
Fonte: Gnadlinger (2011), seg. Brasil (2005)

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.

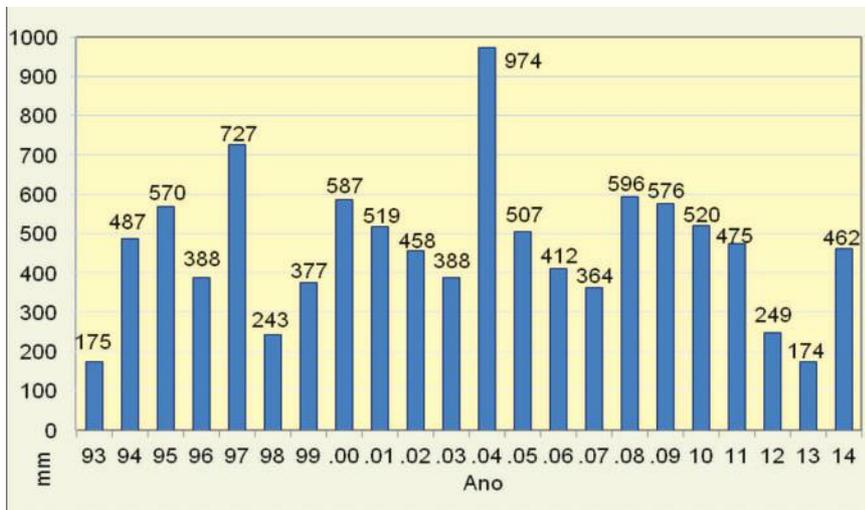


Figura 17. A chuva anual em Juazeiro, BA (mm por ano)  
Fonte: Irpaa, segundo dados da Embrapa Semiárido

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.

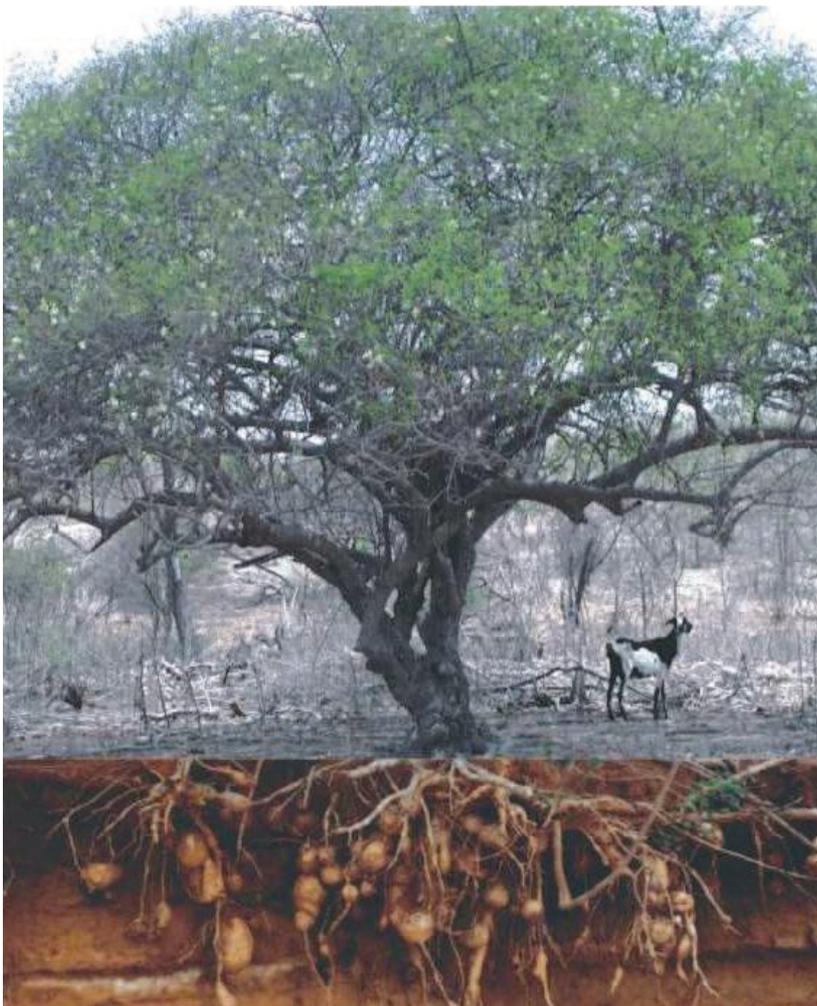


Figura 18. Umbuzeiro armazenando água de chuva nas raízes  
Foto: J Gnadlinger/J P dos Santos

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 nessecário 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



## 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

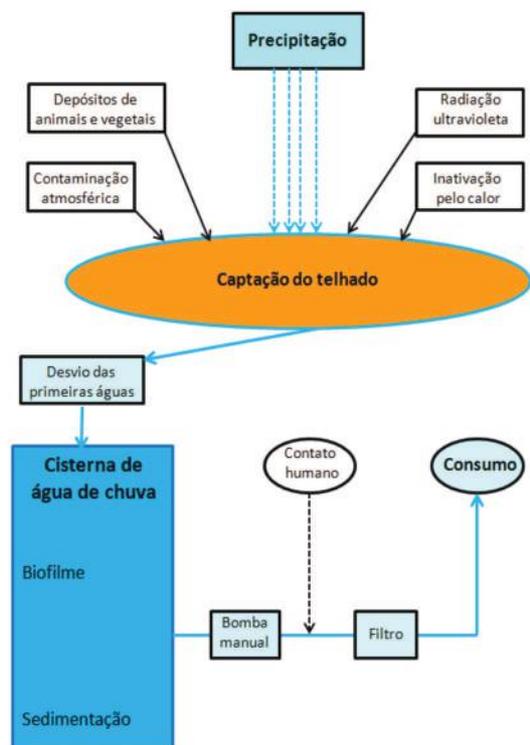


Figura 21. Sequencia de possível contaminação e tratamento de um sistema familiar de captação de água de chuva

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 escoar 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 calçada), 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 calçada de 210 m<sup>2</sup> construído no nível do solo (Figura 25). Com um calçada até em ano seco, apenas 350 mm de precipitação são suficientes para encher uma cisterna de 52.000 L. Para construir o calçada 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

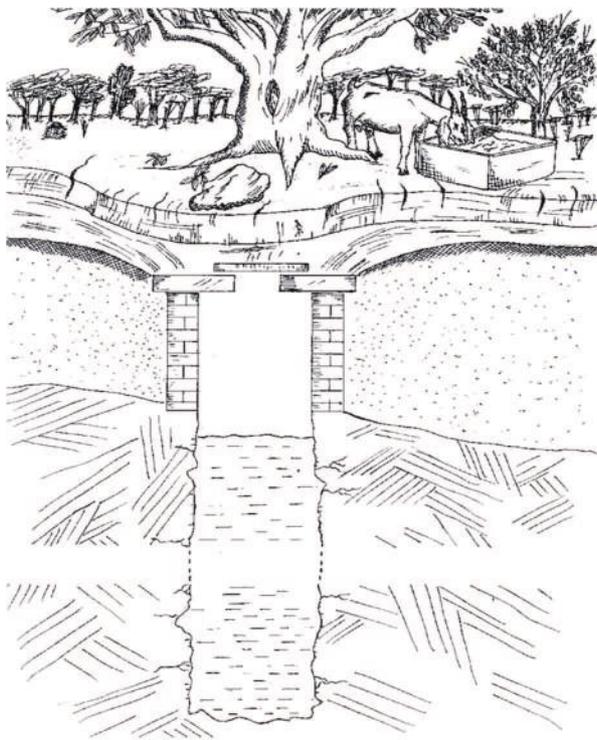


Figura 26. Cacimba  
Desenho: Ivomar de Sá Pereira

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 Reaatingamento (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 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 superficiais, subterrâneas, 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).

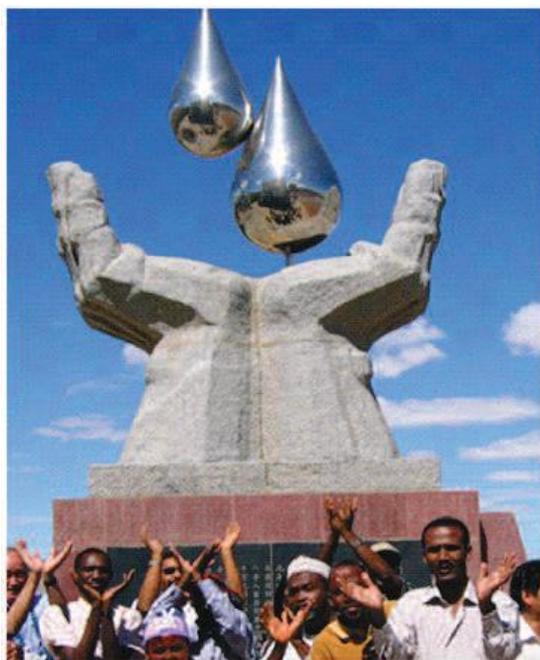


Figura 34. Monumento em homenagem à Captação de água de chuva, China

Foto: Gnadlinger

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 regra.

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.



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

- 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).

## 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.asabrazil.org.br/UserFiles/File/panfleto1\\_cisternas\\_plastico.zip](http://www.asabrazil.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\\_lluvia.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/captacion_agua_de_lluvia.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\\_gnadlinger\\_\\_tecnologia\\_cisternas.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/2simp_gnadlinger__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\\_programa1mais2.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/5simp_gnadlinger_programa1mais2.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 Tanzania*, RELMA, Tanzania, 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. *Recaatingamento em comunidades agropastoris e extrativistas do sertão da Bahia*, Juazeiro, BA, 2007 <http://www.irpaa.org/modulo/recaatingamento>
- Knoop, L. , Sambalino, F. , van Steenbergen, 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>
- Kravec, 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 Oxtutzcab - 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)