

POTENCIALIDADES DA ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO



Luiza Teixeira de Lima Brito
Magna Soelma Beserra de Moura
Gislene Feitosa Brito Gama
(Editores Técnicos)

POTENCIALIDADES
DA ÁGUA DE CHUVA

NO SEMI-ÁRIDO
BRASILEIRO

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

POTENCIALIDADES DA ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO

LUIZA TEIXEIRA DE LIMA BRITO
MAGNA SOELMA BESERRA DE MOURA
GISLENE FEITOSA BRITO GAMA
(Editores Técnicos)

Embrapa Semi-Árido
Petrolina-PE, 2007

Comitê de Publicações da Embrapa Semi-Árido

Presidente | Nataniel Franklin de Melo

Secretário-Executivo | Eduardo Assis Menezes

Membros | Mirtes Freitas Lima
Geraldo Milanez de Resende
Maria Auxiliadora Coelho de Lima
Josir Laine Aparecida Veschi
Diógenes da Cruz Batista
Tony Jarbas Ferreira Cunha
Gislene Feitosa Brito Gama
Elder Manoel de Moura Rocha

Supervisor editorial | Eduardo Assis Menezes

Revisor de texto | Eduardo Assis Menezes

Normalização bibliográfica | Gislene Feitosa Brito Gama

Projeto gráfico e diagramação | Farache Comunicação
(www.farache.com.br)

1ª edição | 1ª impressão (2007): 1000 exemplares

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:
Embrapa Semi-Árido, BR 428, km 152, Zona Rural
Caixa Postal 23 - 56302-970 - Petrolina-PE
Fones: (87) 3862-1711 - (87) 3861-4442
Fax: (87) 3862-1744 - sac@cpatsa.embrapa.br

Todos os direitos reservados: A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610). É permitida a reprodução parcial do conteúdo desta publicação desde que citada a fonte. CIP - Brasil. Catalogação na publicação Embrapa Semi-Árido

Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro/Editores Técnicos, Luiza Teixeira de Lima Brito, Magna Soelma Beserra de Moura, Gislene Feitosa Brito Gama. – Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2007.
181 p. il.; 20 cm

ISBN 978-85-7405-009-6

1. Água de chuva – Tecnologia. 2. Cisterna – consumo humano. 3. Produção agrícola e animal. 4. Programa uma Terra e Duas Águas.
I. Brito, Luiza Teixeira de Lima. II. Moura, Magna Soelma Beserra de. III. Gama, Gislene Feitosa Brito. IV. Título.

CDD 333.911

© Embrapa, 2007

AUTORES

Aderaldo de Souza Silva | Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Pesquisador em Impacto Ambiental, Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE - aderaldo@cpatsa.embrapa.br

Antônio Pedro Matias Honório | Engenheiro Agrônomo, B.Sc., Analista, Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE - matias@cpatsa.embrapa.br

Cláudio Evangelista Santos Mendonça | Biólogo, Bolsista/CNPq, Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE

Everaldo Rocha Porto | Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Pesquisador em Manejo de Solo e Água, Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE - erporto@cpatsa.embrapa.br

Ivan Ighour Silva Sá | Engenheiro Florestal, Bolsista CNPq/Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE - ighour@cpatsa.embrapa.br

Johann Gnadlinger | Gestor Ambiental, Instituto da Pequena Agropecuária Apropriada-IRPAA, Juazeiro-BA/Presidente da Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva – ABCMAC, Petrolina-PE - johanng@abcmac.org.br

José Barbosa dos Anjos | Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Pesquisador em Manejo e Conservação de Solos, Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE - jbanjos@cpatsa.embrapa.br

Josicléda Domiciano Galvincto | Matemática, D. Sc. em Recursos Naturais, Professora, UFPE, Depto. de Ciências Geográficas, Recife-PE - josicleda@hotmail.com

Luciana Sandra Bastos de Souza | Graduada em Ciências Biológicas/Bolsista FUNCAMP/Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE - luciana.souza@cpatsa.embrapa.br

Luiza Teixeira de Lima Brito | Engenheira Agrícola, D. Sc., Pesquisadora em Recursos Hídricos, Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE - luizatlb@cpatsa.embrapa.br

Magna Soelma Beserra de Moura | Engenheira Agrônoma, D. Sc., Pesquisadora em Agrometeorologia, Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE - magna@cpatsa.embrapa.br

Maria Sonia Lopes da Silva | Engenheira Agrônoma, D. Sc., Pesquisadora em Ciência do Solo, Embrapa Solos, Recife-PE - sonia@cnps.embrapa.br

Miriam Cleide Cavalcante de Amorim | Engenheira Química, M. Sc., Companhia de Saneamento de Pernambuco - COMPESA, Petrolina-PE - miriamcleide@ig.com.br

Nilton de Brito Cavalcanti | Administrador de Empresas, M. Sc. em Extensão Rural, Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE - nbrito@cpatsa.embrapa.br

Thieres George Freire da Silva | Engenheiro Agrônomo, Doutorando, UFV/Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE - thieres.freire@vicosa.ufv.br

Wêydjane de Moura Leite | Bióloga, Bolsista/CNPq, Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE - jane@cpatsa.embrapa.br

APRESENTAÇÃO

O Brasil detém uma das maiores reservas de água doce do planeta, porém, devido as suas dimensões geográficas e condições agroecológicas diferenciadas, algumas regiões sofrem sérios problemas de escassez de água. Esta escassez, antes associada à semi-aridez, ultrapassou esses limites geográficos e grandes cidades como São Paulo-SP, Fortaleza-CE, Recife-PE e Campina Grande-PB passam por problemas semelhantes.

Ciente dessa problemática, a Embrapa Semi-Árido, desde sua criação em 1975, vem atuando na geração conhecimentos e tecnologias voltados para a convivência do homem com o Semi-Árido. Os resultados deste trabalho têm subsidiado inúmeros programas governamentais, como as experiências bem sucedidas do Programa Um Milhão de Cisternas – P1MC e do Programa Uma Terra e Duas Águas – P1+2. Estes programas se complementam na concepção da sustentabilidade das atividades agropecuárias praticadas em condições dependentes de chuva no Semi-Árido brasileiro. O primeiro visa a garantia de uma quantidade mínima de água para o consumo das famílias e o segundo, com as primeiras unidades-piloto em implantação, tem por objetivo a produção de alimentos, provendo as unidades de produção de alternativas tecnológicas

capazes de reduzir a vulnerabilidade das práticas agropecuárias, devido às secas ou veranicos que periodicamente ocorrem, contribuindo, assim, para melhoria na qualidade de vida dessas famílias.

Este Documento é mais uma contribuição da Embrapa Semi-Árido para técnicos, estudantes, produtores e outros profissionais que se preocupam com a questão da água e a convivência do homem com o Semi-Árido, auxiliando-os a compreender melhor e avaliar o potencial da “água de chuva” em regiões de escassez hídrica. Nele, procurou-se reunir e sintetizar um conjunto de informações geradas por uma equipe multidisciplinar, sobre técnicas de captação e manejo da água da chuva, com a percepção de que estas alternativas aumentam a oferta de água para o consumo humano e animal e produção de alimentos, além de promover uma gestão descentralizada da água. Este Documento contou com a valiosa contribuição financeira do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq/Fundo Setorial de Recursos Hídricos – CT-Hidro, sem o qual não teria sido possível sua edição.

Pedro Carlos Gama da Silva

Chefe Geral da Embrapa Semi-Árido

SUMÁRIO

1 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA E A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

- 15 Introdução
- 15 A situação da água no mundo
- 21 A situação da água no Brasil e no Semi-Árido
- 25 Princípios da gestão integrada dos recursos hídricos
- 30 Referências bibliográficas

2 CLIMA E A ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO

- 37 Introdução
- 38 Descrição climática
- 49 Estudo de caso
- 58 Referências Bibliográficas

3 P1+2: PROGRAMA UMA TERRA E DUAS ÁGUAS PARA UM SEMI-ÁRIDO SUSTENTÁVEL

- 63 Introdução
- 67 Descrição do P1+2
- 71 Descrição das tecnologias de captação de água de chuva
- 76 Referências bibliográficas

4 CISTERNAS DOMICILIARES: QUALIDADE DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

- 81 Introdução
- 82 Descrição da tecnologia
- 94 Estudo de caso
- 100 Referências bibliográficas

5 CISTERNA RURAL: ÁGUA PARA CONSUMO ANIMAL

- 105 Introdução
- 108 Descrição da tecnologia
- 112 Estudo de caso
- 116 Referências bibliográficas

6 BARRAGEM SUBTERRÂNEA: ÁGUA PARA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

- 121 Introdução
- 122 Descrição da tecnologia
- 130 Estudo de caso
- 136 Referências bibliográficas

7 CAPTAÇÃO IN SITU: ÁGUA PARA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

- 141 Introdução
- 142 Descrição da tecnologia
- 149 Estudo de caso
- 154 Referências bibliográficas

8 IRRIGAÇÃO DE SALVAÇÃO: PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

- 159 Introdução
- 160 Descrição da tecnologia
- 166 Estudo de caso
- 178 Referências bibliográficas

DISPONIBILIDADE DE ÁGUA E A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Luiza Teixeira de Lima Brito
Aderaldo de Souza Silva
Everaldo Rocha Porto

1

Introdução

Neste capítulo, são reunidas informações sobre a disponibilidade de água no mundo e no Brasil, considerado como “capital mundial das águas doces”, com ênfase na problemática dos recursos hídricos no Semi-Árido. Também, são apresentadas algumas diretrizes sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos, com o objetivo de promover maior visibilidade conceitual desta política e algumas estratégias de conservação dos recursos hídricos.

A água é essencial à vida, porém, é necessário que seja fornecida à população e aos demais seres vivos de forma permanente, em quantidade e qualidade adequadas (Fig. 1.1).

Fig. 1.1. Água fonte de vida
(Foto: Arquivo Embrapa Semi-Árido, 2004).



A situação da água no mundo

A Terra, com suas diferentes e abundantes formas de vida e diversidade agroecológica, habita, atualmente, mais de seis bilhões de seres humanos. No início deste século, algumas regiões do planeta enfrentam uma severa crise de falta de água, tanto para o consumo da população como para o desenvolvimento social. Estudos realizados por diversos órgãos nacionais e internacionais sinalizam que esta crise tem forte relação com a ausência de gestão dos recursos hídricos, essencialmente causada pela utilização de métodos de irrigação inadequados (Unesco, 2003).

Mudar esta situação é, sem dúvida, um dos maiores desafios que a humanidade enfrenta. A crise da água deve situar-se em uma perspectiva maior de solução e de resolução de conflitos, como estabelecido pela Comissão sobre o Desenvolvimento Sustentável, em 2002 (Unesco, 2003) e definida como:

“Erradicar a pobreza, mudar os padrões de produção e consumo insustentáveis, proteger os recursos naturais e administrar o desenvolvimento social e econômico constituem desafios primordiais para um desenvolvimento sustentável”.

A crise discutida em nível global torna-se mais grave neste terceiro milênio, por um lado, devido ao crescente aumento populacional, ao aumento da poluição dos recursos naturais e ao consumo excessivo; por outro lado, ocasionada pela falta generalizada de políticas que orientem a minimização dos desperdícios em diferentes escalas e de políticas de reuso de água (Fig. 1.2) (Brasil, 2004; Freitas e Santos, 1999).



Fig. 1.2. Resíduos presentes nas fontes hídricas, resultantes de ações antrópicas (Fonte: Brasil, 1999).

No século XX, a população mundial aumentou mais de três vezes, enquanto o consumo de água aumentou em nove vezes, aproximadamente. Estudos apontam que, atualmente, mais de um bilhão de pessoas não tem acesso a água potável e a serviços de saneamento básico. Segundo Barlow e Clarke (2003), estima-se que em um período de 25 anos, até 2/3 da população mundial estará vivendo com severa escassez de água doce. Afirmam, ainda, que “esta é a guerra invisível da água”, que além de ser responsável pela degradação ambiental, compromete também a saúde humana, pela falta de tratamento adequado da água, sendo as pessoas, principalmente crianças, vítimas de diarreia, cólera e esquistossomose, entre outras doenças.

De acordo com Brown et al. (2000), esta situação se tornará mais crítica em 34 países da África e do Oriente Médio, classificados como hidricamente estressados, onde se localizam grandes bolsões de pobreza. Essa região, contém atualmente, uma população de 1,2 bilhão de pessoas famintas e sem acesso a água potável. Esses autores afirmam, ainda, que o mundo, ao se defrontar com a escassez de água, também enfrentará a escassez de alimentos, uma vez que são necessárias, em média, 1000 toneladas de água para produzir uma tonelada de grãos, ou seja, uma relação 1000:1; portanto, a competição pela água, tão debatida nos fóruns nacionais e internacionais, provavelmente, ocorrerá nos mercados mundiais de alimentos.

Embora 2/3 da superfície da Terra seja coberto por água, 97,5% encontram-se nos mares e oceanos e não se prestam para a maioria das atividades agrícolas e dessedentação humana e animal, devido aos elevados teores de sais. A água doce, portanto, corresponde a apenas 2,5% do total disponível (Fig. 1.3).

Desse total (2,5%), 68,9% correspondem às geleiras e calotas polares situadas em regiões montanhosas; 29,9% são águas subterrâneas; 0,9% compõe a umidade do solo e pântanos e apenas 0,3% constitui a água doce armazenada nos rios e lagos, efetivamente disponível para uso em diferentes atividades (Shiklomanov, 1998, citado por Tundisi, 2003).

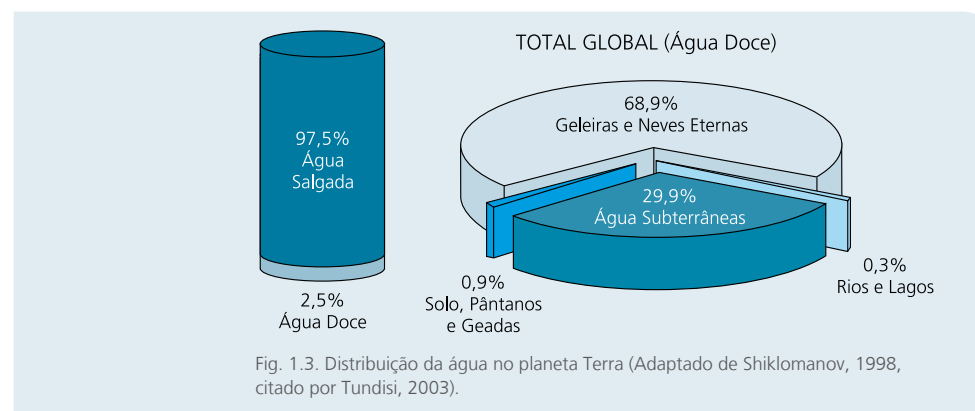


Fig. 1.3. Distribuição da água no planeta Terra (Adaptado de Shiklomanov, 1998, citado por Tundisi, 2003).

No contexto da água doce, a Organização Mundial de Saúde - OMS e o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, por meio da Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005 (Brasil, 2005), dispõem sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelecem as condições e padrões de lançamento de efluentes e classificam as águas quanto ao teor de sais como:

- **Água doce:** água com salinidade igual ou inferior a 0,50 ‰;
- **Água salobra:** águas com salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰;
- **Água salina:** água com salinidade igual ou superior a 30 ‰.

Estes níveis de salinidade das águas correspondem a 500 e 30.000 g L⁻¹. Não se deve confundir água doce com água potável. Padrões de qualidade da água variam em função do uso, como consumo humano, animal, irrigação, transporte, navegação, produção de energia, entre outros. A

Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, estabelece os padrões de potabilidade da água para consumo humano (Brasil, 2004), apresentados de forma detalhada no Capítulo 4, que trata da água para o consumo humano armazenada em cisternas.

No contexto da qualidade da água, Manoel Filho (1997) apresenta o conceito de água poluída e água contaminada, afirmando que o termo poluir, do latim *polluere*, significa “sujar”. Assim, a poluição pode ser definida como uma alteração artificial das características físicoquímicas da água, suficiente para superar limites ou padrões pré-estabelecidos para determinado fim, como, por exemplo, o aumento da temperatura da água. Por outro lado, água contaminada é aquela que contém organismos patogênicos, substâncias tóxicas e/ou radioativas em teores prejudiciais à saúde do homem. Assim, toda água contaminada é poluída, mas nem toda água poluída é contaminada.

No ambiente, os poluentes estão distribuídos na forma de gases, substâncias dissolvidas e partículas, que, interagindo com os agentes naturais e antrópicos, como os fatores climáticos e microbiológicos, características dos solos, das águas e dos próprios poluentes, atividades industriais, minerais e domésticas, modificam os indicadores de qualidade das águas, com conseqüentes efeitos ambientais negativos (Fig. 1.4).

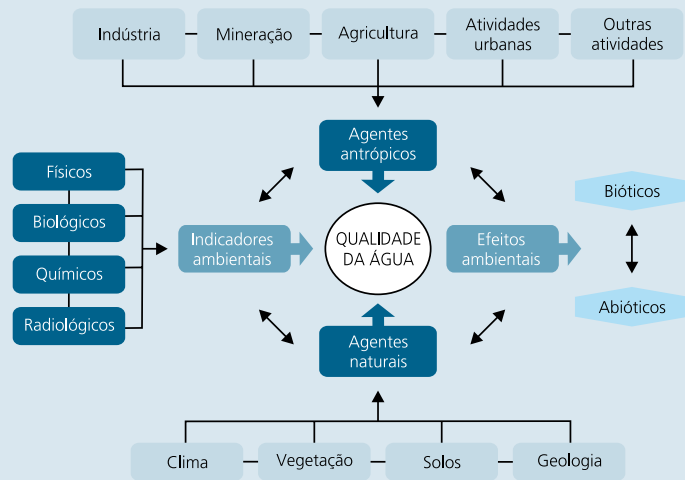


Fig. 1.4. Fatores e indicadores ambientais que interferem na qualidade das águas de uma bacia hidrográfica (Adaptado de Cheng, 1990).

A poluição dos recursos hídricos pode resultar de fontes pontuais e não pontuais, comumente denominadas de fontes difusas de poluição (Meybeck e Helmer, 1997). Segundo Manoel Filho (1997), as fontes pontuais dão origem a concentrações elevadas do poluente, localizadas em plumas que podem permanecer estratificadas em um aquífero por longo tempo; por outro lado, as fontes difusas tendem a criar uma estratificação regionalizada e os mananciais de superfície e poços produzem uma mistura contaminada e não contaminada em proporções crescentes com o tempo.

A minimização desses problemas está destacada nos compromissos assumidos por diferentes países com o Plano de Implementação da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, em Johannesburgo, África do Sul, que tinha, até 2005, como uma das metas, a elaboração de planos de gestão integrada dos recursos hídricos e aproveitamento eficiente da água.

Segundo a Unesco (2003), o marco das discussões sobre poluição e meio ambiente, com ênfase na água, foi a Conferência em Mar Del Plata, em 1977, culminando com o Decênio Internacional da Água Potável e Saneamento (1981-1990) e, em 1992, a Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente, realizada em Dublin, na Irlanda, quando foram estabelecidos quatro grandes princípios sobre a água:

- a água doce é um recurso finito e vulnerável, essencial para sustentar a vida, o desenvolvimento e o meio ambiente;
- o gerenciamento e o desenvolvimento da água deverão ser baseados numa abordagem participativa, envolvendo usuários, planejadores e legisladores em todos os níveis;
- a mulher desempenha um papel fundamental na provisão, na gestão e na proteção da água;
- a água tem valor econômico em todos seus usos competitivos e deve ser reconhecida como um bem econômico.

Também, em 1992, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - CNUMD, realizada no Rio de Janeiro, Brasil, contou com a participação de 178 nações que se comprometeram com a formulação de um novo padrão de desenvolvimento sustentável, conhecido como Agenda 21. Esta Agenda contém sete propostas de ação

no âmbito das águas doces, que contribuem com as ações de mobilização da população sobre as práticas de gestão da água, tais como:

- Desenvolvimento e manejo integrado dos recursos hídricos;
- Avaliação dos recursos hídricos;
- Proteção dos recursos hídricos, da qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos;
- Abastecimento de água potável e saneamento;
- Água e desenvolvimento urbano sustentável;
- Água para produção sustentável de alimentos e desenvolvimento rural sustentável;
- Impactos da mudança do clima sobre os recursos hídricos.

Outros eventos foram realizados e, em março de 2006, ocorreu, no México, o IV Fórum Mundial da Água, dando continuidade às discussões sobre a água no âmbito global.

O suprimento de alimentos é uma grande prioridade em muitos países, e a agricultura irrigada, principal usuária dos recursos hídricos, deve não somente fornecer alimentação para uma população crescente, mas, também, economizar a água para outros usos. O desafio é desenvolver e aplicar métodos racionais do uso da água tanto na agricultura irrigada como na agricultura dependente das chuvas, de forma a se obter maior produtividade por unidade de água aplicada.

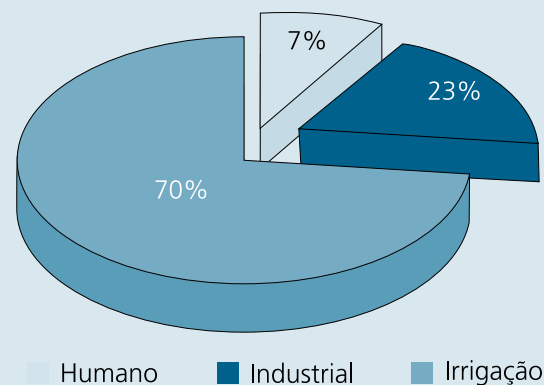


Fig. 1.5. Consumo mundial de água.

Estimativas indicam que 70% da água consumida no mundo são utilizados na agricultura irrigada. Em muitos cenários de irrigação, até 75% desta água são desperdiçados no caminho da fonte até a estação e desta até a parcela irrigável (Christofidis, 2001) (Figura 1.5).

Segundo Christofidis (2001), as eficiências na condução da água, na sua distribuição pelos sistemas e na aplicação aos cultivos, são baixas, motivo que leva a envidar esforços na otimização do uso da água. A implementação destas práticas implicará na economia substancial da água doce. A garantia da sustentabilidade da agricultura irrigada só ocorrerá com o reconhecimento de que a água é um recurso cada vez mais escasso.

A situação da água no Brasil e no Semi-Árido

O Brasil está incluído entre os países de maior reserva de água doce, ou seja, 13,8% do deflúvio médio mundial, com uma disponibilidade hídrica per capita variando de 1.835 m³/hab./ano, na bacia hidrográfica do Atlântico Leste, a 628.938 m³/hab./ano, na bacia Amazônica (Freitas e Santos, 1999). Porém, devido às suas dimensões geográficas e diversidade climática, algumas regiões sofrem graves problemas de escassez de água, como o Semi-Árido nordestino. Recentemente, grandes metrópoles, como Fortaleza-CE, Campina Grande-PB, Recife e Caruaru-PE, têm passado por problemas de racionamento constante de água, tanto para consumo humano, como para o desenvolvimento socioeconômico.

Apenas 3% do total de água existente no país encontram-se na região Nordeste, sendo que 63% estão localizados na bacia hidrográfica do rio São Francisco e 15% na bacia do rio Parnaíba, que juntos detêm 78% da água da região. As bacias dos rios intermitentes detêm apenas 22% e concentram-se em 450 açudes de grande porte, cuja capacidade é superior a um milhão de metros cúbicos, entre os mais de 70 mil existentes, como, também, em aquíferos profundos, com cerca de 100 mil poços tubulares perfurados (Grupo Água Viva, 2005). Porém, a água desses poços, em sua maior parte, é salobra ou salgada, não sendo apropriada para o consumo humano, tampouco para a maioria das atividades socioeconômicas. A utilização de águas salobras para consumo humano, por falta de opções de outras fontes hídricas para uso pelas comunidades rurais dispersas, pode provocar riscos à saúde do homem, principalmente em crianças.

O Semi-Árido brasileiro ocupa 67% da região Nordeste, com área de 969.589,4 km², estendendo-se do estado do Piauí ao Norte de Minas

Gerais, perfazendo 1.133 municípios. Sua delimitação tem por base três critérios técnicos, os quais foram aplicados consistentemente a todos os municípios que pertencem à área da Sudene, incluindo os municípios do norte de Minas Gerais e do Espírito Santo (Brasil, 2005), (Fig. 1.6). Estes critérios estão relacionados com:



Fig. 1.6. Região Nordeste e a delimitação do Semi-Árido (Fonte: Brasil, 2005).

- Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm;
- Índice de aridez de até 0,5, calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990;
- Risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990.

Trata-se de uma região caracterizada por grande diversidade de quadros naturais e socioeconômicos. A compreensão sobre a variabilidade do Semi-Árido, no que se refere aos seus recursos naturais e agrossocioeconômicos, tem sido objeto de estudos da Embrapa, que identificaram 172 unidades geoambientais na região Nordeste, das quais 110 estão inseridas no Semi-Árido (Silva et al., 2000). Dentro dessa diversidade, o crescente número de experiências organizacionais desenvolvidas em torno da agricultura familiar vem superando a vulnerabilidade desses agroecossistemas, diante das secas e constituindo alternativas econômicas sustentáveis.

A principal característica desta região é a irregularidade do regime de precipitação pluviométrica, tanto no tempo, como no espaço, ocorrendo em até quatro meses em diversos municípios. Segundo Porto et al. (1983), apenas três em cada dez anos são considerados normais quanto à distribuição das precipitações.

Associada à escassez de água, em consequência da irregularidade das chuvas, as altas taxas evapotranspirométricas contribuem para reduzir a disponibilidade hídrica e favorecer a concentração de solutos nas fontes hídricas superficiais, degradando a qualidade das águas, por meio da eutrofização, salinização e concentração de compostos não permissíveis para alguns usos considerados nobres, que exigem rigoroso controle da qualidade. No que se refere às fontes subterrâneas, devido ao predomínio das rochas cristalinas, os sistemas aquíferos são do tipo fissural e apresentam vazões inferiores a $3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e teores de sólidos dissolvidos totais, em média, 3 g L^{-1} , com predominância de cloretos (Leal, 1999).

Este quadro de incertezas quanto à disponibilidade e à qualidade das águas gera insegurança na tomada de decisão de políticas de desenvolvimento agropecuário e sócio-econômico para a região, necessitando, portando, de medidas de planejamento e de gestão dos recursos hídricos disponíveis, visando atender à demanda da população de forma permanente.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, citada por Brasil (1999), a falta de água potável e de saneamento no Brasil é a causa de 80% das doenças e de 65% das internações hospitalares, implicando em gastos de U\$ 2,5 bilhões. Estima-se que para cada R\$ 1,00 investido em saneamento, haveria uma economia de R\$ 5,00 em serviços de saúde.

Diante deste cenário, o maior desafio a ser enfrentado pela humanidade neste século, talvez não seja a escassez de água, mas um adequado gerenciamento dos recursos hídricos no âmbito global e regional, de forma integrada, consciente e participativa, envolvendo todos os atores do processo, iniciando-se com a educação ambiental em todos os setores.

Segundo Machado (2002), a noção de gestão integrada dos recursos hídricos assume várias dimensões e envolve diferentes e complexas conotações: primeiro, tem que se considerar os diversos processos de transporte de massa de água do ciclo hidrológico; segundo, a água é um recurso de usos múltiplos; terceiro, está em constante inter-relacionamento com outros elementos do mesmo ecossistema (solo, flora, fauna); quarto, envolve co-participação de gestores, usuários e população no planejamento e na gestão desses recursos e, finalmente, deve atender aos anseios da sociedade, na perspectiva do desenvolvimento sustentável. O autor afirma, ainda, que a prática de uma gestão integrada deve ser orientada pela lógica da negociação sociotécnica, em virtude da complexidade, heterogeneidade e diversidade de elementos que compõem um dado espaço geográfico, sendo, portanto, esta negociação um processo dispendioso dos pontos de vista político, financeiro e emocional, além de incerto e arriscado. Por outro lado, tem a vantagem de ajustar bem as partes entre si e produzir novas situações e oportunidades.

No contexto da complexidade do planejamento e gestão integrada e sistêmica dos recursos hídricos, Cedraz (2002) ressalta a necessidade de discussões e reflexões profundas envolvendo todos os atores partícipes, onde as ações devem culminar com os princípios do desenvolvimento sustentado tão discutido pela sociedade nas últimas décadas, tendo na água o recurso básico da gestão ambiental e suas relações com o desenvolvimento.

Braga et al. (1999) afirmam que, para um planejamento e gestão dos recursos hídricos em bases sustentáveis, são fundamentais informações referentes à caracterização física dos sistemas hídricos, envolvendo o conhecimento do relevo, hidrografia, geologia, solos, cobertura vegetal, ações antrópicas, obras hidráulicas, e informações hidroclimáticas, como séries históricas e em tempo real das variáveis climáticas, fluviometria, sedimentometria e, principalmente, qualidade da água. Outros aspectos que devem ser considerados são os fatores socioeconômicos, com ênfase no uso e nos impactos nos recursos naturais, advindos de atitudes antro-

pogênicas. Afirmam, ainda, que o monitoramento da qualidade da água em uma bacia hidrográfica é muito mais amplo do que a verificação se os padrões legais de qualidade estão sendo obedecidos, devendo, portanto, atender à necessidade de se responder ao que está sendo alterado, os porquês de estas modificações estarem ocorrendo e definir e implementar medidas preventivas de contaminação dos recursos hídricos.

Princípios da gestão dos recursos hídricos

A gestão das águas tem base na legislação vigente, destacando-se a Lei Federal Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997), e contempla a elaboração do Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH recém-lançado (Brasil, 2006), como instrumento de gestão, definido para fundamentar e orientar a implementação dessa política, e tem por objetivo geral:

Estabelecer um pacto nacional para a definição de diretrizes e políticas públicas voltadas para a melhoria da oferta de água, em qualidade e quantidade, gerenciando as demandas e considerando a água um elemento estruturante para a implementação das políticas setoriais, sob a ótica do desenvolvimento sustentável e da inclusão social.

Os objetivos estratégicos desta política foram estabelecidos considerando três dimensões essenciais à sua eficácia:

- a melhoria das disponibilidades hídricas, superficiais e subterrâneas, em qualidade e quantidade;
- a redução dos conflitos reais e potenciais de uso da água, bem como dos eventos hidrológicos críticos;
- a percepção da conservação da água como valor socioambiental relevante.

O PNRH contém como conteúdo mínimo, um diagnóstico atual, um balanço hídrico contemplando os aspectos de qualidade e quantidade, entre disponibilidades e demandas atual e futura, a identificação de conflitos potenciais e a proposição de medidas para o aumento da oferta hídrica.

Com a finalidade de prover meios de melhor convivência do homem com o déficit de chuvas e sua irregularidade no Semi-Árido brasileiro, diferentes ações estratégicas foram implementadas ao longo de muitos anos. Estas ocorreram de forma isolada ou integrada a programas de governo nas esferas federal, estadual e municipal, ou por meio de políticas públicas, como o PNRH, onde enfatizou-se a necessidade da captação das águas de chuvas como uma das alternativas adotadas para amenizar os efeitos da irregularidade das mesmas, principalmente em áreas com recursos hídricos limitados.

Dentre as ações implementadas, destaca-se o Programa Um Milhão de Cisternas - P1MC (Brasil, 2006), que conta, atualmente, com mais de 200 mil cisternas construídas em todo o Semi-Árido brasileiro (até junho 2007). Importante ressaltar que nessa área, a água para o consumo humano é essencial, assim como é muito importante a água para reduzir riscos da produção agrícola e/ou pecuária, como preconiza o programa P1+2, que significa “uma terra” para produzir e “duas fontes de água”, sendo uma para o consumo humano e outra para a produção de alimentos, apresentado de forma detalhada no Capítulo 3.

Em regiões onde a escassez de água sempre se fez presente, os conflitos pelo uso da água tendem a aumentar em função do aumento da demanda, da degradação dos recursos hídricos ou da instabilidade climática. Portanto, buscar soluções para um monitoramento e gerenciamento adequados desses recursos deverá ser a prioridade dos órgãos gestores, a exemplo da outorga de direito de uso e cobrança pelo uso da água, com base no conceito usuário-pagador e poluidor-pagador (MMA/SRH, 1997; Kettelhut et al., 1999). A cobrança pelo uso e/ou poluição dos recursos hídricos deverá induzir o uso racional, estimulando o usuário a adotar medidas para evitar desperdícios e reduzir impactos tanto na quantidade quanto na qualidade dos recursos hídricos, à semelhança da redução do consumo de energia elétrica imposta pelo governo federal, a partir de 04 de junho de 2001, que, embora pouco perceptível pela população em geral, esta crise energética, em particular, deveu-se, principalmente, às baixas disponibilidades hídricas dos reservatórios de água destinados não apenas à geração de energia elétrica, como também a usos diversos.

O PNRH descreve que a água da chuva pode ser captada de telhados, do chão e do solo, armazenada e/ou infiltrada de forma segura, tra-

tada conforme requerido pelo uso final e utilizada no seu potencial pleno, substituindo ou suplementando outras fontes atualmente usadas, antes de ser finalmente dispensada. Nesse sentido, quer seja para o armazenamento e consumo, quer seja para redução dos impactos negativos, que podem ser causados a jusante pelo escoamento, a adoção de práticas e tecnologias de manejo de água de chuvas nas zonas urbanas deve ser intensificada, por exemplo, com a instalação de sistemas de captação nas edificações e o aumento da cobertura vegetal.

O PNRH apresenta um panorama dos recursos hídricos nacionais e delimita cenários para 2020. Além disso, contém programas, metas e diretrizes que vão balizar as políticas públicas para a melhoria da oferta e da gestão da água, com base nas 12 grandes regiões hidrográficas: Amazônia, Tocantins-Araguaia, Atlântico Nordeste Ocidental, Parnaíba, Atlântico Nordeste Oriental, São Francisco, Atlântico Leste, Atlântico Sudeste, Atlântico Sul, Uruguai, Paraná e Paraguai (Brasil, 2006).

Segundo o PNRH (Brasil, 2006), os cenários contêm elementos que apontam as oportunidades e ameaças à gestão e ao uso dos recursos hídricos no Brasil. Em função dos elementos comuns, devem ser levadas em consideração algumas observações importantes na formulação de uma estratégia que permita potencializar as oportunidades e reduzir as ameaças. Segundo este documento, a principal ameaça advém da possibilidade de junção entre um sistema de gestão ineficiente e uma grande expansão das atividades econômicas e urbanas que demandam o uso da água. A principal oportunidade encontra-se no crescimento da consciência ambiental e, nesta, o aumento da percepção pelos diversos atores sobre a importância dos recursos hídricos para o desenvolvimento econômico e o bem-estar social. São sete pontos em que uma estratégia pode incidir de maneira operativa:

- Consolidar o marco institucional (legislação e organização) existente;
- Fortalecer o sistema de gestão;
- Concentrar a gestão também na demanda por recursos hídricos;
- Propor formas de integração das políticas públicas;
- Contribuir para a desconcentração econômica e a equidade social;
- Antecipar-se aos problemas nas regiões críticas;
- Fortalecer a política de capacitação em Ciência e Tecnologia.

Como forma de melhor gerir os recursos hídricos, o documento “Água, Meio Ambiente e Vida”, do Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 1999), contém sugestões importantes sobre economia da água, que a população em geral pode adotar em seu dia-a-dia, principalmente no meio urbano, onde o consumo é maior:

- Manter as torneiras bem fechadas, usá-las com moderação e eliminar defeitos e vazamentos. Uma torneira pingando significa a perda de, aproximadamente, 45 litros de água por dia;
- Deixar a torneira fechada ao escovar os dentes - uma torneira aberta durante 3 minutos equivale a 23 litros de água desperdiçada. Para escovar os dentes, só é necessário um copo de água;
- A lavagem de carro é mais econômica se for realizada com um balde e esponja. Nesse processo, o consumo será de 60 litros de água;
- Todo banho demorado implica em consumo exagerado de água. Dez minutos são mais que suficientes para uma boa higiene corporal. Mais que isto é desperdício;
- A cada acionamento das válvulas de descarga de parede, são gastos 19 L de água. Assim, deve-se evitar descargas desnecessárias e prolongadas. Há válvulas que gastam apenas 6 L por fluxo;
- Reciclar as águas de aquários, lavagem de legumes e outras, para molhar plantas;
- Não lavar calçadas com jatos de água de mangueira;
- Ao usar máquina lava-louças ou lava-roupas, utilizá-la no nível alto com o máximo de material possível;
- Verificar sempre, com atenção, o consumo de água de sua casa;
- Os procedimentos daqueles que realmente se preocupam com a qualidade do ambiente em que vivem, assim como com a conservação dos recursos naturais, não devem ficar restritos ao local onde moram. Na rua, ao verificar algum vazamento, avisar imediatamente à empresa concessionária;
- Denunciar a um órgão de defesa do consumidor os casos de conserto ou reparo na rede pública onde verificar negligência na execução por parte da firma responsável pela obra, e
- Ao notar água “servida” ou “esgoto a céu aberto” sendo lançado em via pública, deve-se mobilizar a população afetada e exigir providências dos órgãos competentes.

Finalmente, segundo Vieira e Gondim Filho (2006), os objetivos gerais de uma política de água devem alcançar e manter padrões desejáveis de sustentabilidade e estabelecer mecanismos de convivência com a vulnerabilidade regional. No contexto da sustentabilidade hídrica, esclarecem estes autores, deve haver compatibilidade entre a oferta e a demanda de água, tanto de forma quantitativa quanto qualitativa. Também, estabelecem algumas estratégias para a preservação hidroambiental e a conservação dos recursos hídricos, como:

- Proteção dos ecossistemas e conservação da diversidade ecológica;
- Manejo adequado do solo, de forma a minimizar a erosão e seus impactos sobre os recursos hídricos;
- Recuperação das áreas degradadas e minimização do processo de desertificação;
- Disciplinamento do uso e ocupação do solo;
- Controle da salinização dos mananciais;
- Proteção das nascentes e dos aquíferos;
- Controle de perdas e desperdícios, e
- Educação ambiental.

Entre as estratégias citadas, é importante ressaltar a questão da coleta e tratamentos dos resíduos: o lixo e os esgotos. Dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico revelam que 97,9% da população têm serviço de abastecimento de água, porém, apenas 52,2% dispõem de serviços de esgoto sanitário, e somente 20,2% contemplam, simultaneamente, os três serviços essenciais: abastecimento, coleta e tratamento do esgoto (Oliveira, 2002). Conseqüentemente, em muitos municípios, esses resíduos são lançados no ambiente sem nenhum tratamento, muitos dos quais nos rios, os quais, em geral, não têm capacidade de depuração, devido às suas baixas vazões, tornando, assim, as águas inadequadas para diversos usos.

Referências Bibliográficas

BARLOW, B.; CLARKE, T. **Ouro Azul**. São Paulo: Makron Books, 2003. 331 p.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Ed.). **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras: USP/ABC, 1999. cap.19. p, 637-649.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional dos Recursos Hídricos**. Brasília, DF, Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 25 abr. 2006.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Ministério do Meio Ambiente. Ministério da Ciência e Tecnologia. Portaria Interministerial no 1, de 09 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 mar. 2005. Seção 1, p. 41.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Nacional dos Recursos Hídricos**: iniciando um processo de debate nacional. Brasília, DF, 2004. 51 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Água, Meio Ambiente e Vida**. Brasília: MMA/SRH: ABEAS, 1999. 1 CD-ROM. (Coleção Água, Meio Ambiente e Cidadania).

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução No. 357, de 17 de março de 2005. Brasília, DF: SEMA. 23 p. 2005. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Brasília, DF, 1997. p. 35.

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

CEDRAS, M. Gestão de recursos hídricos em regiões semi-áridas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL CYTED-XVII, 2., 2002, Salvador. **Resumos...** Salvador: CYTED/UFBA/UEPS/SRH-BA/MMA-SRH/FAPEX, 2002. Não paginado.

CHENG, H. H. Pesticides in the soil environment. In: CHENG, H. H. (Ed.). **Pesticides in the soil environment**: processes, impacts and modeling. Madison: Soil Science Society of America, 1990. p. 1-15.

CHRISTOFIDIS, D. Prática da irrigação no mundo. **Item**, Brasília, DF, n. 49, p.8-13, 2001.

FREITAS, M. A. V. de; SANTOS, A. H. M. Importância da água e da informação hidrológica. In: FREITAS, M. A. V. de. (Ed.). **O estado das águas no Brasil**: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos. Brasília, DF: ANEEL/MME/ MMA-SRH/OMM, 1999. p. 13-16. il.

GESTÃO de recursos hídricos no semi-árido paraibano. Disponível em: <<http://www.lead.org.br/article/view/213>>. Acesso em: 7 ago. 2005.

KETTELHUT, J. T. S.; RODRIGUEZ, F. A.; GARRIDO, R. J.; PAIVA, F.; CORDEIRO NETO, O.; RIZZO, H. Aspectos legais, institucionais e gerenciais. In: FREITAS, M. A. V. de. (Ed.). **O estado das águas no Brasil**: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos. Brasília, DF: ANEEL-SRH/MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p. 21-34. il.

LEAL, A. de S. As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidade e usos. In: FREITAS, M. A. V. de. (Ed.). **O estado das águas no Brasil**: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos. Brasília, DF: ANEEL-SRH/MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p. 139-164. il.

MACHADO, C. J. S. Por uma negociação sociotécnica na gestão integrada dos recursos hídricos. **ABRH-Notícias**, Porto Alegre, v. 7, p. 20-21, 2002.

MANOEL FILHO, J. Contaminação das águas subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C; MANOEL FILHO, J. (Ed.). **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM/ LABHID/UFPE, 1997. p. 109-132.

MEYBECK, M.; HELMER, R. An introduction to water quality. In: CHAPMAN, D. (Ed.). **Water quality assessments**. 2. ed. London: Unesco, 1997. cap.1, p. 1-22.

OLIVEIRA, C. Serviço de esgoto mal chega a 50% da população. **Águaonline**, São Paulo, 2002. Disponível em: < <http://www.aguaonline.com.br> > Acesso em: 3 abr. 2002.


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

SILVA, F. B. R. e; SANTOS, J. C. P. dos; SOUZA NETO, N. C. de; SILVA, A. B. da; RICHE, G. R.; TONNEAU, J. P.; CORREIA, R. C.; BRITO, L. T. de L.; SILVA, F. H. B. B. da; SOUZA, L. de G. M. C.; SILVA, C. P. da; LEITE, A. P.; OLIVEIRA NETO, M. B. de. **Zoneamento agroecológico do Nordeste do Brasil**: diagnóstico e prognóstico. Recife: Embrapa Solos- Escritório Regional de Pesquisa e Desenvolvimento Nordeste-ERP/NE; Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2000. (Embrapa Solos. Documentos, 14) 1 CD-ROM.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI**: enfrentando a escassez. São Carlos, SP: RiMa, 2003. 248 p.

UNESCO. **Água para todos, água para la vida**. Paris, 2003. 36 p.

VIEIRA, V. P. P. B.; GONDIM FILHO, J. G. C. Água no Semi-Árido. In: REBOUÇAS, A. da C; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil**; capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. 3.ed. p. 481-540.



CLIMA E ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO

Magna Soelma Beserra de Moura

Josiclêda Domiciano Galvêncio

Luiza Teixeira de Lima Brito

Luciana Sandra Bastos de Souza

Ivan Ighour Silva Sá

Thieres George Freire da Silva

2

Introdução

A região Nordeste, com 1,56 milhão de km² (18,2% do território nacional), contém a maior parte do Semi-Árido brasileiro, o qual é formado por um conjunto de espaços que se caracterizam pelo balanço hídrico negativo, resultante das precipitações médias anuais inferiores a 800 mm, insolação média de 2800 h ano⁻¹, temperaturas médias anuais de 23° a 27° C, evaporação de 2.000 mm ano⁻¹ e umidade relativa do ar média em torno de 50%.



Fig. 2.1. Mapa do Nordeste com a localização do Semi-Árido.

Caracteristicamente, o Semi-Árido apresenta forte insolação, temperaturas relativamente altas e regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações num curto período, em média, de três meses, apresentando reservas de água insuficientes em seus mananciais.

O Semi-Árido brasileiro ocupa uma superfície de 969.589,4 km², sendo a maior área na região Nordeste e parte no norte de Minas Gerais (Fig. 2.1), localizando-se na porção central da região, tendo seus limites contornados por áreas sub-úmidas, exceto na porção setentrional, que tem sido delimitada pela isoieta de 800 mm.

Segundo informações contidas no Dossiê Nordeste Seco (Nordeste, 1999), o Semi-Árido brasileiro é a área semi-árida mais povoada do mundo e, em função das adversidades climáticas, associadas a outros fatores históricos, geográficos e políticos, que remontam centenas de anos, abriga a parcela mais pobre da população brasileira, com ocorrência de graves problemas sociais.

Em consequência do comportamento das chuvas no Semi-Árido e da reduzida capacidade de retenção de água na maioria dos solos (Jacomine, 1996), grande parte da população é altamente dependente da água de chuva, de sua captação e de seu armazenamento, uma vez que os rios apresentam regime temporário, com exceção do rio São Francisco, que se destaca em meio à grande área seca (Fig. 2.1).

O clima constitui a característica mais importante do Semi-Árido, principalmente devido à ocorrência das secas estacionais e periódicas (Mendes, 1997), que determinam o sucesso da atividade agrícola e pecuária e a sobrevivência das famílias. Assim, o presente Capítulo contém as características climáticas do Semi-Árido, com ênfase na variabilidade das precipitações pluviométricas e do balanço hídrico. São apresentados técnicas e instrumentos de medida da chuvas e da evaporação, bem como um estudo de caso sobre a variabilidade espacial da precipitação anual e sua influência sobre a necessidade e o tamanho da área de captação de água de chuva para o estado de Pernambuco.

Descrição Climática

Segundo Varejão-Silva (2006), clima e tempo apresentam as seguintes definições:

O CLIMA é definido pelo conjunto de fenômenos meteorológicos, como a chuva, a temperatura, a pressão atmosférica, a umi-

dade do ar e os ventos que caracterizam uma região. O CLIMA de um local só é definido após vários anos de observações.

O TEMPO é a combinação passageira dos elementos do clima, ou seja, é o conjunto de condições atmosféricas que atua em um dado instante sobre um determinado local. O TEMPO pode variar de acordo com o dia e as influências que a atmosfera está sofrendo.

O clima do Semi-Árido brasileiro é pouco diversificado, mesmo considerando a sua grande extensão territorial. Os aspectos de relevo definem alguns locais com maiores altitudes, e, conseqüentemente, microclimas específicos, além disso, a proximidade com o oceano, em alguns locais, resulta na influência das frentes frias e maiores índices pluviométricos.

Precipitação pluviométrica

A marcante variabilidade interanual da pluviometria, associada aos baixos valores totais anuais pluviométricos sobre a região Nordeste do Brasil, é um dos principais fatores para a ocorrência dos eventos de “secas”, caracterizadas por acentuada redução do total pluviométrico sazonal durante o período chuvoso. A variabilidade interanual da pluviometria nesta região está associada a variações de padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre os oceanos tropicais, os quais afetam a posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Oceano Atlântico (Hastenrath, 1984; citados por Nobre e Melo, 2001).

Esta variabilidade é mostrada na Fig. 2.2, onde se observa que no litoral leste, as chuvas são superiores a 1.000 mm e, à medida que se vai adentrando no Semi-Árido, passando pela zona Agreste e se dirigindo para o Sertão, as precipitações diminuem e alcançam valores médios inferiores a 500 mm anuais.

Percebe-se que há algumas regiões centrais que apresentam valores mais elevados de precipitação, próximos a 1500 mm. Estas áreas são microclimas específicos, que ocorrem devido à presença de serras e montanhas, como na Chapada Diamantina – BA, parte oeste da Paraíba e centro-norte de Pernambuco.

Na Fig. 2.3, é apresentada a distribuição mensal da precipitação para o Nordeste do Brasil. Observa-se que há uma predominância do período chuvoso no verão, entre os meses de dezembro e abril, em quase toda

área semi-árida. Nas regiões que compreendem o sul do Piauí, e o extremo-oeste de Pernambuco a estação chuvosa tem início nos meses de novembro e dezembro.

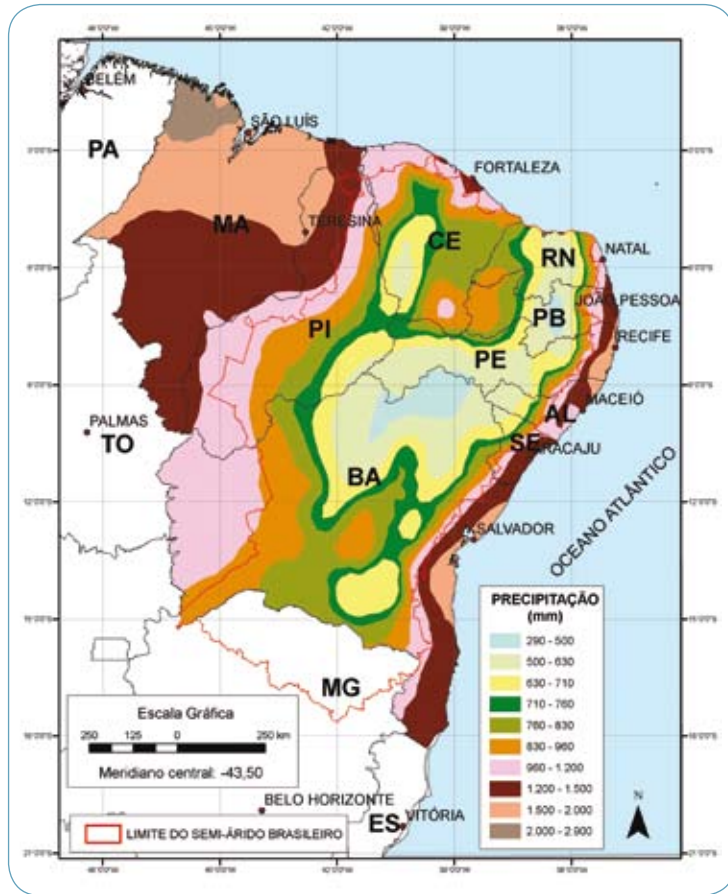


Fig. 2.2. Climatologia da precipitação anual da Região Nordeste do Brasil.

A climatologia das chuvas no Semi-Árido nordestino é muito estudada. Do ponto de vista meteorológico, uma condição de seca, definida por Magalhães e Glantz (1992), é caracterizada por acentuada redução dos totais pluviométricos anuais; enquanto que uma “grande seca” ocorre quando os totais anuais de chuvas não atingem 50% das normais climatológicas para uma fração significativa, em torno da metade da área semi-árida do Nordeste. No entanto, mesmo em

anos nos quais os totais pluviométricos são próximos à média histórica, a distribuição temporal das chuvas durante a estação chuvosa pode afetar substancialmente os recursos hídricos, a agricultura e a pecuária. Por exemplo, quando a pluviometria diária é bem distribuída temporalmente, resulta em pouco escoamento superficial e, con-

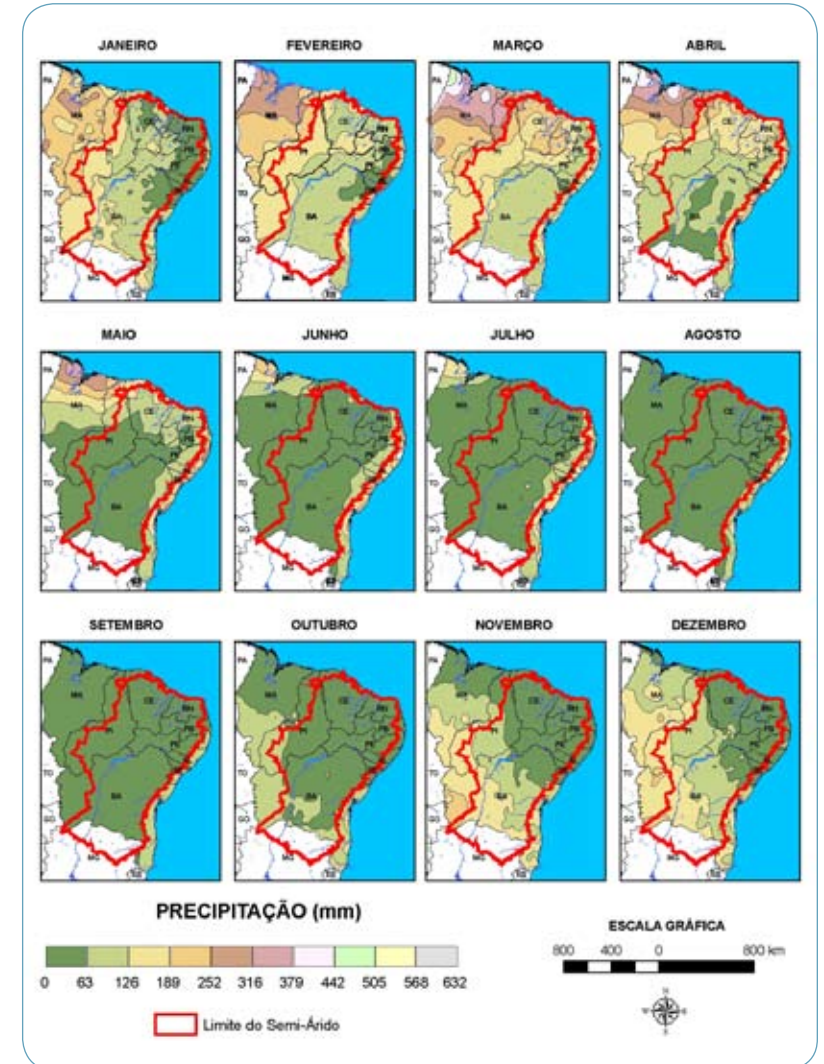


Fig. 2.3. Climatologia da precipitação mensal da região Nordeste do Brasil.

seqüentemente, a quantidade de água precipitada não possibilita o enchimento dos reservatórios. No que se refere à agricultura e à pecuária, mesmo em anos em que o total de chuva é próximo à média, podem ocorrer períodos de estiagem prolongados, que se intercalam com episódios de chuvas mais intensas, ocasionando a “seca verde”. Assim, para caracterizar a qualidade da estação chuvosa, de forma a contemplar uma maior diversidade de condições hidrometeorológicas, há que se considerar não somente os totais sazonais de chuvas, mas também e, principalmente, sua variabilidade temporal em escala intra-sazonal (Nobre e Melo, 2001).

Como medir a precipitação?

A medida da precipitação permite a obtenção de parâmetros quantitativos sobre a chuva. Somente olhando para a chuva, pode-se distinguir quando ela é forte ou fraca, mas essa avaliação é totalmente subjetiva, e uma mesma chuva pode ser avaliada por diferentes pessoas ao mesmo tempo, resultando em discordâncias quanto à intensidade de um mesmo evento de chuva.

A intensidade das chuvas relaciona a lâmina de água precipitada em um determinado tempo. A importância de se conhecer a intensidade das chuvas está relacionada com o escoamento superficial, inundações, encharcamento do solo, etc.

A precipitação é medida por meio de instrumentos chamados pluviômetros ou pluviógrafos. As medidas são realizadas em postos pluviométricos ou estações meteorológicas distribuídas pelo país, região, estados e municípios. As observações de chuvas são realizadas diariamente e os dados enviados aos laboratórios de meteorologia estaduais e institutos de pesquisa, como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e o Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). Nesses centros, são realizadas análises da distribuição das chuvas e previsão de tempo e clima.

Mas qualquer pessoa pode fabricar seu próprio medidor de chuva, ou seja, seu próprio pluviômetro. Para isso, basta ter uma lata, por exemplo, de leite em pó, uma régua milimetrada começando do

zero ou uma trena, e uma estaca de madeira bem firme. A estaca deve ser presa ao solo, e sua extremidade deve situar-se a 1,5 metros da superfície. O medidor de chuva deve ser instalado longe das casas, postes, árvores ou quaisquer obstáculos que possam impedir ou favorecer a entrada da chuva no pluviômetro. Deve-se pegar a “lata de leite” e retirar toda a tampa, deixando a borda bem fina para coletar toda chuva. Feito isso, a lata deve ser presa na lateral da estaca de madeira, com o cuidado de deixá-la nivelada. Após cada chuva, deve-se realizar a medida do nível de água acumulada dentro da lata usando a régua (Fig. 2.4). A quantidade de chuva, em milímetros, é o número até onde a régua foi marcada pela água contida dentro da latinha, por exemplo, 20,0 mm. O valor da precipitação deve ser anotado em uma tabela (Tabela 2.1), apresentada no modelo a seguir, ou em um calendário, no dia do mês correspondente à ocorrência da chuva. Para saber a intensidade da precipitação, deve-se anotar o horário de início e de final de cada evento de precipitação.

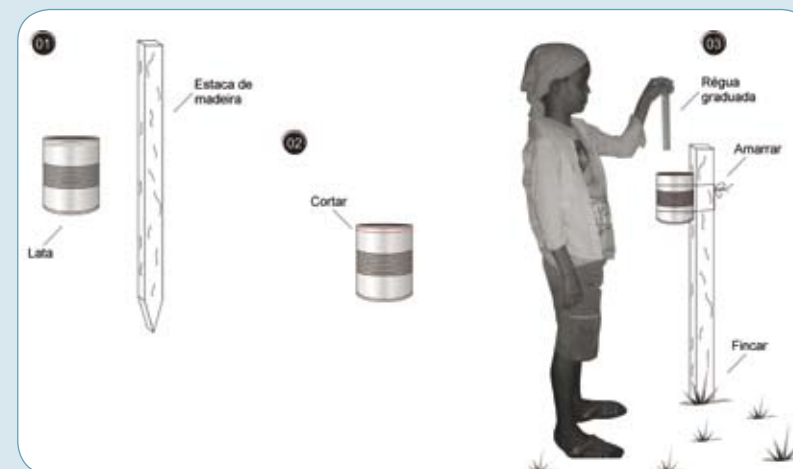


Fig. 2.4. Desenho esquemático da fabricação e instalação do pluviômetro caseiro e da medida da chuva.

Há períodos de maior e menor precipitação. Para se saber como se comporta a distribuição de chuvas ao longo do ano, devem-se acumular as medidas diárias até compor uma tabela anual do total diário de precipitação. Essa técnica se constitui em uma alternativa simples e barata de medir e registrar a chuva.

Tabela 2.1. Modelo de tabela com as anotações da precipitação pluviométrica ocorrida em Bebedouro, Petrolina – PE, no ano de 2005.

Mês Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	4,4	0,1	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,6	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	12,2	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,4
10	0,0	0,0	0,0	0,0	33,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,3	0,0	7,6	1,1	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,4	17,8	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,1	3,1	0,2	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	29,3	1,8	0,0	0,0	33,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	1,9	21,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	26,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	1,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	3,1	4,8	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	26,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0
27	0,0	0,0	4,6	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,2	0,0
29	0,0		0,4	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0
30	28,1		33,1	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	8,8		3,5		0,0		0,0	0,0		0,0		0,0
Total	78,4	80,1	101,8	31,9	55,8	40,0	2,6	6,2	0,0	0,0	35,4	28,8

Evaporação

As altas taxas de evaporação que ocorrem em superfícies livres de água representam uma perda significativa na disponibilidade hídrica de uma região. O conhecimento das perdas por evaporação é a base para se determinar o volume potencial de água disponível, cuja informação é de suma importância no planejamento de políticas de manejo dos recursos hídricos da região.

O Semi-Árido brasileiro possui cerca de 70 mil açudes de pequeno porte, os quais são caracterizados por volumes entre 10.000 e 200.000 m³ e representam 80% dos corpos d'água nos estados do Nordeste. Os açudes também apresentam restrições relativas à qualidade da água, principalmente devido à salinização, o que gera prejuízo às culturas e aos terrenos à jusante, além de comprometer o consumo humano e outros usos da água. Estima-se que um terço dos açudes do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) apresente esse problema em seus perímetros irrigados (Suassuna, 2002).

Esse quadro é agravado, ainda, pelo fenômeno da evaporação, que provoca perdas significativas de água, tanto em termos qualitativos quanto quantitativos. A evaporação varia de 1000 mm ano⁻¹ no litoral da Bahia e Pernambuco, atingindo 2000 mm ano⁻¹ no interior, sendo que na área de Petrolina – PE, pode chegar a 3000 mm ano⁻¹ (IICA, 2002). Esses dados estão confirmados por Molle (1989) em pesquisas realizadas com base em dados de 11 postos distribuídos no Semi-Árido e séries históricas variando entre 8 e 25 anos, em que a evaporação média anual medida em tanque classe "A" aproximou-se de 3,0 m, variando entre 2.700 a 3.300 mm, sendo que os valores mais elevados ocorrem nos meses de outubro a dezembro e mínimos de abril a junho.

O Semi-Árido necessita de investigações criteriosas do balanço hídrico para que os açudes cumpram a função para a qual foram projetados. Segundo o Projeto Áridas (IICA, 2002), açudes foram construídos sem planejamento e critérios de dimensionamento adequados, gerando o não sangramento de inúmeros desses aproveitamentos e, conseqüente problema com a qualidade da água que

não se renova anualmente, apenas evapora, aumentando a concentração de sólidos dissolvidos totais que representam a salinidade da água. Isso é fruto da cultura local que considera o vertimento como perda de água.

O déficit hídrico no Semi-Árido é visto, quase sempre, sob o seu aspecto quantitativo, sem analisar a qualidade da água disponível. Esta visão conduz a “soluções” que priorizam a acumulação de água, como se a presença deste bem fosse suficiente para dirimir todos os problemas causados pela sua escassez. Neste contexto, o gerenciamento dos recursos hídricos não deve ser realizado dissociando os aspectos quantitativos e qualitativos, para permitir uma visão ampla e conduzir a soluções apropriadas. O processo de salinização que ocorre em corpos d’água pode ter como origem razões geológicas milenares ou ações antrópicas recentes. Os aspectos abordados no Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), apresentados no Capítulo 1, assim como a orientação de medidas preventivas para assegurar a qualidade da água devem considerar esse fenômeno (evaporação) como demanda de água a ser computada e gerenciada de forma a cumprir os preceitos de vazão ecológica e prevenção em relação à degradação ambiental.

Outro aspecto é a quantidade de açudes construídos em uma mesma bacia hidrográfica, podendo acarretar a sua exaustão hídrica e, como consequência direta, a criação de espelhos d’água sujeitos à evaporação. Uma avaliação importante para a gestão das águas é a comparação entre a eficiência dos pequenos e grandes lagos quanto às perdas por evaporação para dar subsídio à escolha do tamanho adequado do reservatório a ser construído.

Essa questão é abordada por Campos (2002) na análise da influência da evaporação em 40 reservatórios superficiais no estado do Ceará. Os resultados desse estudo mostram que os grandes reservatórios apresentaram uma evaporação média de 7% do volume médio afluente anual, enquanto que os pequenos apresentaram 18%. Desse modo, o autor concluiu que existe uma tendência de os grandes açudes serem mais eficientes que os pequenos.

Como medir a evaporação?

Para determinar a evaporação de um reservatório, grande importância deve ser dada à escolha do método. Em estudo comparativo entre métodos para se estimar a evaporação, Souza (1998) mostra que os resultados variam de 26% a 36% entre os métodos usualmente utilizados. Isso destaca as incertezas que estão sendo embutidas nas estimativas desse fenômeno.

Dentre os métodos mais utilizados para medir a evaporação se destaca o do tanque classe A (Fig. 2.5). O tanque de evaporação classe “A” é um depósito circular com 120,7 cm de diâmetro e 25,0 cm de profundidade, geralmente construído de ferro galvanizado, e instalado sobre um estrado de madeira, com 15,0 cm de altura. Deve-se encher o tanque com água, e o nível ser mantido entre 5,0 e 7,5 cm da borda.

As leituras são realizadas diariamente pela manhã ao mesmo tempo em que a precipitação pluviométrica é medida. As medições são feitas com um micrômetro, dentro de um poço tranqüilizador situado próximo da borda. À medida que a água evapora, o nível de água no tanque baixa, fornecendo a altura de água evaporada. Em dias em que há a ocorrência de chuvas, deve-se medir a chuva, e somá-la ao valor medido da coluna de água do tanque no dia da ocorrência da mesma. No dia seguinte após o término da chuva, mede-se o valor da coluna de água no tanque, a diferença entre o somatório e o valor da coluna é a evaporação.

Os altos custos que implicam na aquisição desse equipamento tornam limitada a sua utilização por parte dos pequenos produtores. Uma maneira de contornar essa situação é a utilização de métodos alternativos por meio dos quais cada produtor pode fabricar seu próprio tanque. Lima e Costa Filho (2001) testaram tanques alternativos para medir a evaporação, e encontraram boas correlações entre os dados medidos pelo tanque classe “A” e os obtidos pelos tanques alternativos. Pode-se construir um tanque reduzido com a utilização de materiais simples, para tanto é necessário um tambor de ferro, uma régua graduada em milímetros (começando do zero) e um estrado construído em madeira na altura de 15,0 cm. O procedimento adotado implica em um corte transversal do tambor na altura de 30,0 cm (Fig. 2.6). Coloca-se o estrado de madeira sobre o solo nivelado, e sobre o mesmo instala-se o tanque. Deve-se verificar seu nivelamento e

enchê-lo com água. Para medir a evaporação, coloca-se uma régua graduada (começando do zero) dentro do tanque alternativo e efetua-se a leitura. O volume evaporado é obtido por meio da subtração entre os valores da leitura do dia anterior e do dia da medida. Os valores registrados podem ser anotados em uma tabela com modelo semelhante ao apresentado na Tabela 2.1 para precipitação, possibilitando a obtenção de valores da evaporação diária, mensal e anual e valores médios. Embora, não tenham sido realizados testes para comprovar a eficiência da utilização desse método nas condições do Semi-Árido nordestino, verificou-se por meio da literatura, que existe uma boa correlação entre o tanque classe "A" e modelos de tanque reduzido, o que sugere a sua utilização, pois além de eficiente, apresenta menor custo e fácil manejo pelos agricultores (Lima e Costa Filho, 2001).

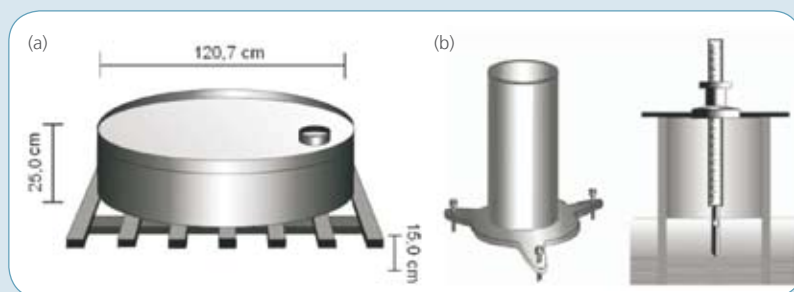


Fig. 2.5. Tanque classe "A" (a), poço tranquilizador e parafuso micrométrico(b), utilizados na medição da evaporação.

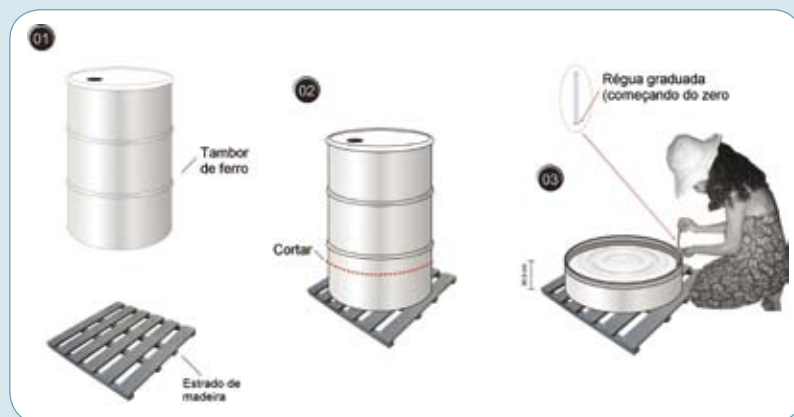


Fig. 2.6. Esquema de fabricação do tanque reduzido e medição da evaporação.

Estudos de Caso

Aspectos climáticos de Petrolina-PE

O município de Petrolina-PE está situado na Depressão Sertaneja (Silva, 2000), mais especificamente no Submédio São Francisco, integrando um importante pólo da fruticultura nacional. Apesar de extensas áreas irrigadas, a maioria da população rural é fortemente dependente da água de chuva, tanto para o consumo humano como para produção agropecuária. Assim, estudos sobre as condições climáticas são importantes instrumentos para o sucesso da agropecuária e para um melhor conhecimento do regime hídrico e térmico da região.



As informações meteorológicas utilizadas nesse estudo foram obtidas no período de 1965 a 2005, na Estação Meteorológica de Bebedouro (09°09'S; 40°22'O; 365,5m), localizada no Campo Experimental da Embrapa Semi-Árido (Fig. 2.7). Estas observações foram medidas de acordo com padrões internacionais, recomendados pela Organização Meteorológica Mundial - OMM.

Fig. 2.7. Estação Meteorológica de Bebedouro, Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE.

Na Tabela 2.2, são apresentados os dados médios mensais da umidade relativa do ar, temperatura do ar (média, máxima e mínima), totais de evaporação e de precipitação observados na Estação Meteorológica de Bebedouro, Petrolina-PE. A precipitação pluviométrica é o elemento meteorológico de maior variabilidade espacial e temporal (Tabela 2.2 e Fig. 2.8). Nos últimos 41 anos, a precipitação total anual média foi 557,7 mm e o período chuvoso concentrou-se entre os meses de novembro e abril, com 89,6% do total anual precipitado, enquanto que os meses de janeiro e abril contribuem com 68,3%. Março é o mês que apresenta maior precipitação média (133,7 mm), enquanto que em agosto o total médio de chuva é de 4,0 mm.

Tabela 2.2. Valores médios mensais e anual da umidade relativa do ar (UR, %), temperatura do ar média (T Med, °C), máxima (T Max, °C) e mínima (T Min, °C) e totais mensais e anuais da evaporação do tanque Classe A (E, mm) e da precipitação (P, mm), observados na Estação Meteorológica de Bebedouro, Petrolina-PE, durante o período de 1965 a 2005.

Meses	UR (%)	T Med (°C)	T Max (°C)	T Min (°C)	E (mm)	P (mm)
Janeiro	67,1	26,9	32,5	21,5	221,6	87,0
Fevereiro	68,0	26,8	32,4	21,6	192,9	80,4
Março	71,4	26,4	31,9	21,5	196,2	133,7
Abril	72,6	26,2	31,4	21,1	181,4	79,9
Maio	69,9	25,5	30,8	20,1	182,1	21,0
Junho	68,7	24,5	29,9	18,8	176,5	12,2
Julho	66,0	24,1	29,6	18,1	200,1	8,1
Agosto	60,8	24,9	30,9	18,4	244,2	4,0
Setembro	56,8	26,5	32,7	19,8	266,3	4,9
Outubro	54,4	27,9	34,0	21,2	298,7	10,1
Novembro	57,7	28,1	33,9	22,0	263,8	47,2
Dezembro	63,1	27,5	33,2	21,8	235,2	71,6
Anual	64,7	26,3	31,9	20,5	2659,0	557,7

Na Fig. 2.8, observa-se que há anos em que a precipitação total foi acima da média, como em 1985, com valor igual a 1.023,5 mm. Este ano foi marcado por chuvas elevadas durante praticamente todos os meses do ano, e a quadra chuvosa (de janeiro a abril) apresentou um total de 682,7 mm. Ainda nesse ano, os meses de novembro e dezembro foram marcados por totais pluviométricos elevados, com 86,4 mm e 135,4 mm, respectivamente. Na Fig. 2.8, observa-se, também, que há anos em que ocorreram secas intensas, como em 1993, quando o total pluviométrico foi somente de 187,8 mm. Neste ano, foram observadas precipitações em todos os meses; no entanto, esses valores foram muito inferiores às médias mensais, principalmente na quadra chuvosa, que apresentou um

total de apenas 72,7 mm, enquanto que os meses de outubro a dezembro contribuíram com 97,4 mm. Anos com essas características são muito imprevisíveis e ocorrem de maneira relativamente freqüente nos municípios do Semi-Árido brasileiro, onde há muita variabilidade espacial e temporal das chuvas.

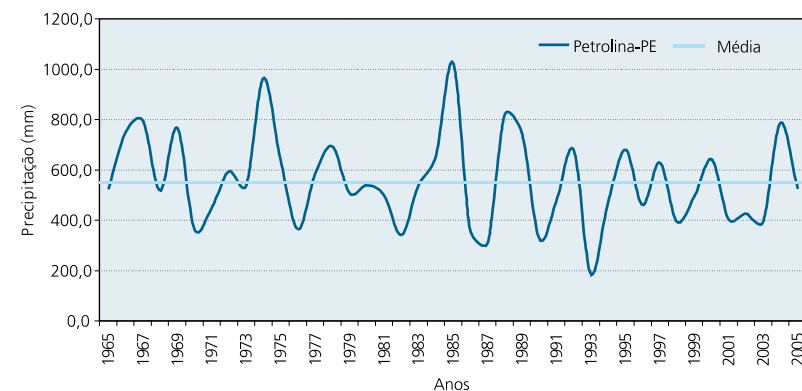


Fig. 2.8. Precipitação total anual observada na Estação Meteorológica de Bebedouro, durante o período de 1965 a 2005, em Petrolina-PE.

Na Tabela 2.2, são apresentados os dados de totais mensais da evaporação medida pelo tanque Classe "A". Na Fig. 2.9, pode-se observar os totais anuais e a média da evaporação, medida pelo tanque Classe "A". As médias da evaporação acompanham a pequena variação anual do regime térmico, que, por sua vez, é dependente do regime de radiação solar global anual, apresentando menores valores entre os meses de fevereiro e julho. Nesse período, a evaporação varia, em média, de 181,1 a 199,3 mm mês⁻¹. Os maiores valores acontecem nos meses de setembro e outubro, com totais iguais a 266,3 e 298,7 mm, respectivamente. O total anual de evaporação é, aproximadamente, igual a 2.659 mm e, como se percebe, as taxas anuais de evaporação são sempre muito elevadas, em geral variando de 2.500 a 3.000 mm, contribuindo para os elevados valores de deficiência hídrica.

Com relação à média mensal da umidade relativa do ar (Tabela 2.2), verifica-se que os meses mais úmidos correspondem àqueles do período chuvoso, variando, em média, de 66% a 71,5%. Os menores valo-

res acontecem nos meses de setembro e outubro, em torno de 55%, que coincidem com os meses mais quentes do ano.

No que refere aos dados de temperatura do ar (Tabela 2.2), verifica-se que os valores médios variam de 24,1°C, em julho, a 28,1 °C em novembro; os valores mínimos também ocorrem nesses meses e são, respectivamente, iguais a 18,0 °C e 22,0 °C. Com relação aos valores médios mensais de temperatura do ar máxima, verifica-se que estes variam de 29,6 °C, no mês de julho, a 34,0 °C no mês de outubro, evidenciando a pequena variabilidade interanual, devido à proximidade da região em relação ao equador terrestre.

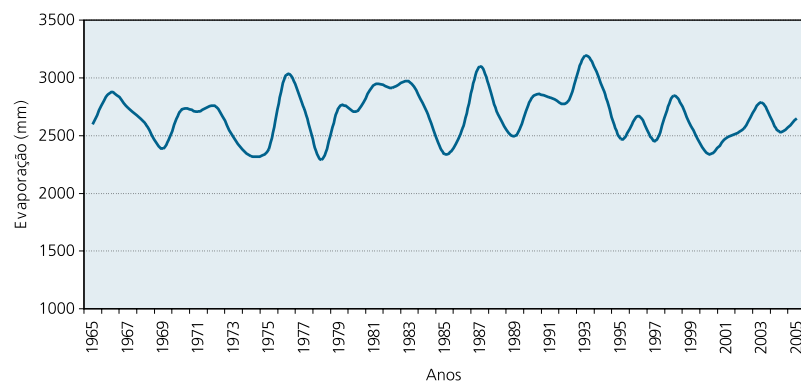


Fig. 2.9. Evaporação total anual observada na Estação Meteorológica de Bebedouro, durante o período de 1965 a 2005, em Petrolina-PE.

A partir dos dados de temperatura do ar média, máxima e mínima durante o período de 1965 a 2005 (Tabela 2.2), percebe-se que há pouca variabilidade média entre os anos, mas pode-se inferir que de 1965 a 1985 a temperatura do ar média foi igual a 26,6°C, enquanto que de 1986 a 2005 esse valor diminuiu para 25,9 °C. Enquanto houve redução nos valores da temperatura do ar média anual, os dados mostram que houve um aumento na temperatura do ar máxima, que foi igual a 31,5 °C para o primeiro período (1965–1985) e aumentou para 32,4 °C no segundo período (1986-2005). Com relação à temperatura do ar mínima, não foi observada variação de valores médios durante o período analisado (1965-2005), no qual a média oscilou sempre em torno de 20°C. (Fig. 2.10).

A partir dos elementos do balanço hídrico para as condições climáticas do município de Petrolina–PE, de acordo com a classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955), foram obtidos os valores do índice de umidade (IU), igual a 0 e índice hídrico (IH), igual a -63,8. Assim, observa-se que houve deficiência hídrica em todos os meses do ano, inclusive no período chuvoso. Mesmo com a precipitação média anual igual a 557,7mm, ocorreu um déficit hídrico alto, em virtude da elevada taxa evapotranspiratória potencial, da ordem de 1.592,45 mm anuais (Tabela 2.3, Fig. 2.12).

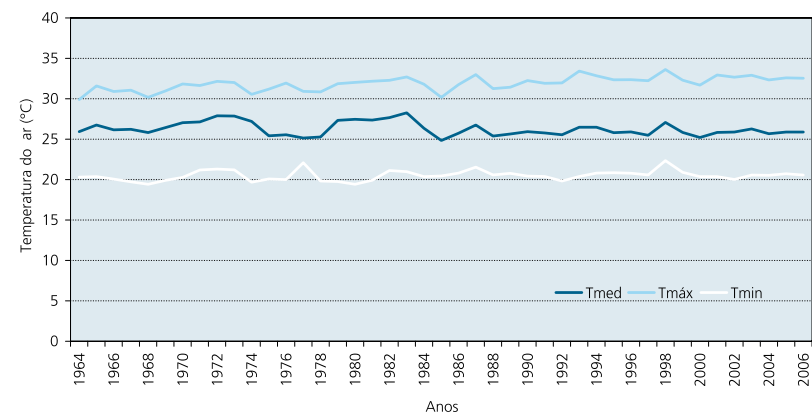


Fig. 2.11. Temperatura do ar média (T Med), máxima (T Max) e mínima (T Min) observadas na Estação Meteorológica de Bebedouro, durante o período de 1965 a 2005, em Petrolina-PE.

Utilizando-se o percentual da evapotranspiração acumulada no verão (ETV), em relação à acumulada durante todo o ano (ETP), a região de Petrolina–PE apresentou, aproximadamente, 25% da ETP anual concentrada nos três meses de verão (janeiro, fevereiro e março). De acordo com a classificação de Thornthwaite e Mather (1955), o clima de Petrolina-PE é do tipo DdA'a', isto é, clima seco com excesso d'água pequeno ou nulo, megatérmico, com evapotranspiração anual de 1.592,45 mm e concentração de evapotranspiração potencial no verão igual a 25%.

De acordo com o sistema de classificação desenvolvido por Köppen, o município de Petrolina-PE está sobre a influência climática BSw'h', caracterizando-se por ser uma região climaticamente semi-árida, com clima seco e muito quente, com máxima precipitação ocorrendo no verão e com período de inverno seco.

Tabela 2.3. Extrato do balanço hídrico mensal segundo Thornthwaite e Mather (1955), para Petrolina-PE, de acordo com os dados climatológicos do período de 1965 – 2005.

Meses	T (°C)	ETP (mm)	P (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	26,9	135,92	87,0	87,0	48,9	0,0
Fev	26,8	126,54	80,4	80,4	46,2	0,0
Mar	26,4	135,84	133,7	133,7	2,2	0,0
Abr	26,2	129,01	79,9	79,9	49,1	0,0
Mai	25,5	123,42	21,0	21,0	102,4	0,0
Jun	24,5	105,67	12,2	12,2	93,4	0,0
Jul	24,1	103,25	8,1	8,1	95,1	0,0
Ago	24,9	114,99	4,0	4,0	110,9	0,0
Set	26,5	137,43	4,9	4,9	132,5	0,0
Out	27,9	166,67	10,1	10,1	156,6	0,0
Nov	28,1	161,76	47,2	47,2	114,6	0,0
Dez	27,5	151,94	71,6	71,6	80,4	0,0
Médias	26,3	132,70	46,7	46,7	86,0	0,0
Soma	315,4	1592,45	560,1	560,1	1032,4	0,0

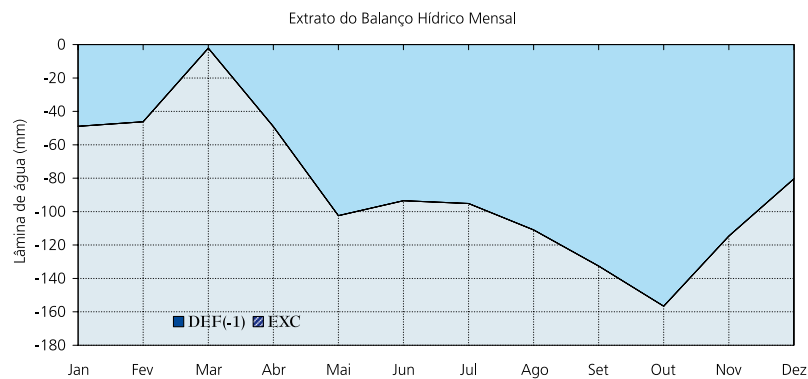


Fig. 2.12. Balanço hídrico para Petrolina-PE segundo Thornthwaite e Mather (1955). Estação Meteorológica de Bebedouro.

Aspectos climáticos da captação de água de chuva no estado de Pernambuco

O Estado de Pernambuco tem 70% do seu território localizado no Semi-Árido nordestino, no “Polígono das Secas”. Como qualquer outra região semi-árida do mundo, o Nordeste brasileiro sempre estará sujeito a secas periódicas. Isto porque uma das características naturais desse tipo de clima é a ocorrência de chuvas irregulares e mal distribuídas geograficamente. Assim, para o sertanejo conviver nessas condições, é necessária a adoção de tecnologias de captação da água de chuva para usá-las tanto nos veranicos que ocorrem no período chuvoso como após esse período. Entre essas tecnologias, está a cisterna, construída pelo Programa Um Milhão de Cisternas – P1MC (Programa..., 2004).

A cisterna construída tem um modelo padrão e acumula 16 mil litros de água, volume este compatível com as precipitações médias de diversas áreas do estado de Pernambuco. No entanto, com a irregularidade e a má distribuição das chuvas no espaço e no tempo, e as ocorrentes secas, há de se preocupar com o tamanho da área que será destinada a captar esse volume de água nos períodos das chuvas. No P1MC, a área de captação normalmente utilizada é o telhado das moradias, que, muitas vezes, não se apresenta suficientemente adequado, tanto em tamanho como em qualidade, para captar a quantidade de água necessária para encher a cisterna e garantir o abastecimento das famílias. Assim, a solução para o abastecimento das cisternas não pode ser homogênea, uma vez que nessa região há mais de 130 microrregiões climáticas, o que significa que as soluções devem ser diferenciadas, de acordo com cada tipo de clima e demanda da família (Rocha, 2005).

Diante do exposto, Galvêncio et al. (2005) desenvolveram estudos para avaliar o comportamento da distribuição da precipitação no estado de Pernambuco, admitindo anos com chuva normal, abaixo e acima da média, bem como analisar a viabilidade de captação de água de chuva. Nesses estudos, os autores utilizaram dados pluviométricos de séries históricas, armazenados em bases georreferenciadas. As informações de precipitação foram obtidas junto à Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (Codevasf), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Agência Nacional de Águas (Ana) e Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande

(DCA/UFCG). As bases georreferenciadas municipal e estadual foram obtidas junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

Segundo os autores, as análises de probabilidade foram realizadas com os totais anuais de precipitação e, destas, foram inferidos os valores esperados de ocorrência de anos úmidos, normais ou secos. Os valores esperados foram estimados utilizando-se a Distribuição Normal de probabilidade, por meio de Quantis. O dimensionamento da área de captação (AC) foi calculado a partir da fórmula (Silva et al., 1989):

$$Ac = \frac{VT}{C \times Pm} \quad (1)$$

em que VT é o volume total de água armazenável na cisterna, igual a 16,0 m³; C é o coeficiente de escoamento superficial, igual a 0,70 para área de telhado, e Pm (mm) é a precipitação média anual.

Os resultados obtidos por Galvêncio et al. (2005) permitiram concluir que em anos com precipitação normal, os municípios localizados no oeste de Pernambuco apresentam chuva variando de 400 a 600 mm, assim como aqueles localizados no “cotovelo do São Francisco”, como Petrolina, Lagoa Grande, Santa Maria da Boa Vista, Cabrobó, dentre outros (Fig. 2.13).

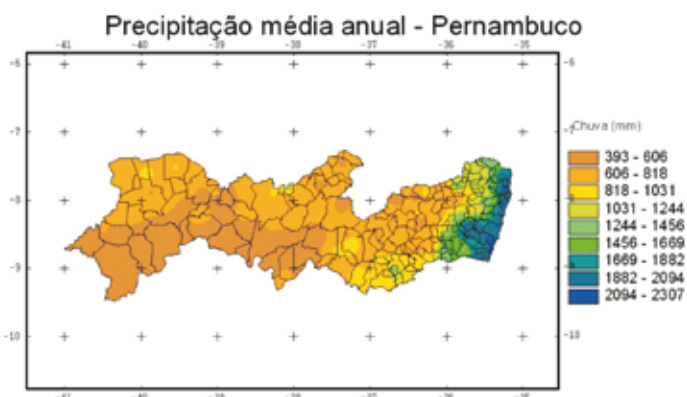


Fig. 2.13. Distribuição espacial da precipitação média anual do estado de Pernambuco (adaptado de Galvêncio et al., 2005).

No Estado de Pernambuco, as áreas de captação das cisternas deverão ser dimensionadas em função da variabilidade do total de precipitação média que ocorre em cada microrregião, como mostrado na Fig. 2.14. A padronização de um mesmo tamanho de área de captação para todo

o estado poderá incorrer em erros e algumas cisternas poderão não encher. Considerar esses parâmetros é de grande importância e permite garantir a disponibilidade de água para as famílias beneficiadas.

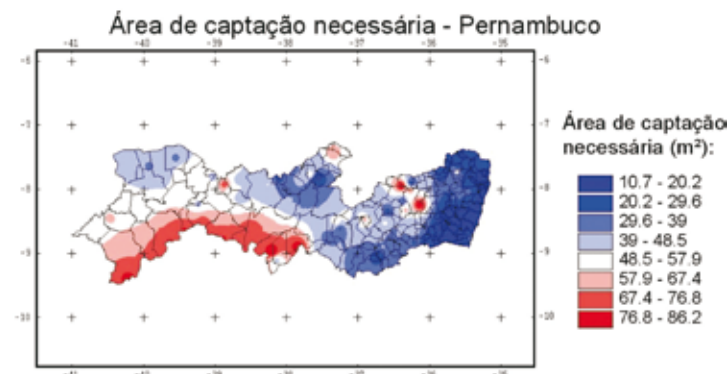


Fig. 2.14. Distribuição espacial das áreas de captação de água de chuva necessárias no estado de Pernambuco (adaptado de Galvêncio et al., 2005).

Na Fig. 2.14, pode-se observar que para o estado de Pernambuco, o tamanho das áreas de captação variou de 10,7 a 86,2 m², dimensionadas em função da precipitação observada em cada microrregião e um volume de armazenamento de 16,0 m³. Considerando esses parâmetros de dimensionamento, pode-se garantir que em 80% dos anos a cisterna encherá, conforme os resultados da frequência de ocorrência de anos secos (Fig. 2.15).

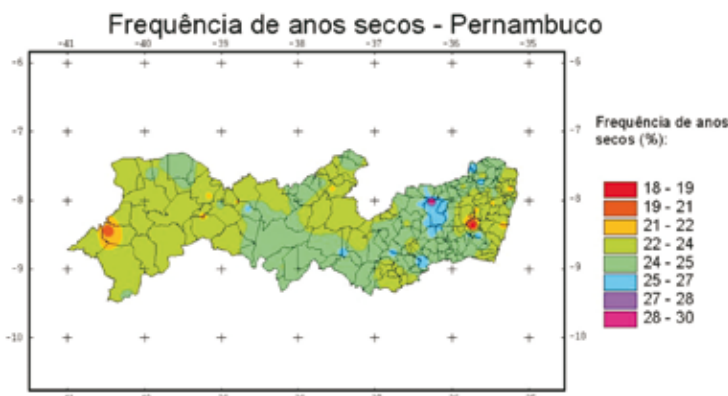


Fig. 2.15. Distribuição espacial da frequência de anos secos no estado de Pernambuco (adaptado de Galvêncio et al., 2005).

Referências Bibliográficas

CAMPOS, J.N.B et al. Sobre a eficiência de pequenos e grandes reservatórios. Disponível em: <http://www.deha.ufc.br/Nilson/trab_pub.html> Acesso em 10 ago. 2002.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. Glossário: Princípios de Meteorologia e Meio Ambiente. Cachoeira Paulista, SP: INPE/CP-TEC. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/glossario/glos_STU.shtml>. Acesso em: 30 jun. 2006.

GALVÍNIO, J. D.; SOUZA, F. A. S.; MOURA, M. S. B. Aspectos climáticos da captação de água de chuva no estado de Pernambuco. Revista de Geografia, Recife, v. 22, n. 2, p.15-35, 2005.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA AGRICULTURA. Projeto Áridas. Disponível em: <<http://www.iica.org.br/2001/projaridas/>> Acesso em 10 ago. 2002.

JACOMINE, P. K. T. Solos sob caatingas – Características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTE, M. P. F. (Ed.). O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa: SBCS/UFV. 1996. p.95-111.

LIMA, M.G.; COSTA FILHO, R.S. Medida de evaporação em tanque classe “A” e em minitanques de diferentes áreas de exposição. In: XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e III Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia., 2001. Anais v.1, p. 238 – 239.

MAGALHÃES, A. R.; GLANTZ, E. M. H. (Ed.). Socioeconomic impacts of climate variations and policy responses in Brazil, Brasília, DF: Fundação Grupo Esquel Brasil, 1992. 156 p.

MENDES, B. V. Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do Semi-Árido. Fortaleza: SEMACE, 1997. 108 p. il.

MOLLE, F. Perdas por evaporação e infiltração em pequenos açudes. Série Brasil. SUDENE.Hidrologia. Recife, série.25, 1989. p. 11 A 70.

NOBRE, P.; MELO, A. B. C. Variabilidade Climática Intrasazonal Sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. Revista Climanálise, 2001. Cachoeira

Paulista, SP. Disponível em: <http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista/pdf/artigo_variabilidade_dez01.pdf>. Acesso em: 20 de junho de 2006.

NORDESTE sertanejo: a região semi-árida mais povoada do mundo. Estudos Avançados, São Paulo, v. 13, n. 35 p.60-68, Mai/Ago. 1999.

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

ROCHA, A. A Saga do São Francisco. Revista Sagarana, Belo Horizonte, n. 22, dez. 2005. Disponível em: <<http://www.sagarana.uai.com.br/rio-sao-francisco.html>>. Acesso em: 20 maio 2006.


SILVA. A. de S.; BRITO, L. T. de L.; ROCHA, H. M. Captação e conservação de água de chuva no semi-árido brasileiro: cisternas rurais II; água para consumo humano. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1988. 80 p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 16).

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

SOUZA, F. Avaliação dos estudos hidroclimatológicos do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Ceará: I – Evapotranspiração. Encontro das Águas. IICA, Fortaleza. 1998. Disponível: <http://www.iica.org.br/aguatrab/Francisco%20de%20Souza/p4tb04.htm>. Acesso em 10 ago. 2002.

THORNTON, C.W., MATHER, J.R. The water balance. Centerton: Laboratory of Climatology, 1955. 104 p. (Publications in Climatology, v. 8, n. 1).

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia, Versão Digital 2, 2006. v. 1. Disponível em http://www.agritempo.gov.br/publish/publicacoes/livros/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf. Acesso em 20 de junho de 2007.



P1+2:
PROGRAMA UMA TERRA
E DUAS ÁGUAS PARA UM
SEMI-ÁRIDO SUSTENTÁVEL

Johann Gnadlinger
Aderaldo de Souza Silva
Luiza Teixeira de Lima Brito

Introdução

O Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2) é um projeto de Convivência com o Semi-Árido, que pretende assegurar à população rural o acesso à terra e à água, tanto para consumo da família e dos animais, como para produção de alimentos, ensinando-se a cuidar da terra de maneira sustentável.

O maior número de estabelecimentos agrícolas familiares do país concentra-se no Semi-Árido brasileiro. A ocorrência de anos sucessivos de seca resulta no agravamento da fragilidade dos sistemas agrícolas familiares, que são abruptamente desestruturados pelo esgotamento das condições biofísicas responsáveis pela manutenção de suas capacidades produtivas. As migrações maciças para outras regiões têm sido a saída para a sobrevivência de grandes contingentes populacionais. Assim, alimentar com dignidade essa população e de outras regiões do país continua sendo um grande desafio para os governantes em diferentes níveis.

A implementação do P1+2 não será possível sem uma nova visão, baseada na Convivência com o Semi-Árido. Pode-se descrever esta visão, adaptando um texto do 2º Fórum Mundial da Água, em Haia, 2000 (Fórum Mundial da Água, 2000): A Visão da Água para Alimentos e Desenvolvimento Rural, que descreve a vida de comunidades rurais para o ano 2025:

No coração da nossa visão de água para produção de alimentos e desenvolvimento rural é um mundo de um povo saudável, com nutrição adequada e meio de vida seguro.

Além do povo, esta visão envolve outros aspectos relacionados com:

- Comunidades rurais vibrantes, incluindo jovens e velhos que vivem em segurança, com oportunidades para educação, serviços sociais, oportunidades de emprego dentro e fora da agricultura, promovendo a segurança alimentar, bom transporte, acesso à

Este capítulo é uma versão atualizada de um artigo publicado no 5º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, realizado em Teresina – PI, em 2005 e encontra-se no portal www.abcmac.org.br/files/simposio/5simo_gnadlinger_programap1mais2.pdf.

comunicação com o mercado e centros administrativos e as economias regional e mundial;

- Um ambiente natural saudável, com água limpa nos rios e nos lençóis freáticos e ecossistemas naturais estáveis e diversificados;
- Oportunidades para criadores de animais, agricultores e outros residentes da área rural do Semi-Árido para participar da melhoria do padrão de vida;
- Agricultura e criação de animais em áreas do sequeiro, de captação e manejo de água de chuva e áreas irrigadas, operando numa base sustentável com acesso igualitário aos recursos naturais como terra e água, usando esses recursos de maneira sustentável, e
- Mulheres, homens e comunidades com controle razoável sobre seus meios de vida e sua base de recursos, apoiados por agências públicas acessíveis.

Para que esta visão possa se tornar realidade, devem reger no desenvolvimento rural três princípios (Fórum Mundial de Água, 2000):

- Acesso à terra e à água: todos têm direitos fundamentais de acesso à terra, à água para beber, para higiene e para a produção de alimentos;
- Sustentabilidade do sistema de produção: uso da terra e da água, de tecnologias e de acesso ao mercado;
- Democracia no processo de implementação e execução do programa: o povo - homens e mulheres - deve ter voz nas decisões que os afetam, incluindo manejo de solo e água.

Quando se adota uma maior eficiência no uso dos recursos naturais para a produção agropecuária e se busca ampliar a disponibilidade de água no Semi-Árido, várias alternativas podem ser implementadas:

- Irrigação: obras hidráulicas, grandes soluções técnicas, transposição do Rio São Francisco, adutoras, grandes açudes, poços, fornecimento centralizado e centralizador de água;
- Expansão da área da agricultura na Caatinga: reforma agrária apropriada, reservas extrativistas, expansão da fronteira agrícola, áreas para criação de animais (fundos de pasto), desapropriação de terras públicas e de latifúndios;
- Aumento da eficiência do uso da água: aumentar a produtivi-

dade da água: criar mais animais e produzir mais frutas e grãos por gota d'água, aumento da eficiência de irrigação, objetivando aumentar a eficiência de 38% para 42% em nível mundial até 2025 (Falkenmark et al., 2002) e usar culturas apropriadas, e;

- Reduzir desperdícios e aumentar as alternativas de uso das águas residuárias.

No contexto dos solos, a partir do Zoneamento Agroecológico do Nordeste (Silva et al., 2000), que apresenta o uso da terra na região observando os aspectos biofísicos, Guimarães e Lopes (2002) chegaram à seguinte conclusão:

- 36% do Semi-Árido brasileiro 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, como, por exemplo, a exploração de umbu, caju, sisal, além de outras culturas com potencial para produção de biodiesel;
- 20% permitem agricultura com uso da água de chuva;
- em torno de 4% são apropriados para a implantação da agricultura irrigada.

O P1+2 apresenta uma proposta para os 40% de terras com uso agropecuário limitado e para os 16% que permitem o uso de alternativas de captação de água de chuva, no contexto do Semi-Árido brasileiro, com cerca de 2 milhões de estabelecimentos agrícolas familiares, que correspondem a 42% do total de unidades agrícolas do país (IBGE, 1996). No entanto, ocupam tão somente 4,2% do total da área agrícola. Cerca de 90% possuem menos de 100 hectares e 65% têm menos de 10 hectares.

O sertanejo já tomou consciência que “o problema do Nordeste não é a seca, mas a cerca”.

Segundo Guimarães e Lopes (2002), para uma família viver bem no Semi-Árido brasileiro, precisa dispor, conforme as condições locais, de, pelo menos, 300 hectares na Depressão Sertaneja, que abrange 368.000 km², para uma exploração minimamente rentável e não danosa ao ambiente. Portanto, antes da falta de água, é a falta de terra a causa da baixa inclusão social da maior parte da população desta parte do Nordeste brasileiro. Sem terra suficiente, parte das famílias fica no

círculo vicioso de fome, sede, degradação ambiental, abandono da terra e migração para os centros urbanos. Por outro lado, Porto et al. (2005) concluíram que o tamanho mínimo da propriedade no Semi-Árido brasileiro deve ser de 100 hectares 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. O P1+2 visa uma expansão da área de agricultura, a partir de uma reforma agrária apropriada, e o aumento da eficiência do uso da terra e da água utilizando os princípios da agroecologia.

As tecnologias de captação e manejo de água de chuva possibilitam utilizar parte desta água não aproveitada, que retornaria à atmosfera por evapotranspiração, percolaria para as camadas mais profundas do solo ou escorreria superficialmente para os rios. Além de fornecer água de beber para as famílias na época seca, as tecnologias de captação e manejo de água de chuva são indispensáveis no Semi-Árido por fornecer água para as plantas, seja como “água verde” ou “água azul” e para os animais. Falkenmark (2004) utiliza essa nova terminologia e define esses tipos de águas como:

- **Água verde** é a água presente no perfil do solo que é utilizada pelas plantas e devolvida à atmosfera pela evapotranspiração; quer dizer, a água verde é o suplemento de água para toda a vegetação não irrigada. Água verde pode ser produtiva quando contribui para a produção vegetal - se é transpirada através de grãos, árvores ou vegetação natural, ou não-produtiva - quando é evaporada diretamente do solo ou de uma superfície de água livre.
- **Água azul** é a água que usamos das aguadas, dos rios e do subsolo. Esta representa a água que pode ser retirada para irrigação. Em áreas sem “água verde” (umidade) no solo, suficiente para poder plantar e produzir, as plantas podem ser irrigadas com a “água azul”.

A distinção entre “água verde” e “água azul” auxilia no entendimento da relação entre precipitação, solo, produtividade do solo e disponibilidade da água para outros usos.

A captação e o manejo de água de chuva têm influência direta sobre a “água verde” e a “água azul”, ou seja, aumentam a fração de água

verde produtiva por meio de um manejo do solo adequado, ou o cuidado com a terra, diminuem a quantidade de água verde improdutivo e captam a água azul, que é disponibilizada para as plantas como irrigação de salvação, captação in situ e para os animais. Assim, a captação e o manejo de água de chuva combinam diferentes técnicas de manejo de “água verde” e de “água azul”:

- melhoram a eficiência do uso da água verde, convertendo perdas não-produtivas de água verde em fluxo produtivo de água verde por meio de cobertura seca, uso de esterco, plantio direto, aumento de infiltração de água de chuva no perfil do solo, plantio em curva de nível, captação de água de chuva in situ, etc.;
- fornecem água azul, mesmo na estação chuvosa, para superar os períodos de veranicos ocorrentes, cuja água é captada e armazenada em reservatórios como tanques, açudes e pequenas barragens e é manejada pelos próprios lavradores.

Descrição do P1+2

O P1+2 - Programa uma Terra e duas Águas é um programa de formação e mobilização social para convivência com o Semi-Árido brasileiro, à semelhança do P1MC – Programa Um Milhão de Cisternas. Como objetivo estratégico, o P1+2 visa garantir acesso e manejo sustentável da terra e da água, promovendo a segurança alimentar (produção animal e vegetal) por meio da construção de processos participativos da população rural.

O “1” significa a luta pela terra.

O acesso à terra - não há como conceber uma proposta sustentável para o Semi-Árido brasileiro sem considerar, por não dizer, sem resolver o problema fundamental da concentração da terra. Quem tem a terra, tem a água; quem tem terra e água, tem o poder econômico e político. Uma reforma agrária adaptada às condições sócio-ambientais do Semi-Árido torna-se medida imperiosa e decisiva, sem a qual fracassará toda e qualquer tentativa de desenvolvimento sustentável para a região.

É importante ressaltar que a propriedade da terra democratizada só não

basta. Esta decisão tem de ser acompanhada por alternativas tecnológicas que propiciem a convivência com o ambiente do Semi-Árido, para que o homem e sua família permaneçam na terra conquistada.

A convivência com este meio tão diferenciado exige diversificação também nas soluções e nas práticas e não comporta o confronto “combate à seca”, a introdução de espécies exóticas e práticas agressivas aos seus vários ecossistemas. Já existe um grande acervo de tecnologias e conhecimentos apropriados de uso e manejo dos recursos naturais disponíveis nesta região, de eficiência comprovada por inúmeras entidades civis e governamentais.

Tem sido crescente a incorporação à agricultura familiar e camponesa no Semi-Árido brasileiro de práticas como manejo de caatinga, criação racional de caprinos e ovinos, fenação e silagem, lavouras apropriadas às condições de agricultura dependente de chuva, consórcio e rotação de culturas, irrigação in situ, quintais produtivos, terreiros de raspa de mandioca e uma infinidade de outras práticas agroecológicas.

A maioria dos produtores rurais do semi-árido brasileiro, que praticam a agropecuária dependente de chuva, explora um conjunto de atividades com o objetivo de subsistência e de superar as adversidades do ambiente. A integração dessas atividades forma o sistema de produção, que é constituído não apenas por exploração agrícola e pecuária, mas, também, pelo uso da vegetação nativa, processamento de alimentos, artesanatos e aluguel de mão-de-obra e de animais de trabalho (Porto et al., 2005).

O “2” são dois tipos de água, sendo uma para o consumo humano e a outra para a produção de alimentos.

A convivência é com o Semi-Árido, não só com a seca, como definido em Brasil (2005), considerando os seguintes critérios:

- Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros;
- Índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990, e;
- Risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990.

Logo, pode-se observar que ele não é só seco, é a porção semi-árida mais chuvosa do planeta. Especialistas em diversas áreas do conhecimento concluíram que para resolver o problema hídrico do Semi-Árido brasileiro, a água de chuva deve ser considerada tão ou mais importante que as outras fontes de água disponíveis – superficial e subterrânea. Todas estas fontes são importantes para as quatro linhas de luta pelo acesso e uso das águas (Gnadlinger, 2003):

- Fornecer água potável para cada família (cisternas, poços rasos ou outros): “Nenhuma família sem água de boa qualidade”, segundo o lema do P1MC;
- Providenciar água para a comunidade para uso doméstico, banho, lavar louça e roupas e para os animais, fornecida por meio de tanques, cacimbas, poços rasos, etc., é necessário que a comunidade se organize para planejar, construir e manter estas fontes de água;
- Água para a agricultura suprida por meio de barragens subterrâneas, irrigação de salvação (armazenada em cisterna ou barreiro), captação em estradas para irrigação de árvores frutíferas, aração em curva de nível: uso de sulcador simples para revolver a terra o mínimo possível, usar os sulcos para armazenar água de chuva in situ; uso de esterco e cobertura seca para reter a umidade do solo para as plantas; cultivo de variedades adaptadas às condições climáticas (sorgo, guandu, feijão da Índia, gergelim, etc.);
- Água de emergência para os anos de seca, fornecida por poços profundos e pequenas barragens estrategicamente distribuídas. Este ponto é uma solução transitória, enquanto os três pontos anteriores não forem completamente alcançados.

Com o P1MC, a água para o consumo humano já está sendo estabelecida com eficiência comprovada. Até junho de 2007, mais de 200.000 cisternas foram construídas no Semi-Árido, de maneira descentralizada, sendo financiadas pelo governo e pelo setor privado. O desafio maior agora está na implementação da segunda água “2”, que tem por objetivo fornecer água para os animais e/ou para produzir alimentos de maneira sustentável.

A concepção do P1+2 envolve a formação e mobilização das famílias camponesas em todas as fases de implantação. Acredita-se que só é verdadeiro e duradouro o desenvolvimento em que a população seja o principal “ator”

do processo. Neste contexto, o P1+2 tem uma fase inicial demonstrativa, em que contempla a diversidade de situações vividas pela população, envolvendo e colocando em interação as experiências de acesso e manejo sustentáveis da terra e das águas disponíveis e conquistadas. Cada família e suas comunidades estarão engajadas em processos de acesso e manejo de “uma terra e duas águas”, como eixo da mobilização para o desenvolvimento. Os resultados desta fase inicial, que consiste na sistematização das experiências, intercâmbios, implementação e avaliação das experiências bem sucedidas, servirão de base para implantar o P1+2 em todo o Semi-Árido.

O marco referencial do P1+2 é o “Programa 1-2-1” desenvolvido a partir dos anos 90 do século XX, na China. O Semi-Árido chinês, especificamente o Estado de Gansu, além das chuvas irregulares e evaporação alta, tem a água subterrânea contaminada. A única fonte de água possível está na captação e manejo da água de chuva. Com base nas experiências milenares do povo chinês, o governo local e a sociedade científica desenvolveram um programa cujo nome em português seria “providenciando água para uso humano e para animais, desenvolvendo a economia agrícola e melhorando o meio ambiente por meio do uso de água de chuva”, denominado “P1-2-1”. A bem sucedida experiência do P1-2-1 foi apresentada no Brasil, especificamente em Petrolina-PE, durante o 2º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, ocorrido em julho 1999 (Qiang e Li, 1999; Gnadlinger, 2001).

Por meio deste programa, o governo chinês auxilia cada família para que tenha “uma área de terra, duas cisternas e uma área de captação de água de chuva”. Até o final de 2003, foram construídas 2,5 milhões de cisternas, 1,1 milhão de famílias conseguiram água de beber e uma área de 305 mil hectares foi beneficiada com cultivos alimentares e comercializáveis (Qiang e Li, 1999; Gnadlinger, 2001).

Tal como no Semi-Árido brasileiro, na China também foi a água de uso doméstico o ponto de partida para a água de uso agrícola. Alcançou-se a soberania alimentar, passando de uma agricultura anual de grãos para uma agricultura de hortaliças e frutas, de alto valor comercial, potencializando a criação de pequenos animais (especialmente ovinos), além de assegurar água para o meio ambiente. A água acumulada possibilita um uso mínimo para irrigar somente as raízes e em épocas quando as plantas mais precisam.

No Brasil, embora o P1+2 tenha como referência a experiência chinesa, o programa conta com o acervo tecnológico e de conhecimentos desenvolvidos pela Embrapa Semi-Árido, bem como com as experiências das diversas comunidades sertanejas na luta terra-água por uma convivência sustentável, que se constituem na base do desenvolvimento do Semi-Árido brasileiro. Neste ambiente, surgiu a idéia de elaborar o P1+2 como conclusão do “Seminário sobre Uso de Água de Chuva para a Agricultura”, realizado em Juazeiro-BA, de 22 a 23 de março de 2004, com participação de diferentes entidades (ABCMAC, 2004). Atualmente, as primeiras unidades-piloto já estão sendo testadas no âmbito dos pequenos produtores em vários estados do Nordeste, financiadas por instituições governamentais.

Descrição das tecnologias de captação de água de chuva

No Semi-Árido brasileiro, existem várias experiências de tecnologias bem sucedidas de acesso e manejo da terra e água para criação de animais e produção de alimentos, as quais podem ser multiplicadas para diferentes situações agroecológicas da região, como:

1. Cisterna - é uma tecnologia milenar que busca resolver um dos principais problemas para as famílias do Semi-Árido: a escassez de água para consumo humano e doméstico, em especial no período de estiagem. A falta de abastecimento adequado de água no Semi-Árido leva as famílias a percorrerem grandes distâncias, em busca de água, geralmente imprópria, para o consumo humano e de pequenos animais.

Estudos realizados por Silva et al. (1988) relatam que uma cisterna com capacidade de armazenamento de água de 16,0 m³, ou seja, 16,0 mil litros, é suficiente para atender as necessidades básicas (beber, cozinhar e higiene mínima, como lavar o rosto) de uma família com até 5 pessoas durante 8 meses, que corresponde a 240 dias sem chuvas. Com a concepção do P1+2, com esse volume de 16 mil litros, também é possível manter pequenas áreas, como um “quintal produtivo” com 20 ou 30 m², cultivado com hortaliças, regar mudas de fruteiras ou ter água para pequenos animais (Figs. 3.1 e 3.2).



Fig. 3.1. Cisterna para captar água de chuva para consumo humano, animal (Foto: Aderaldo de S. Silva, 2006).



Fig. 3.2. Água de chuva armazenada em cisterna para irrigação de hortas e pomares domésticos. (Foto: Nilton de B. Cavalcanti, 2007).

2. Poço ou Cacimba - as águas subterrâneas constituem-se em uma alternativa de uso pelas famílias para ao atendimento de suas necessidades hídricas no período seco, e, principalmente para o consumo dos animais.

A desvantagem desta fonte é que, normalmente, a qualidade não é adequada a todos os usos, apresentando, na maioria das vezes, elevada salinidade (Fig. 3.3).



Fig. 3.3. Águas subterrâneas para diferentes usos pelas famílias rurais. (Foto: Luiza T. de L. Brito, 2002)

3. Barragem subterrânea - aproveita as águas das enxurradas e de pequenos riachos disponíveis na região, armazenando-a no solo. A umidade do solo adquirida no período chuvoso permanece por um tempo maior no solo, onde podem ser plantadas fruteiras, hortaliças e culturas anuais.



Em condições apropriadas, na área da barragem subterrânea pode ser aberto um poço raso, cuja água pode ser utilizada para fins diversos (Fig. 3.4).

Fig. 3.4. Poço amazonas em uma barragem subterrânea. (Foto: Carlos A. da Silva, 1998)

4. Barreiro Trincheira ou barreiro para uso na irrigação de salvação - desenvolvido para armazenar água para os animais e para irrigação de salvação, complementando as necessidades de água de cultivos anuais. Na irrigação de salvação, a água deve ser aplicada no período chuvoso, nos veranicos que normalmente ocorrem no Semi-Árido brasileiro, isto é, ocorre uma chuva de 30 ou 40 mm, o produtor planta e só vai ocorrer outra chuva 30 ou 40 dias após, causando estresse hídrico na planta, muitas vezes, reduzindo drasticamente sua produtividade.



Assim, deve-se aplicar uma lâmina de água mínima, na expectativa de que, pelo menos no dia seguinte, ocorrerá uma chuva. Se isto não acontecer, mais uma vez, aplica-se outra pequena lâmina de água às culturas (Fig. 3.5).

Fig. 3.5. Barreiro para irrigação de salvação. (Foto: Arquivo Embrapa Semi-Árido).

5. Pequeno açude - no Semi-Árido brasileiro, os açudes/barragens têm diversas finalidades, ou seja, atendem ao consumo humano, animal, lazer, irrigação de culturas anuais e perenes, entre outros. Pode-se plantar nas margens, explorando-se a vazante, ou abaixo do açude, com irrigação convencional ou de salvação (Fig. 3.6).



Fig. 3.6. Pequeno açude ou Barragem para armazenamento de água visando fins diversos. (Foto: Arquivo Embrapa Semi-Árido).

6. Caldeirão (tanque de pedra ou caixio) - é uma caverna natural, às vezes escavada em lajedos para aumentar a capacidade de armazenamento. Constitui um excelente reservatório para armazenar água das chuvas para uso humano, animal e agrícola.

7. Mandala - também conhecida por “sapo” é uma tecnologia da permacultura adaptada para o Semi-Árido brasileiro que tem por objetivo racionalizar e otimizar o uso da água de um pequeno reservatório cônico para irrigação por gotejamento de hortifruticulturas em seu entorno (Figura 3.7), consorciadas entre si e com criatórios de peixes e aves.



Fig. 3.7. Sistema mandala na propriedade experimental do IRPAA. (Foto: Luiza T. de L. Brito, 2006).

O P1+2 é um programa que contempla tecnologias sociais. Tecnologias sociais são, ao mesmo tempo, agrícolas, ecológicas, econômicas e solidárias, que promovem a segurança alimentar, porém, justamente por serem multissetoriais, precisam de um amplo leque de articulação entre as organizações da sociedade e várias áreas governamentais para garantir a plena realização de todas as suas dimensões (Lassance et al., 2004). Tal como o P1MC, o P1+2 é uma proposta da sociedade civil organizada dirigida ao Estado, com seus diferentes setores envolvidos, para financiamento público e execução em parceria.

No P1+2, a questão fundamental é a distribuição da terra, uma reforma agrária apropriada, com uso sustentável da terra e da água e envolvendo a própria população na construção e execução do programa. O Programa Um Milhão de Cisternas – P1MC foi o ponto de partida para o desenvolvimento sustentável da região, porém, outros aspectos igualmente importantes devem ser considerados, como a produção agropecuária, a saúde, a educação, a infra-estrutura, a organização política, a proteção ambiental, etc. O P1+2 é um programa que “nasce de dentro do Semi-Árido” (Celso Furtado), pensado como um aprofundamento e uma continuidade lógica do P1MC e mais um passo em direção à Convivência com o Semi-Árido. Sugere-se que o governo brasileiro inclua de forma permanente este programa nos projetos de desenvolvimento social.

Referências Bibliográficas

ABCMAC. Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva. Seminário sobre uso da água de chuva para a agricultura. Juazeiro, BA. 2004. Disponível em: <http://www.abcmac.org.br> Acesso em 25 março 2005.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Ciência e Tecnologia. Portaria Interministerial No.1, de 09 de março de 2005. Diário Oficial, Brasília, 11 de março de 2005. p. 35.

FALKENMARK, M.; ROCKSTRÖM, J.; SAVENIJE, H. G., Feeding Eight Billion People, Time to Get Out of Past Misconceptions. Stockholm: SIWI, 2002.

FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 2., 2000, Haia, Holanda. A Vision of Water for Food and Rural Development, Haia, Holanda, 2000.

GNADLINGER, J. Captação e manejo de água de chuva e desenvolvimento sustentável do semi-árido brasileiro – uma visão integrada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 4., 2003, Juazeiro, BA. Anais... Juazeiro, BA: ABCMAC; Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2003. 1 CD-ROM.

GNADLINGER, J. Captação de água de chuva para uso doméstico e produção de alimentos: a experiência do estado de Gansu no norte da China, In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 3., 2001, Campina Grande, PB. Anais... Campina Grande, PB: ABCMAC: Embrapa Semi-Árido, 2001.

GUIMARÃES FILHO, C.; LOPES, P. R. C.: Elementos a serem considerados na formulação de um Programa de convivência com a seca para o semi-árido brasileiro. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido 2002.

IBGE. Censo Agropecuário: 1995 – 1996. Disponível em: www.ibge.gov.br/home/estatística/economia/agropecuária/censoagro/brasil/ Acesso em: 17 abr 2005.

LASSANCE J.; ANTÔNIO E.; PEDREIRA, J. S. Tecnologias Sociais e Políticas Públicas. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, 2004.

PORTO, E. R., BRITO, L. T. de L; SILVA, A. de S. Influência do Tamanho da Propriedade para a Convivência com o Semi-Árido. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 5., 2005, Teresina, PI. Anais... Teresina, PI: ABCMAC: Embrapa Semi-Árido, 2005. 1 CD-ROM.

QIANG, Z.; LI, Y. Rainwater harvesting in the Loess plateau of Gansu, China and its significance. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 9., 1999, Petrolina, PE. Anais... Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido; Singapura: IRCSA, 1999. 1 CD-ROM.

SILVA: A. de S.; BRITO, L. T. de L.; ROCHA, H. M. Captação e conservação de água de chuva no semi-árido brasileiro: cisternas rurais II; água para consumo humano. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1988. (Embrapa Semi-Árido. Circular técnica, 16).

SILVA, F.B.R. e; SANTOS, J.C.P. dos; SOUZA NETO, N.C. de; SILVA, A.B. da; RICHE, G.R.; TONNEAU, J.P.; CORREIA, R.C.; BRITO, L.T. de L.; SILVA, F.H.B.B. da; SOUZA, L. de G.M.C.; SILVA, C.P. da; LEITE, A.P.; OLIVEIRA NETO, M.B. de. Zoneamento agroecológico do Nordeste do Brasil: diagnóstico e prognóstico. Recife: Embrapa Solos - Escritório Regional de Pesquisa e Desenvolvimento Nordeste-ERP/NE/ Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2000. (Embrapa Solos. Documentos; 14), CD-ROM.

CISTERNAS DOMICILIARES: ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Luiza Teixeira de Lima Brito

Aderaldo de Souza Silva

Everaldo Rocha Porto

Miriam Cleide Cavalcante de Amorim

Wêydjane de Moura Leite

4

Introdução

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

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



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

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



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



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

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

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

Descrição da Tecnologia

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

Elementos essenciais ao sistema de captação de água de chuva:

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

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

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

Parâmetros de dimensionamento

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

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

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

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

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

em que:

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

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

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

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

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

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

Área de Captação (A_C)

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

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

em que:

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

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

C = coeficiente de escoamento superficial.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Valores de referência de qualidade da água

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

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

Formas de tratamento da água de beber

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

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

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

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

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

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



Dispositivo para desvios das 1^{as.} águas de chuva

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Doenças relacionadas à água contaminada

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

Valores de Referência de Qualidade da Água

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

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

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

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

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

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

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

Estudo de Caso

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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



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



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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Referências Bibliográficas

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

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

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

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

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

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

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

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


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

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

SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L.; ROCHA, H. M. Captação e conservação de água de chuva no semi-árido brasileiro: cisternas rurais II: água para consumo humano. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1988. 80 p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular técnica, 16).

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

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



CISTERNA RURAL: ÁGUA PARA O CONSUMO ANIMAL

Luiza Teixeira de Lima Brito
Everaldo Rocha Porto
Aderaldo de Souza Silva
Nilton de Brito Cavalcanti

5

Introdução

No Semi-Árido brasileiro, dada a irregularidade espacial e temporal das chuvas, durante vários meses do ano, o gado, em geral, consome água com qualidade inferior quando comparada à água de consumo humano e vegetal, principalmente nas comunidades rurais com recursos hídricos escassos. Isto ocorre em virtude de, no período das chuvas, as águas das fontes hídricas se apresentarem turvas, em consequência da presença de material em suspensão, como as argilas, areias, resíduos orgânicos e minerais, entre outros, trazidos pelo escoamento das águas.

No período sem chuvas, a qualidade das águas é afetada pelas elevadas taxas evapotranspirométricas, em torno de 2.500 mm anuais (Embrapa Semi-Árido, 2005), que contribuem para a redução do volume de água disponível e para a concentração de solutos, principalmente sais, tornando a água de baixa qualidade (Figs. 5.1 e 5.2).



Fig. 5.1 Água de beber para os animais e uso de outras atividades nas comunidades rurais. (Foto: Luiza T. de L. Brito, 2002).



Fig. 5.2. Água de beber para os animais e uso de outras atividades nas comunidades rurais. (Foto: Nilton de B. Cavalcanti, 2005).

Do ponto de vista da qualidade das águas, a salinidade é a variável de maior importância no período sem chuvas. Águas com altos teores de sais, assim como aquelas que contêm elementos contaminantes e argila em suspensão, representam um perigo para os animais, podendo afetar a qualidade da carne e do leite produzidos, a ponto de torná-los inadequados ao consumo, como, também, provocar distúrbios fisiológicos e morte, com conseqüentes perdas econômicas (Ayers e Westcot, 1991; Colacelli, 1997).

Segundo estes autores, entre os elementos químicos normalmente presentes nas águas naturais, que podem causar distúrbios semelhantes, o principal é o magnésio (Mg), sobretudo, quando a salinidade da água de beber excede $6,6 \text{ dS m}^{-1}$, que corresponde a 4.000 mg L^{-1} , aproximadamente, de sais, para o gado bovino e $10,0 \text{ dS m}^{-1}$ (6.000 mg L^{-1}) para ovinos. As Tabelas 5.1 e 5.2 contêm, respectivamente, os níveis de tolerância à salinidade e ao magnésio (Mg) para algumas espécies de animais.

Tabela 5.1. Níveis de tolerância da salinidade da água de beber para gados e aves.
Fonte: National Academy of Science (1974), citado por Ayers e Westcot (1991).

Salinidade (dS/m)	Classe	Observação
< 1,5	Excelente	Adequada para todas as classes de gado e aves confinadas
1,5 – 5,0	Muito satisfatória	Adequada para todas as classes de gado e aves confinadas. Pode provocar diarreia temporária em gado não acostumado e excrementos aquosos nas aves.
5,0 – 8,0	Satisfatória para gado	Pode produzir diarreia temporária ou não ter aceitabilidade por animais não acostumados a ela.
	Não apta para aves	Freqüentemente, provoca excrementos aquosos, aumento da mortalidade e redução de crescimento, especialmente em perus.
8,0 – 11,0	Uso limitado para gado	Adequada, com razoável segurança, para bovinos de leite, de corte, ovinos, suínos e eqüinos. Evitar para fêmeas prenhes e em lactação.
	Não apta para aves	Não adequadas para aves domésticas.
11,0 – 16,0	Uso limitado	Não adequada para aves e, provavelmente, para suínos. Grande risco para vacas em lactação ou prenhes, ovinos e eqüinos. Evitar seu uso, embora os ruminantes, cavalos, suínos e aves mais velhas possam subsistir em certas condições.
> 16,0	Não recomendável	Riscos graves

Para melhorar a qualidade e garantir a disponibilidade de água para o consumo dos animais no Semi-Árido brasileiro, várias tecnologias são citadas na literatura, porém, nem sempre essas alternativas são apropriadas ao sistema de produção utilizado pela maioria dos pequenos pecuaristas da região, principalmente os caprinocultores, por apresentarem custos elevados.

Tabela 5.2. Níveis de tolerância gado e aves a magnésio (Mg) nas águas¹.

Gados e aves	Concentração de Magnésio (Mg)	
	(mg/L)	(meq/L)
Aves confinadas ²	< 250	< 21
Suínos ²	< 250	< 21
Eqüinos	250	21
Vacas lactantes	250	21
Ovelhas e cordeiros	250	21
Bovinos de corte	400	33
Ovinos adultos alimentados com feno	500	41

¹Fonte: Australian Water Resources Council (1969) citado por Ayers e Westcot (1991).

²A tolerância das aves e suínos ao Mg é desconhecida, porém se estima em valores inferiores a 250 mg L^{-1} .

Na ausência de fontes de água em quantidade e de boa qualidade para os animais, Ayers e Westcot (1991) fazem recomendações, porém, nem sempre é possível seguir algumas, já que o fator “disponibilidade de água” é o mais crítico no Semi-Árido brasileiro. Entre estas recomendações, podem ser citadas:

- Lavar os bebedouros dos animais com freqüência, para evitar maior concentração de sais pelo processo da evaporação;
- Reduzir perdas por evaporação nos reservatórios;
- Diluir as águas de qualidade inferior;
- Captar mais água de chuva para permitir a diluição das águas.

O processo de diluição de águas consiste em se misturar águas de qualidades diferentes, visando aumentar o volume final de água disponível para os animais ou outros usos, com melhor qualidade. Para isso, se pode, com muita facilidade, utilizar a teoria do “Quadrado de Pearson”. A teoria de Pearson pode ser aplicada a qualquer situação em que haja necessidade de diluição de água para fins diversos. Para utilizar o método

do Quadrado de Pearson, deve-se proceder de forma que as concentrações de sais, representadas pela salinidade (dS m^{-1}) das águas, das fontes hídricas 1 e 2 disponíveis, fiquem dispostas à esquerda do quadrado e, no centro, a salinidade final desejada. Logo, no sentido das diagonais, diminuem-se os valores da salinidade, obtendo-se, na horizontal, as proporções das águas das fontes 1 e 2 que devem ser misturadas.

Assim, se o produtor dispõe de duas fontes de água em sua propriedade com as seguintes características quanto à salinidade da água (CE): fonte 1 – poço tubular $\text{CE}_1 = 8,0 \text{ dS m}^{-1}$ e fonte 2 – barragem: $\text{CE}_2 = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$ e deseja uma água com salinidade final de $\text{CE}_f = 4,0 \text{ dS m}^{-1}$, ele deve misturar essas águas na proporção de 2:4, ou seja, 2 partes da água da fonte 1 (poço tubular) com 4 partes da água da fonte 2 (barragem), obtendo-se uma água com salinidade 50% inferior a salinidade inicial, resultando em uma água de melhor qualidade.

Exemplo:

salinidade fonte 1	8,0	2,0	proporção da água: fonte 1
		4,0	salinidade desejada
salinidade fonte 2	2,0	4,0	proporção da água: fonte 2

Descrição da Tecnologia

No Campo Experimental da Caatinga, pertencente à Embrapa Semi-Árido, em Petrolina-PE, foi construído um sistema de captação e armazenamento de água de chuva com a finalidade de fornecer água para um rebanho de caprinos utilizado em pesquisas da área de produção animal, no sistema de rotação CBL (Caatinga+Búfel+Leucena) (Fig. 5.3). Na Fig. 5.4 é apresentada a planta baixa e fotos do sistema contendo a área de captação, o sistema de filtragem, a cisterna e o bebedouro dos animais.



Fig. 5.3. Caprinos bebendo água na área de produção do sistema CBL (Caatinga+Búfel+Leucena). (Foto: Nilton de B. Cavalcanti, 2005)

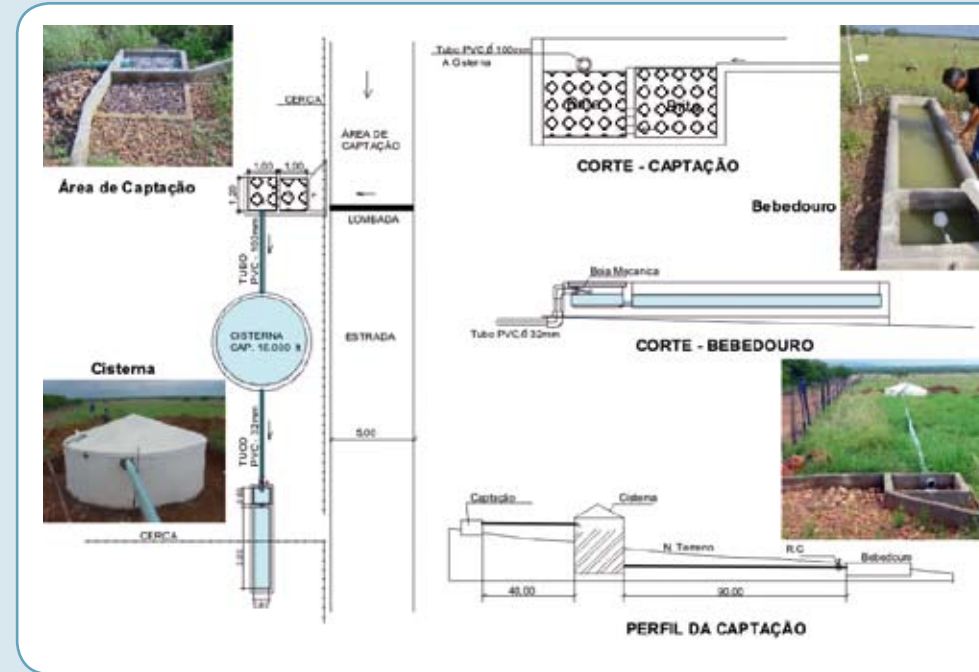


Fig. 5.4. Planta baixa do sistema contendo a área de captação, o sistema de filtragem, a cisterna e o bebedouro dos animais.



Como área de captação (A_c), foi utilizada uma estrada de cascalho com 80 m de comprimento por 5 m de largura, correspondendo a uma $A_c = 400 \text{ m}^2$. A declividade da área de captação é da ordem de 0,8%, permitindo o escoamento da água por gravidade (Fig. 5.5).

Fig. 5.5. Área de captação na estrada de cascalho, para captar água de chuva. (Foto: Luiza T. de L. Brito, 2005)

Para retenção de um maior fluxo de água durante as chuvas, foi construído um dique no sentido transversal à estrada, com 0,5 m de altura e 1,0 m de largura, direcionando a água para o sistema de filtragem (Fig. 5.6).



O filtro (S_f) é formado por dois tanques construídos em alvenaria, medindo 1,0m x 1,0m x 1,0m, contendo material filtrante constituído por pedras de tamanhos médio e pequeno para reter o material grosseiro arrastado com as águas de chuva escoada.

Fig. 5.6. Filtros com camadas de pedras.
(Foto: Luiza T. de L. Brito, 2005)

Os tanques construídos em alvenaria, na base dos filtros (Fig. 5.6), são conectados permitindo que a água passe pelos dois filtros, sendo, no primeiro filtro, no sentido de cima para baixo e, no segundo, de baixo para cima, como apresentado na Fig. 5.4 (corte captação).

O Tanque de armazenamento (TA) é uma cisterna construída de placas premoldadas, com capacidade de armazenamento para 16,0 m³ de água, conforme modelo e materiais discriminados em Diaconia (2003), vastamente utilizado pelo Programa Um Milhão de Cisternas (ASA-Brasil, 2005) (Fig. 5.7).



Fig. 5.7. Cisterna construída de placas pré-moldadas. (Foto: Magna S. B. de Moura, 2005)

O tanque tem capacidade de armazenamento de água de 16,0 m³, volume suficiente para atender um rebanho constituído de 20 cabeças de caprinos, por um período de 240 dias, considerando um consumo médio de 4,5 litros de água por cabeça (Tabela 5.3). Esta Tabela contém a necessidade de água em função do número de animais, do consumo de água e do período seco, correspondendo a 180 e 240 dias, com respectivas áreas de captação necessárias a esse volume, dimensionada considerando a precipitação média (P_M) de 400 mm anuais e um coeficiente de escoamento superficial (e) de 0,6, conforme Vilela e Matos (1975) para áreas pavimentadas.

Tabela 5.3. Volume de água: VA (m³) e área de captação: AC (m²) em função do número de animais (n) e do consumo (c), período seco (dias), precipitação média (PM) de 400 mm anuais e um coeficiente de escoamento superficial (e) de 0,6.

Nº Animais (n)	Consumo (c) (L/dia)	Quantidade Água (L/dia)	P _s (dias)	V _A = n x c x p		A _c = $\frac{V_a}{P \times e}$ (m ²)
				(L)	(m ³)	
1	4,5	4,5	180	810	0.81	3,0
	4,5	4,5	240	1080	1.08	4,0
10	4,5	45,0	180	8100	8.1	29,0
	4,5	45,0	240	10800	10.8	39,0
20	4,5	90,0	180	16200	16.2	58,0
	4,5	90,0	240	21600	21.6	77,0
50	4,5	225,0	180	40500	40.5	145,0
	4,5	225,0	240	54000	54	193,0
100	4,5	450,0	180	81000	81	289,0
	4,5	450,0	240	108000	108	386,0
150	4,5	675,0	180	121500	121.5	434,0
	4,5	675,0	240	162000	162	579,0

Como apresentado na Tabela 5.3 e considerando os parâmetros citados anteriormente, referentes às condições climáticas e consumo dos animais, para um rebanho de 100 cabeças de caprinos, haveria necessidade de se construir seis cisternas com capacidade para 16,0 m³ cada, para suprir o consumo de água de beber desse rebanho por um período de 240 dias sem chuvas. Logo, essas cisternas deveriam estar distribuídas nas áreas de pastagem e repouso dos animais de forma estratégica.

Do tanque de armazenamento (T_A) ou cisterna para o bebedouro (B_{EB}) dos animais, o sistema funciona por gravidade. O bebedouro é subdividido em duas partes, sendo que uma delas contém uma bóia para manter a lâmina de água constante de 0,15 m aproximadamente, visando atender o consumo dos caprinos.

Na parte em que fica a bóia, há uma tampa de alvenaria para impedir que os animais provoquem danos ao sistema e às tubulações e cone-

xões (Fig. 5.8). O bebedouro deve estar localizado entre duas áreas de rotação do sistema CBL para permitir o acesso dos animais em qualquer área. O formato do bebedouro pode ser tanto retangular quanto circular, como mostrado nas Fig. 5.8.



Fig. 5.8. Bebedouro retangular para os animais, com o sistema de bóia. (Foto: Luiza T. de L. Brito, 2005).

No dimensionamento do sistema, foi considerado que um animal caprino consome, em média, 4,5 litros de água por dia, independente da idade. Segundo Devendra (1978), citado por Emater (1984), nos trópicos, estima-se em 4,0 – 4,5 L/dia de água por quilograma de matéria seca ingerida pelo animal. O peso médio do caprino é de 25 kg; logo, considerando 4% do consumo da matéria seca por dia, o volume de água necessário ao animal corresponde a 4,5 L/dia.

Estudo de Caso

O número de cabeças do rebanho caprino utilizado no sistema CBL é variável em função da época do ano e da necessidade do rebanho permanecer por um determinado período do ano, uma vez que este sistema é rotacional. Na primeira fase da pesquisa, o rebanho foi formado por animais adultos, jovens e recém-nascidos, constituindo 396 cabeças, aproximadamente, que permaneceram na área do CBL durante 8 horas por dia (no período de 8 às 16 horas). A partir das 16 horas os animais ficaram confinados, inclusive bebendo água de outra fonte (Tabela 5.4).

Estimativa de custos e viabilidade econômica do sistema

Os custos para construção da área de captação, da cisterna e do bebedouro são apresentados na Tabela 5.5. O custo total do sistema, a preço de janeiro de 2005, é de R\$ 2.060,83 (dois mil e sessenta reais e oitenta e três centavos). Porém, pode-se observar que um dos itens de maior valor foi a tubulação para ligar o sistema de filtragem ao tanque e ao bebedouro, que, em outras condições de maior declividade, teriam custos menores.

Tabela 5.4. Quantidade e tipos de animais que utilizaram a água da cisterna no período de agosto a outubro de 2005*.

Tipos de Animais	Quantidade de animais			
	Agosto	Setembro	Outubro	Total
Matrizes	75	74	71	220
Reprodutores	8	8	8	24
Jovens	46	35	35	116
Cabritos(a)	12	12	12	36
Total de animais				396
Volume da cisterna (m ³)				16
Período de uso da água (dias)				31
Consumo médio estimado (animal/dia) (L)				4,5
Consumo médio (animal/dia) (L)				1,3

*O rebanho permanece na parcela do CBL apenas oito horas por dia, totalizando o período em 31 dias.

Estabelecendo-se um período de financiamento do sistema completo (cisterna, filtros, tubulações, bebedouro) correspondendo a 15 anos, a uma taxa de juros de 3,0 % ao ano, e desconsiderando-se o valor de sucata, isto é, fim da vida útil da cisterna, o custo anual

do investimento foi estimado em R\$ 172,63 (cento e setenta e dois reais e sessenta e três centavos), conforme demonstrado na Tabela 5.5. Como a cisterna construída tem capacidade para 16 m³, ou seja, 16 mil litros, o custo da infra-estrutura de abastecimento para caprinos é de R\$ 10,79 (dez reais e setenta e nove centavos) por metro cúbico de água.

A utilização da caatinga, complementada com o uso de forragens de baixa demanda hídrica, conservadas na forma de feno ou silagem, como alternativa para alimentação dos animais, é possível obter um ganho de peso de 35 kg ano⁻¹ (Guimarães et al., 2001). Para assegurar este desempenho animal, a água com qualidade e em quantidade adequada para os animais é de extrema importância para o sistema.

Considerando um consumo diário de 4,5 litros de água por animal, por um período de 240 dias, a cisterna dará para abastecer com água para beber 20 cabeças de caprinos. Seguindo a dieta alimentar sugerida por Guimarães et al. (2000), cada animal terá capacidade de produzir 17,5 kg de carcaça por ano, que, vendida ao preço de R\$ 5,50/kg, no atacado, na propriedade, gera uma receita bruta de R\$ 1.925,00 (hum mil, novecentos e vinte cinco reais) por ano. O custo anual da estrutura hídrica corresponde a 8,97 % da receita bruta gerada pelo sistema de produção.

Tabela 5.5. Material necessário para construção de uma cisterna de placas com capacidade para 16,0 m³ de água, incluindo sistema de filtragem e bebedouro.

Período seco (dias)	240	Taxa de juro (% ano)	3,0
Necessidade água/cabeça	4,5 (litros/dia)	Período (ano)	15
Volume cisterna (m ³)	16	Valor carcaça R\$/kg	5,5
Tipo de caatinga	0,8	Nº anos de seca	0

Material para Cisterna	Unid.	Quant.	Valor (R\$)*	
			Unitário	Total
Cimento	saco	16	18,00	288,00
Areia lavada	m ³	12	21,28	255,36
Areia fina	m ³	2	21,28	42,56
Brita	m ³	1	62,95	62,95
Arame 12 galvanizado	kg	15	5,23	78,45
Arame 18 recozido	kg	1	6,40	6,40
Ferro 1/4	unid.	10	13,34	133,40
Cal	lata	6	1,93	11,58
Vedacit	kg	3	3,85	11,55
Conexões	unid.	1	100,00	100,00
Tubo esgoto 100 mm (6m)	tubo	17	18,57	315,69
Tubo esgoto 50 mm (6 m)	tubo	7	32,00	224,00
Subtotal				1.529,94
Mão-de-obra: pedreiro	h/dia	4	40,00	160,00
Mão-de-obra: auxiliar	h/dia	10	10,00	100,00
Subtotal				260,00
Material filtro/bebedouro				
Tijolo furado	unid.	250	0,19	46,25
Cimento	unid.	3	18,00	54,00
Areia	m ³	0,5	21,28	10,64
Mão-de-obra	h/dia	4	40,00	160,00
Subtotal				270,89
TOTAL				2.060,83
Custo anual financiamento				172,63
Custo metro cúbico da água				10,79

* Preços de janeiro de 2005.

Referências Bibliográficas

AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Tradução H. R. Gheyi; J. F. Medeiros; F. A. V. Damaceno. Campina Grande, PB: UFPB, 1991. 218 p. (FAO: Irrigação e Drenagem; 29) Revisado 1.

COLACELLI, N. A. Calidad de água para bebida animal. 1977. Disponível em: <<http://www.tucuman.com>> Acesso em: 8 mar. 2005.

EMBRAPA SEMI-ÁRIDO. Dados meteorológicos. Disponível em: <<http://www.cpsa.embrapa.br/servicos/servicos.html>>. Acesso em: 28 mar. 2005.

EMBRATER. Criação de cabras leiteiras. Brasília, DF, 1984. 243 p. (EMBRATER. Didática, 4).

FARIAS JÚNIOR, M.; JALFIM, F.; PAIVA, I.; ELIEZER NETO, J.; MONTEIRO NETO, L.; CAVALCANTI, A.; RIBEIRO, O.; BUSTAMANTE, Y.; LIMA, M. Convivendo com o semi-árido: construção de cisterna de placas sobre o chão - modelo Pintadas 16.000 litros. Recife, PE: Programa de Apoio à Agricultura Familiar - PAAF, 2003. 28 p. il. (Série Compartilhando Experiências, 2).

GUIMARÃES FILHO, C.; LOPES, P. R. C. Subsídios para a formulação de um programa de convivência com a seca no semi-árido brasileiro. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2001. 22 p. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 171).

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

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975, 245 p.

BARRAGEM SUBTERRÂNEA: ÁGUA PARA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

Maria Sonia Lopes da Silva
Cláudio Evangelista Santos Mendonça
José Barbosa dos Anjos
Antônio Pedro Matias Honório
Aderaldo de Souza Silva
Luiza Teixeira de Lima Brito

6

Introdução

A água é um bem precioso e insubstituível. É um recurso natural fundamental para as diferentes atividades humanas e para a vida na terra, propiciando ao homem qualidade de vida, por meio de seu uso na produção de alimentos para abastecimento das populações, na irrigação e na produção de energia, entre outros.

Os ciclos de energia física, química e biológica que engendram ou conservam as diferentes formas de vida nos ecossistemas naturais da Terra, em geral, e nos contextos antrópicos, em particular, estão intimamente ligados ao ciclo das águas (Rebouças, 1997). Entretanto, a ocorrência de secas ou enchentes não passa de um fenômeno físico. A opção pelo desenvolvimento sustentável (Fig. 6.1) torna a seca ou enchente um fato social, para além de sua marca física (Rebouças, 2001).

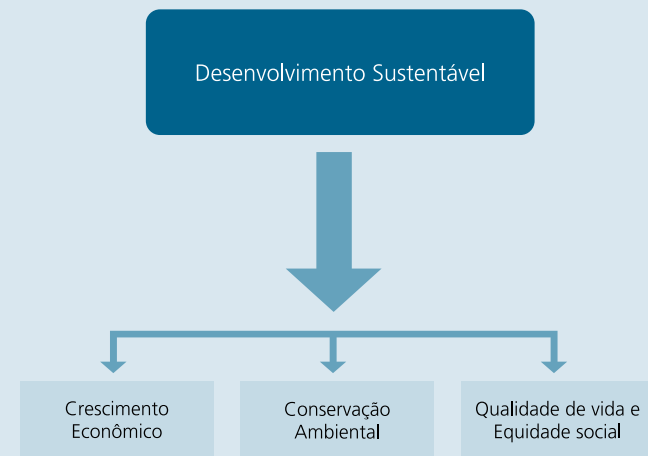


Fig. 6.1. Elementos principais do desenvolvimento sustentável.

O ciclo natural da água promove a sua recuperação. Entretanto, na prática, não é o que se observa, tendo em vista os inúmeros fatores que interferem neste ciclo hidrológico (Heath, 1983). A falta de água traz como efeito a seca, que possui diversas faces, dependendo da

ótica da observação. A mais comum é a seca climatológica, que desencadeia o processo, seguida da seca das terras e a conseqüente seca social, com seus respectivos danos (Rebouças, 2003). A falta de água doce para consumo humano, de pequenos animais e para produção de alimentos, já é um grande problema que a humanidade está enfrentando.

A zona semi-árida da região Nordeste do Brasil, em geral, apresenta escassez de água de chuva, conseqüência dos “invernos” (época de chuva) irregulares que se concentram em três a quatro meses do ano, com elevadas taxas de evaporação, tornando o convívio de agricultores e pecuaristas com o Semi-Árido uma verdadeira penúria.

Na tentativa de amenizar e/ou solucionar os problemas advindos das irregularidades das chuvas no tempo e no espaço, a Embrapa Semi-Árido vem, desde a década de 80, criando e/ou adaptando alternativas tecnológicas de convívio com o Semi-Árido. Entre essas alternativas, destaca-se a Barragem Subterrânea – BS, pelo seu moderado nível de adoção por parte dos agricultores, por sua eficácia, baixo custo, simplicidade, rapidez e praticidade de construção. Nessa mesma década, um outro grupo de pesquisadores, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, também, iniciou estudos com BS, testando diferentes modelos.

Descrição da Tecnologia

Tipos de barragens que acumulam água dentro do solo

A literatura especializada (Santos e Fragipani, 1978; Monteiro, 1984; Silva e Rego Neto, 1992) aponta dois tipos de estrutura hidráulica que possuem a função de barrar fluxo de água, principalmente subterrâneo:

Barragem Submersa - definida como aquela que possui sua parede totalmente dentro do solo, barrando apenas o fluxo de água subterrâneo, uma vez que fica em contato com a rocha, mas não atinge a superfície do solo (Fig. 6.2).

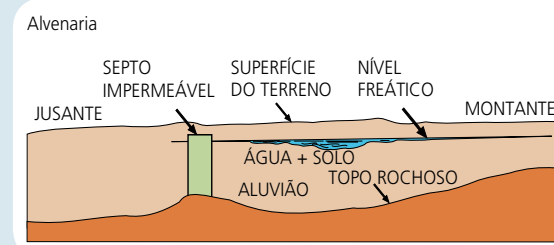


Fig. 6.2. Barragem Submersa (Brito et al., 1999, adaptado de Monteiro, 1984)

Barragem Subterrânea ou Submersível - é definida como aquela formada por uma parede ou septo impermeável, que parte da camada impermeável ou rocha até uma altura de 0,7 m acima da superfície do terreno, aproximadamente (Fig. 6.3), objetivando barrar o fluxo de água superficial e subterrâneo de um aquífero pré-existente ou criado, concomitantemente, com a construção da barreira impermeável.

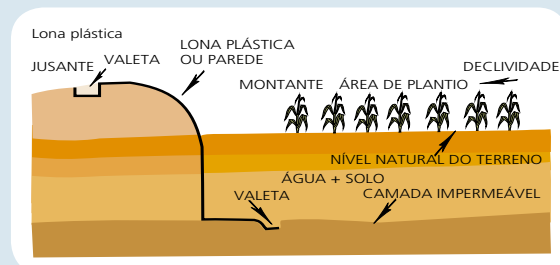


Fig. 6.3. Barragem subterrânea ou submersível (Brito et al., 1999)

A seguir, é apresentada uma descrição da barragem subterrânea, que como já mencionado anteriormente, tem sido estudada desde a década de 80 por dois grupos de pesquisadores: o grupo da Embrapa Semi-Árido (Brito et al., 1989; Silva et al., 2001; Silva et al., 2006) e o grupo da UFPE (Costa et al., 2000).

Princípios de funcionamento da barragem subterrânea

A barragem subterrânea é uma técnica de armazenar água da chuva no perfil do solo (subsolo) visando à exploração de uma agricultura de vazante e/ou subirrigação. Possui como função barrar o fluxo de água superficial e subterrânea.

neo por meio de uma parede, também conhecida como septo impermeável, construída transversalmente à direção do fluxo das águas (Fig. 6.4).

A água proveniente da chuva infiltra-se lentamente, criando e/ou elevando o lençol freático, cuja água será utilizada posteriormente pelas plantas. Esse barramento faz com que a água fique armazenada no perfil do solo com perdas mínimas de umidade, pelo fato da evaporação ser muito lenta, diferentemente da evaporação que ocorre em barragens convencionais. Desta forma, o solo se mantém úmido por um maior período de tempo, atingindo, algumas vezes, o período mais próximo à seca, que em algumas regiões do Semi-Árido pode ser entre setembro e dezembro.

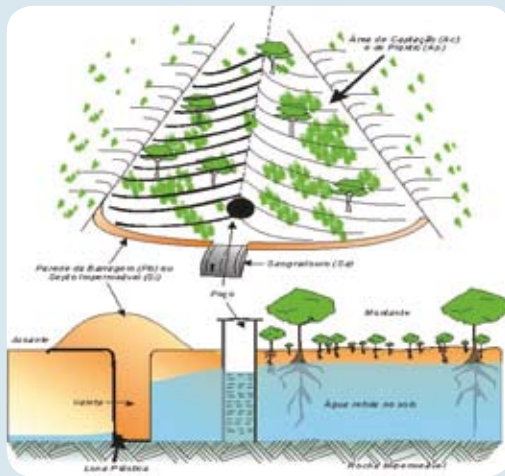


Fig. 6.4. Desenho esquemático do funcionamento da barragem subterrânea (Adaptado de www.irpaa.org)

Componentes de uma barragem subterrânea

A barragem subterrânea consiste dos seguintes componentes (Fig. 6.5):

- **Área de captação (Ac)** - é representada por uma bacia hidráulica delimitada por divisores de água topográfico e freático;
- **Área de plantio (Ap)** - é a própria bacia hidráulica da barragem. A depender da disponibilidade de água, da profundidade e das características do solo, pode-se construir, dentro dessa bacia, um reservatório, como por exemplo, um poço amazonas, cuja finalidade é armazenar o excedente de água da área de captação/plantio;

- **Parede da barragem ou septo impermeável (Pa)** - possui a função de impedir o fluxo de água superficial e subterrâneo, formando e/ou elevando o nível do lençol freático. Alguns tipos de materiais utilizados na construção da parede são: barro batido, alvenaria, lona plástica de polietileno de 200 micra;
- **Sangradouro (Sa)** - possui a função de eliminar o excedente de água da área de captação/plantio.

Parâmetros avaliados na construção de uma barragem subterrânea

Para construir uma barragem subterrânea é necessário avaliar alguns parâmetros limitantes: selecionar área situada em leito de rio/riacho ou em linhas de drenagem natural; preferir sua construção em solos aluviais; com profundidade da camada impermeável de, no mínimo, 1,5 m, para justificar o barramento e, no máximo de 4 m; textura média a grossa e declividade de até 4%, para proporcionar maior extensão no armazenamento da água.

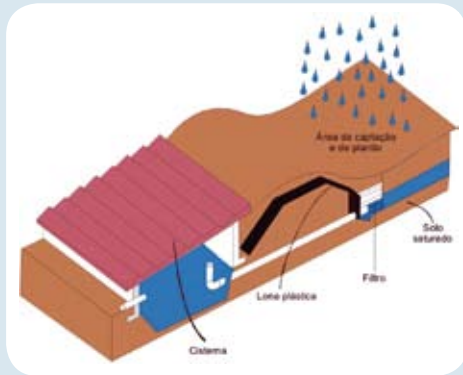
Outros parâmetros importantes a serem avaliados quando da seleção de uma área para construção de barragem subterrânea estão relacionados com valores da precipitação média anual da região; qualidade da água do rio ou riacho, principalmente quanto à salinidade; vazão média anual do rio, riacho ou linha de drenagem natural, e capacidade de armazenamento do aquífero, para que estes permitam maior segurança na sua implementação. Deve-se, sempre, eliminar áreas com tendência/risco à salinização e rios/riachos cuja vazão média anual possa comprometer a estrutura da parede da barragem subterrânea.

Manejo de solo e água em barragem subterrânea

O manejo da água em barragem subterrânea deve constar de um monitoramento criterioso e contínuo, principalmente com relação à salinização do solo, já que a área em estudo está situada numa região onde a evaporação média anual é de 2.000 mm e uma precipitação de 600 mm, em média.

Em áreas com risco de salinização, recomenda-se colocar um tubo de descarga de, aproximadamente, 4 polegadas de diâmetro, sobre a ca-

mada impermeável, partindo da montante e perfurando a parede da barragem até a jusante, em cuja extremidade deve-se acoplar uma curva de 90° e um outro tubo, que funcionará como poço, podendo a água ser bombeada com freqüência (Fig. 6.5). Este tubo facilitará a lavagem do perfil do solo, carreando os sais dissolvidos na água da barragem e funcionando como descarga de fundo (Brito et al., 1999; Costa, 1997).



A barragem subterrânea consiste dos seguintes componentes.

A construção de poço amazonas ou cacimbas à montante da barragem subterrânea é outra alternativa que permite a renovação da água, sua utilização para consumo humano e para pequenas criações de animais, possibilitando, também, bombear água para irrigar outras áreas da propriedade. Quando a água do poço amazonas/cacimbas for destinada para o consumo humano, deve-se evitar utilizar defensivos agrícolas e fertilizantes nitrogenados na área de plantio da barragem subterrânea. A barragem subterrânea apresentada na Fig. 6.6 foi construída no município de Flores – PE, e contém um poço amazonas em sua bacia hidráulica, cuja água é utilizada para diversos fins.



Fig. 6.6. Barragem subterrânea com poço amazonas (Flores-PE). (Foto: Carlos Alberto da Silva, 2005).

O manejo do solo em sistema de exploração agrícola em barragem subterrânea pode ser como em qualquer outro sistema, ou seja, deve-se preparar a área de plantio após as primeiras chuvas, quando o solo estiver com umidade ideal ou estiver em estado de sação (Camargo et al., 1997), em curva de nível, com tração animal (Fig. 6.7) ou com implementos agrícolas (Fig. 6.8). O preparo do solo é semelhante ao sistema de agricultura de vazante, onde as sementes ou mudas são plantadas na curva de nível formada pela água. Nunca se deve plantar a área próxima ao sangradouro, após as primeiras chuvas, pois pode correr risco de saturação do solo por ocorrências de chuvas torrenciais, podendo causar a morte das plantas.



Fig. 6.7. Preparo do solo à tração animal. (Foto: Carlos Alberto da Silva, 2005).



Fig. 6.8. Preparo de solo com implemento agrícola. (Foto: Carlos Alberto da Silva, 2005).

A umidade é o mais importante atributo a ser considerado ao se tratar de compactação do solo. Portanto, é melhor operar em solos com umidade adequada (sempre mais secos do que úmidos), pois nestas condições a resistência à compactação é maior. Caso não se disponha de curvas de compactação do solo, é possível aplicar um teste fácil, no

campo, para saber se um solo encontra-se ou não em condições de ser trabalhado por máquinas e implementos agrícolas, ou seja, se o conteúdo de água está ou não adequado às operações:

Toma-se uma porção de terra e procura-se moldá-la com as mãos, até conseguir formar um bastonete. Se o solo estiver muito seco, não será possível moldá-lo e, assim, não é aconselhável que se proceda ao preparo do solo, principalmente se ele for argiloso, pois haverá maior esforço tratório para penetração dos implementos e poderão ser formados grandes torrões durante a realização das operações. Caso seja possível formar o bastonete ou o “corpo de prova”, que é a designação técnica mais apropriada, deve-se procurar, por várias vezes, desagregá-lo e reconstruí-lo novamente. Se isso for possível, o solo estará no seu “estado de sazão”, ou seja, no grau de umidade adequado para o seu preparo. A umidade estará muito alta se a desagregação for difícil, ou seja, se a terra ficar aderida entre os dedos, sendo difícil de ser retirada (Carmargo et al., 1997).

No tocante as culturas exploradas, a barragem subterrânea permite ao agricultor cultivar, com sucesso, conforme a tradição da região, os plantios tradicionais de grãos (milho e feijão), forragem (sorgo e capim), algodão, macaxeira, mandioca, cana-de-açúcar, hortaliças, entre outras (Silva et al., 2006).

Nos estados da Bahia e de Pernambuco, as barragens subterrâneas são tradicionalmente cultivadas, principalmente, com feijão de corda (caupi), milho, batata-doce, sorgo, mandioca, guandu e forragem. No Rio Grande do Norte, em região onde chove uma média anual de 1000 mm, há agricultores produzindo arroz em barragem subterrânea. No alto sertão da Paraíba, no município de São Mamede, um agricultor produz manga para exportação (Costa et al., 2000) e na região do Cariri, Brejo e Curimataú, são cultivados, além do milho e feijão, hortaliças e flores para serem comercializadas na Feirinha Agroecológica de Campina Grande.

À medida que a estação chuvosa vai passando e a barragem subterrânea começa a perder umidade com maior intensidade, podem-se cultivar culturas mais resistentes a estiagem, como, por exemplo, o gergelim. Recomenda-se, também, cultivar fruteiras para consumo familiar, tais como limão, goiaba, pinha, acerola, caju, manga. Deve-se evitar fruteiras exigentes em água, como, por exemplo, a bananeira e o coqueiro.

Custos de implantação de uma barragem subterrânea

Os custos de implantação de uma barragem subterrânea são variáveis em função de fatores como comprimento da parede, material utilizado, profundidade da camada impermeável e disponibilidade de mão-de-obra, entre outros. A Tabela 6.1 apresenta os custos para construir uma barragem subterrânea com 100 m de comprimento, utilizando lona plástica de polietileno de 200 micra.

Tabela 6.1. Custos de uma barragem subterrânea com aproximadamente 100 m de comprimento, utilizando lona plástica de polietileno no septo impermeável.

Material de construção	Unid.	Quant.	Valor Unitário	Valor Total	
			R\$	R\$	US\$*
Lona plástica, largura de 4 m	m	100	6,00	600,00	279,07
Tela de arame, tipo galinheiro	m	30	2,50	75,00	34,88
Cimento (saco de 50 kg)	un	6	20,00	150,00	69,77
Areia grossa	m ³	2	30,00	60,00	27,91
Brita 2	m ³	1	65,00	65,00	30,23
Mão-de-obra					
Retroescavadeira/ Enchedeira	Horas/maq	8	120,00	960,00	446,51
Trabalhador rural	Homem/dia	20	30,00	600,00	279,07
Pedreiro	diária	01	40,00	40,00	18,60
Servente	diária	05	30,00	150,00	69,77
Total com máquina				2.700,00	1.255,81
Total sem máquina				1.740,00	809,30

* Dólar: \$1.0 = R\$ 2,15.

Estudo de Caso

Neste Estudo de Caso, serão apresentados resultados de duas experiências bem sucedidas com a tecnologia de barragem subterrânea, sendo uma em nível experimental e a outra em nível de produtor rural, em uma comunidade localizada no município de Petrolina-PE.

1. Barragem Subterrânea - Área Experimental

1.a. Caracterização

Foram avaliadas quatro barragens subterrâneas, construídas na Estação Experimental de Manejo da Caatinga, Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE, em um solo Argissolo Amarelo textura média/argilosa. As barragens possuem, aproximadamente, 1 ha de área de plantio cada e estão localizadas em linhas de drenagem. Essas barragens foram construídas em 1982, com septo impermeável de lona plástica de polietileno de 200 micra e cisternas construídas à jusante para servir como reservatório da água proveniente do tubo de descarga colocado sobre a camada impermeável, partindo da montante, perfurando a parede e indo desaguar à jusante na cisterna, conforme apresentado no esquema da Fig. 6.5.

A água da cisterna deve ser usada para pequena irrigação e alimentação de pequenos animais, podendo, também, ser utilizada para consumo humano, desde que se coloque um sistema de filtragem para maior segurança da qualidade e não sejam utilizados defensivos agrícolas e fertilizantes nitrogenados na área de plantio, para não contaminar a água.

Nos anos agrícolas de 1983, 1991 e 2005, quando as barragens subterrâneas tinham, respectivamente, um, oito e vinte e dois anos de construídas, foram coletadas amostras de água das cisternas para determinação da condutividade elétrica, que representa a salinidade da água. Para avaliar alterações das características químicas e físicas do solo na área de plantio dessas barragens, também foram retiradas amostras de solos em pontos aleatórios nos mesmos anos e nas profundidades de 0 – 0,2; 0,2 – 0,4 e 0,4 – 0,6 m.

O manejo adotado nas barragens consta de preparar o solo em curva de nível, adubar com esterco caprino, fosfato natural e cinzas, além de, após a colheita, roçar as sobras de cultura, deixando-as como cobertu-

ra do solo. As adubações seguiram as recomendações das análises de solo realizadas antes de cada plantio. Nos anos agrícolas 2004/2005, foram plantados: feijão, milho, sorgo forrageiro, arroz, gergelim, quiabo, guandu forrageiro e guandu para alimentação humana e animal.

1.b. Resultados e Conclusões

Observando a Tabela 6.2, verifica-se que houve melhoria nas características químicas e físicas do solo quando se comparam os anos agrícolas 1990/1991 e 2004/2005 com 1982/1983, quando as barragens foram construídas. Essa melhoria é atribuída ao manejo do solo e da água que vem sendo adotado. O carregamento dos sedimentos das áreas de captação, com posterior sedimentação na área de plantio da barragem subterrânea, é o responsável pelo aumento do teor de argila. A adição de matéria orgânica incorporada (esterco) e em cobertura (resto de cultura) tem contribuído tanto com a diminuição da densidade global do solo como com o aumento da soma de bases (CTC) e com a percentagem de saturação de bases (V). Não foi identificada nenhuma alteração na condutividade elétrica da água das cisternas nem no solo da área de plantio nos períodos de análises da barragem subterrânea (Tabelas 6.2 e 6.3).

Tabela 6.2. Características físicas e químicas do solo da área de plantio de quatro barragens subterrâneas avaliadas nos anos agrícolas 1982/1983, 1990/1991 e 2004/2005 (média de três repetições). Petrolina - PE, 2005.

Profundidade (cm)	Granulometria (g kg ⁻¹)			Densidade do solo (kg dm ⁻³)	pH	Complexo Sortivo (cmolc kg ⁻¹)			CE (dS m ⁻¹)
	Areia	Silte	Argila			S	CTC	V (%)	
1982/ 1983									
0 - 20	770	90	140	1,57	5,3	3,1	5,3	58	0,12
20 - 40	690	60	250	1,60	5,5	4,7	6,3	74	0,11
40 - 60	680	90	230	1,54	6,0	6,0	7,0	86	0,16
1990/1991									
0 - 20	750	90	160	1,50	6,0	6,6	7,6	87	0,12
20 - 40	670	80	250	1,52	6,0	7,0	7,9	89	0,14
40 - 60	630	80	290	1,55	6,3	7,6	8,2	90	0,20
2004/2005									
0 - 20	690	110	200	1,48	6,2	8,6	21,4	86	0,19
20 - 40	620	100	280	1,45	6,1	9,3	25,4	92	0,20
40 - 60	640	40	320	1,45	6,5	13,2	30,9	97	0,27

Tabela 6.3. Condutividade elétrica da água das cisternas em três barragens subterrâneas, ao longo de 22 anos de manejo (média de três determinações). Petrolina-PE, 2005.

Barragens	Anos		
	1983	1991	2005
	(dS m ⁻¹)		
I	0,18	0,17	0,19
II	0,20	0,20	0,17
III	0,21	0,19	0,23

No que diz respeito à produtividade das culturas (Tabela 6.4), foi verificado que as três culturas que vêm sendo exploradas desde a implantação das barragens - caupi, sorgo e milho - apresentaram sensível aumento no seu rendimento após 22 anos de cultivo nas barragens subterrâneas, o que foi constatado, também, por Silva et al. (1998). As outras culturas (gergelim, guandu forrageiro, guandu para alimentação humana e animal, arroz e quiabo) demonstraram desempenho produtivo compatível com as condições de sequeiro, demonstrando opções de alternativas viáveis para cultivos em áreas com barragens subterrâneas. O preparo

Tabela 6.4. Produtividade (kg ha⁻¹) das culturas exploradas nas barragens subterrâneas. Embrapa Semi-Árido. Petrolina-PE, 2005.

Barragem	Anos Agrícolas						
	1982/1983			1990/1991			
	Caupi	Milho	Sorgo	Caupi	Milho	Sorgo	
I	542	3.782	4.313	578	1.537	3.415	
II	812	2.605	3.709	596	1.482	3.320	
III	1.093	2.341	4.531	601	1.420	3.756	
IV	-	-	-	537	1.340	4.018	
Média	816	2.909	4.184	578	1.444	3.627	
Barragem	2004/2005						
	Gurguéia*	Milho	Sorgo	Arroz	Gergelim	Guandu	Quiabo
I	-	-	-	2.116	2.247	2.188	-
II	-	3.079	-	-	-	-	1.204
III	1.089	-	-	-	-	-	-
IV	-	-	4.243	-	-	2.057	-
Média	1.089	3.079	4.243	2.116	2.247	2.348	1.204

*Gurguéia – feijão caupi.

do solo em curva de nível e a cobertura do solo com restos culturais são práticas conservacionistas que têm proporcionado nas quatro barragens subterrâneas maiores valores de retenção de água e de solo, resultando em influência positiva no desempenho das culturas lá exploradas.

Os resultados demonstram que o manejo do solo adotado nas barragens subterrâneas tem contribuído com a melhoria das características do solo e com o aumento da produtividade das culturas; após 22 anos de implantação, as barragens subterrâneas não apresentaram problemas de salinização; a barragem subterrânea é uma alternativa que minimiza os riscos da agricultura dependente de chuva, proporcionando mais uma opção viável para exploração agrícola no Semi-Árido.

2. Barragem Subterrânea - Área de Produtor

2.1. Caracterização

A barragem subterrânea localizada no Sítio Santo Antônio, no Distrito de Capim, em Petrolina-PE, foi construída em janeiro de 1995, utilizando lona plástica de polietileno 200 micra como septo impermeável, em ambiente cujas coordenadas geográficas são 09°08'731"S, 40°23'417"W e altitude de 275 m, em um solo classificado como Neossolo Quartzarênico. A área de plantio foi arada e gradeada para confecção de sulcos seguidos por camalhões em curva de nível. Nesse ano, foram cultivados milho e feijão. Nos anos subseqüentes, foi utilizado no preparo do solo equipamento motomecanizado, alternando-se anualmente a aração com a gradagem e os sulcos realizados à tração animal em curva de nível. A prioridade do agricultor nos anos subseqüentes foi o cultivo de forragens para alimentação do rebanho de caprinos.

Após dez anos de exploração agrícola, foi feito um diagnóstico, por meio de um questionário fechado, aplicado para se avaliar o que mudou na propriedade e na vida da família, após a implantação da barragem subterrânea.

2.b. Resultados e Conclusões

Após aplicação dos questionários para caracterização da barragem subterrânea e do manejo utilizado, foram identificados efetivamente os seguintes aspectos:

- necessidade de sensibilização do agricultor para que ele possa entender o funcionamento e manejo da barragem subterrânea (época de plantio, manejo de solo e tratamento fitossanitário);
- a barragem subterrânea não constitui a principal fonte de renda da família da área em estudo;
- devido a intempéries climáticas, não se colheu nada na barragem subterrânea no ano agrícola 2005/2006 (Tabela 6.5);
- terceirização de mão-de-obra, pelo fato de os filhos, ao atingirem certa idade, foram estudar na cidade.

Como pontos relevantes, foram identificados:

- valorização da terra (conservação do solo); diversificação agrícola; melhoria na qualidade do solo (fertilidade do solo);
- aumento da renda familiar e melhoria na qualidade de vida da família (impacto social e econômico).

As produtividades alcançadas (Tabela 6.5) demonstram que a barragem subterrânea constitui-se em uma alternativa tecnológica que proporciona garantia ao agricultor de obter sua safra, desde que se tenha o mínimo de chuva necessário (Tabela 6.6) para atender às necessidades das culturas exploradas. O cultivo em barragem subterrânea, principalmente de milho e caupi, permitiu a obtenção de produtividades acima da média da região em todos os anos de cultivo.

Tabela 6.5. Produtividades das culturas (kg ha⁻¹) - Sítio Santo Antônio, Petrolina-PE.

Culturas	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2005
Kg ha ⁻¹									
Milho	1.348	1.416	1.432	1.346	1.368	1.410	1.105	1.118	964
Sorgo	-	-	2.332	1.536	1.974	2.385	1.215	1.302	1.104
Caupi	735	823	853	722	746	987	658	683	558
Melancia	-	-	-	-	-	1.072	1.355	1.247	323
Guandu	-	-	-	-	-	-	-	348	489
Capim Rosco	-	-	-	-	-	-	20.597	20.472	-
Capim Mandante	-	-	-	-	-	20.258	20.887	20.585	-

*Nos anos 2004 e 2006 não tem produtividade porque não houve plantio.

Tabela 6.6. Precipitação pluviométrica mensal na área da Embrapa, no período de 1995-2005. Fonte: <http://www.cpatsa.embrapa.br>

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1996	3,5	75,3	170,3	140,0	37,0	20,2	0,0	8,1	0,0	0,0	96,1	35,0	585,5
1997	42,7	17,7	230,0	73,0	31,8	0,0	14,9	0,0	0,0	62,4	26,3	25,2	524,0
1998	197,9	55,4	13,4	4,2	0,0	0,0	6,8	6,6	0,0	0,0	29,4	9,0	322,7
1999	17,4	47,6	110,6	0,0	14,6	0,0	0,0	3,8	38,4	1,8	45,0	81,1	360,3
2000	66,7	99,3	92,8	47,6	18,2	24,3	0,0	0,0	0,0	0,0	188,6	140,4	677,9
2001	4,2	29,8	210,6	16,2	2,8	38,9	1,8	6,2	0,0	0,0	2,2	28,2	340,9
2002	304,9	32,2	0,0	61,4	3,0	19,2	0,0	0,0	4,7	0,0	46,4	18,0	489,8
2003	58,4	49,4	69,4	102,3	106,7	0,0	10,5	0,0	0,0	0,0	18,4	17,7	415,1
2004	431,0	255,6	67,3	12,6	26,5	4,8	2,2	0,0	0,9	1,5	16,7	0,3	819,4
2005	61,6	88,0	80,0	26,6	25,4	35,0	2,2	0,0	0,0	0,0	26,8	30,2	375,8
2006	0,0	101,7	94,1	125,3	8,6	27,8	4,0	0,0	5,6	3,5	36,9	3,3	410,8

Referências Bibliográficas

BRITO, L. T. de L.; SILVA, D. A. da; CAVALCANTI, N. de B.; ANJOS, J. B. dos; RÊGO, M. M. do. Alternativa tecnológica para aumentar a disponibilidade de água no semi-árido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v. 3, n. 1, p. 111-115, 1999.

BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; MACIEL, J. L.; MONTEIRO, M. A. R. Barragem subterrânea I: construção e manejo. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1989. 38 p. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 36).

COSTA, W. D. Barragens subterrâneas – uma intervenção de baixo custo para a região semi-árida nordestina. Disponível em: <<http://www.iica.org.br/Agua>>. Acesso em: 10 de jul. 2006.

COSTA, W. D.; LIMA, C. N. Barragens subterrâneas: uma opção para o semi-árido. Recife, PE: São Mamede, 2000. Não paginado.

HEATH, R. C. Basic ground-water hydrology. Reston: USGS, 1983. Disponível em:<<http://pubs.er.usgs.gov/pubs/wsp/wsp2220>> Acesso em: 10 de jul. 2006.

MONTEIRO, L. C. Barragem subterrânea: uma alternativa para suprimento de água na região semi-árida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3., 1984, Fortaleza. Anais... Fortaleza: DNOCS, 1984. v.1. p.421-430.

REBOUÇAS, A. da C. Água e desenvolvimento rural. Estudos Avançados. São Paulo, v. 15, n. 43, p. 327-344, 2001.

REBOUÇAS, A. da C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. Estudos avançados, São Paulo v. 11, n. 29, p.127-154, 1997.

REBOUÇAS, A. da C. A sede zero. Ciência e Cultura. Campinas, SP, v. 55, n. 4, p. 33-35, 2003.

SANTOS, J. P. dos; FRANGIPANI, A. Barragens submersas - uma alternativa para o Nordeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 2., 1978, São Paulo. Anais... São Paulo: ABGE, 1978. v.1. p.119- 121.

SILVA, D. A.; RÊGO NETO, J. Avaliação de barragens submersíveis para fins de exploração agrícola no semi-árido. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., 1991, Natal. Anais... Natal: ABID, 1992. v 1. p. 335-361.

SILVA, M. S. L. da; ANJOS, J. B. dos; BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; HONÓRIO, A. P. M. Barragem subterrânea. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2001. Não paginado. (Embrapa Semi-Árido. Instruções Técnicas, n 49).

SILVA, M. S. L. da; ANJOS, J. B. dos; BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; HONÓRIO, A. P. M. Barragem subterrânea. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2006. Não paginado. (Embrapa Semi-Árido. Instruções Técnicas, n 75).

SILVA, M. S. L. da; LOPES, P. R. C.; ANJOS, J. B. dos; SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L.; PORTO, E. R. Exploração agrícola em barragens subterrâneas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 33, n. 6, p. 975-980, 1998.

CAPTAÇÃO "IN SITU": ÁGUA DE CHUVA PARA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

José Barbosa dos Anjos
Nilton de Brito Cavalcanti
Luiza Teixeira de Lima Brito
Maria Sonia Lopes da Silva

7

Introdução

Em condições áridas e semi-áridas do Nordeste brasileiro, são muitos os problemas relacionados com o manejo de água de chuva e a conservação do solo, tendo em vista fatores climáticos, como a ocorrência de baixas precipitações pluviométricas totais anuais, sua irregularidade no espaço e no tempo, alta intensidade, concentrando-se as chuvas, em períodos de 3 a 5 meses, e a baixa disponibilidade financeira dos pequenos agricultores. Nesta região, a atividade agrícola é constituída, predominantemente, por uma agricultura de subsistência baseada nas culturas de milho, feijão, mandioca e forrageiras para pequenos animais, sendo desenvolvida em condições dependentes de chuva.

Segundo Porto et al. (1983), no Semi-Árido brasileiro, apenas três em cada dez anos são considerados normais quanto à distribuição das precipitações, transformando a agricultura numa atividade de risco. Para reduzir os riscos da exploração agrícola e tornar esta atividade menos vulnerável aos fatores climáticos, diversas práticas de preparo do solo, desenvolvidas e/ou adaptadas pela Embrapa Semi-Árido, são utilizadas visando aumentar o armazenamento de água no perfil do solo e a disponibilidade para a cultura e reduzir a erosão. Entre estas, se destacam os diferentes métodos de captação de água de chuva “in situ”, utilizando tração motora ou animal (Anjos, 1985).

Na instalação de cultivos utilizando técnicas de captação de água de chuva “in situ”, a definição do método vai depender de uma série de fatores relacionados com tamanho da área a ser cultivada, topografia, condições pluviométricas, época de plantio, tipo de cultura (temporária ou perene), disponibilidades de equipamentos, mão-de-obra e tempo para executar as operações. Esses requisitos devem estar associados à parte econômica, a fim de viabilizar o investimento.

O método tradicional de cultivo mínimo, utilizando enxada manual com semeadura em covas, dá origem a uma pequena depressão, capaz de armazenar certa quantidade de água de chuva na própria cova. Constitui-se num sistema aparentemente pouco agressivo ao meio ambiente, mas como o solo não foi preparado (arado), a sua superfície apresenta-se ligeiramente compactada, dificultando a infiltração da água e facilitando o escoamento superficial, que contribui para o pro-

cesso erosivo. Portanto, técnicas especiais de preparo do solo, visando a captação da água de chuva “in situ” são as mais recomendáveis.

Estudos realizados por Silva et al. (1989) utilizando diferentes práticas de cultivo associadas aos métodos de captação de água de chuva “in situ” e com a precipitação pluviométrica ocorrida, obtiveram incrementos significativos na produtividade das culturas de feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) e milho (*Zea mays* L.).

Descrição da Tecnologia

A captação de água de chuva “in situ” é uma maneira de preparar o solo para o plantio de culturas, principalmente anuais, como milho, feijão, mandioca, exploradas em condições dependentes de chuva.

Fatores determinantes para implantação da captação “in situ”

Para estabelecer um sistema de captação “in situ”, é necessário dispor de informações sobre diferentes fatores relacionados com tamanho da área a ser cultivada, tipo do solo, topografia, quantidade e distribuição das chuvas, tipo de culturas (anuais e perenes), disponibilidade de equipamentos e mão-de-obra.

Tipo de solo - os solos do Semi-Árido brasileiro são predominantemente de origem cristalina, normalmente planos, silicosos e pedregosos, com baixa capacidade de infiltração e baixo conteúdo de matéria orgânica.

Precipitações pluviométricas - as altas intensidades de precipitações pluviométricas, por um lado, podem causar perdas de água por escoamento superficial e, conseqüentemente, a erosão hídrica; por outro, a irregularidade das chuvas causa déficit hídrico às culturas, que podem levar a perda total ou parcial da produtividade.

Um dos fatores que mais contribui para a ocorrência da erosão hídrica é a intensidade da precipitação pluviométrica (IP), quando for maior que a capacidade de infiltração de água no solo (CIS). Já a capacidade

de infiltração de água no solo está relacionada com as características do solo, vegetação, topografia, umidade antecedente, entre outros. Segundo Lopes e Brito (1993), o período crítico em relação à erosividade das chuvas é de fevereiro a abril, quando ocorrem, em média, 64,76% do total anual do índice de erosividade (EI30).

Época de plantio - a época de plantio é de extrema importância para o sucesso da agricultura dependente de chuva. Segundo Porto et al. (1983), no município de Petrolina-PE, o período ideal para o plantio da cultura do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é entre 2 e 6 de março, saindo de um patamar de 30% para 70% de chances de colheita e, para o milho (*Zea mays* L.), é de 17 de janeiro a 9 de fevereiro, coincidindo com a época de maior concentração e distribuição das chuvas. A cultura do milho, sem considerar outros fatores de produção, necessita uma lâmina de água variando de 500 a 800 mm, bem distribuídos, principalmente nas fases de floração e de formação de grãos, que exigem maior necessidade de água.

Na captação de água de chuva in situ podem ser utilizados diferentes métodos de preparo do solo:

1. Captação de água de chuva “in situ”: aração e plantio no plano – a aração do solo e plantio no plano constituem uma das técnicas extensivamente praticadas no Semi-Árido brasileiro. A formação de pequenas depressões resultantes do processo da aração reduz o escoamento da água de chuva, aumentando assim seu armazenamento no perfil do solo.

Para implantar este sistema, utiliza-se tração mecânica ou animal. Na utilização da tração animal (eqüideo ou bovino), o equipamento mais simples é o arado de aiveca, proporcionando um ângulo de corte de 8 polegadas (0,20m). As Figs. 7.1 e 7.2 apresentam um esquema deste sistema no campo.

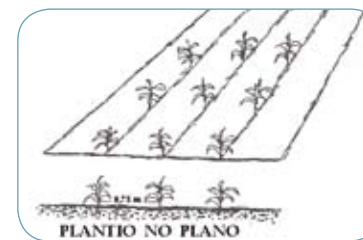


Fig. 7.1 - Desenho esquemático do sistema de cultivo, composto de aração e plantio no plano (Desenho: José Clétis Bezerra).



Fig. 7.2 - Capina em sistema de cultivo efetivado com aração e sementeira no plano (Foto: José B. dos Anjos (1995)).

2. Captação de água de chuva "in situ": sulcamento pós-plantio

- este sistema consiste na aração do solo e plantio no plano, seguidos do sulcamento entre as linhas de plantio, o qual deve ser efetuado por ocasião da segunda ou terceira capina, dependendo do cultivo e de seu desenvolvimento (Fig. 7.3). Pode ser efetuado utilizando-se sulcadores a tração mecânica ou animal. O período mais recomendado para efetuar o sulcamento do solo é de 30 a 40 dias após o plantio do feijão caupi e de 20 a 30 dias após o plantio da cultura do milho.



Fig. 7.3 - Desenho esquemático do sistema de cultivo, composto de aração, semeadura e sulcamento em pós-plantio (Desenho: José Clétis Bezerra).

3. Captação de água de chuva "in situ" - pré-plantio: o sulcamento em pré-plantio consiste de uma aração e abertura dos sulcos distanciados de 0,75 m (Figs. 7.4 e 7.5). Para abertura dos sulcos, utiliza-se o equipamento porta-implementos e após a confecção dos três primeiros sulcos, retorna o equipamento (tração mecânica e/ou animal) de maneira que o último sulco sirva de guia. A partir daí, efetivamente só dois sulcos serão abertos a cada passagem da barra porta-implementos.

Neste sistema, as capinas são realizadas utilizando sulcadores entre as linhas de plantio e complementadas com o auxílio de enxadas manuais, entre as plantas de uma mesma linha. O sistema permite maior aproveitamento da água de chuva e otimiza os tratos culturais. A presença de tocos, pedras e declividade da área superior a 5% limita sua utilização.

4. Captação de água de chuva "in situ": sulco barrado - Este sistema foi desenvolvido pela Embrapa Semi-Árido e consiste de uma aração seguida de sulcamento no espaçamento exigido pela cultura. Na etapa seguinte, utiliza-se um implemento denominado "barrador de sulcos" para fazer as pequenas barreiras, que devem ficar de 2 a 3 metros uma

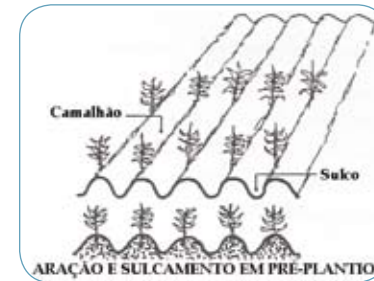


Fig. 7.4 - Desenho esquemático do sistema de cultivo, composto de aração e sulcamento em pré-plantio (Desenho: José Clétis Bezerra).



Fig. 7.5 - Capina com sulcamento em pós-plantio no sistema de cultivo efetuado com aração, semeadura e plantio no plano Foto: José B. dos Anjos (1995).

da outra na linha de plantio, sendo o controle da distância das barreiras feito pelo operador. As barreiras dentro do sulco têm finalidade de impedir o escoamento da água de chuva e promover maior infiltração, podendo ser confeccionadas antes ou depois de o cultivo ser implantado.

A simplicidade do barrador de sulco e seu baixo custo viabilizam a adoção desta técnica pelos pequenos agricultores. Nas Figs. 7.6 e 7.7, podem ser observados detalhes da construção do equipamento, cujas unidades de medidas estão apresentadas em milímetros.

Para efetuar o preparo do solo, é necessário que o terreno esteja isento de tocos e de pedras e a declividade seja inferior a 5%. Os sulcos barrados podem ser efetuados em pré ou pós-plantio.

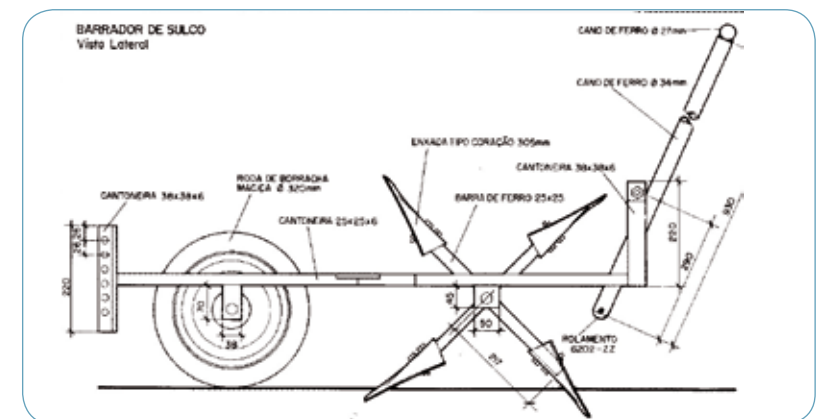


Fig. 7.6 - Vista lateral do equipamento barrador de sulcos, com unidades de medida em milímetros (Desenho: José Clétis Bezerra).

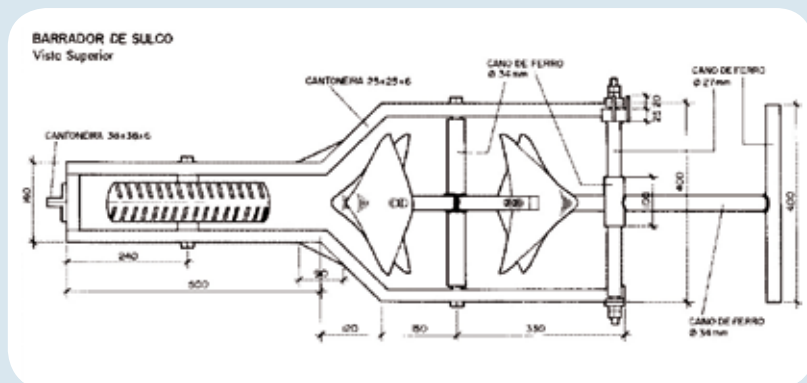


Fig. 7.7. Vista superior do equipamento barrador de sulcos, com unidade de medida em milímetros (Desenho: José Clétis Bezerra).

A Fig. 7.8 mostra um sistema de sulcos normais e barrados após uma chuva. Na Fig. 7.9, o barramento foi efetuado com a cultura já instalada.



Fig. 7.8. Sistema de captação de água de chuva "in situ": sulcos normais e sulcos barrados (Foto: José B. dos Anjos, 1995).



Fig. 7.9. Sulcos barrados refeitos no cultivo consorciado de milho e feijão por ocasião da capina (Foto: José B. dos Anjos, 1995).

5. Captação de água de chuva "in situ": aração em faixas - este sistema consiste da aração do solo em faixas, a fim de que haja a formação dos sulcos, seguidos por camalhões altos e largos, confeccionados em curvas de nível (Fig. 7.10). Para isto, utiliza-se o arado reversível de três discos, permitindo a captação da água de chuva na parte do solo que não foi mobilizada pelo arado.

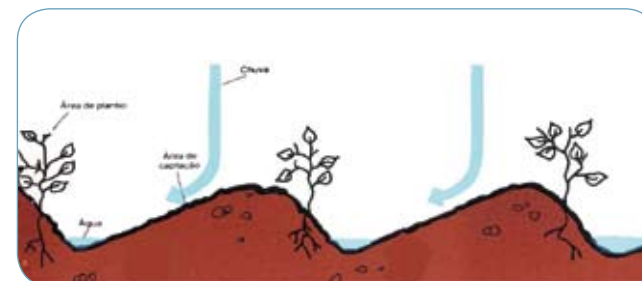


Fig. 7.10. Desenho esquemático do sistema de preparo de solo com captação de água de chuva no sistema de cultivo Guimarões Duque (Desenho: José Clétis Bezerra).

O preparo de solo com aração em faixas, conhecido também por método de "Guimarões Duque", recebeu este nome em homenagem ao seu idealizador e grande estudioso dos problemas do Nordeste, que já usava esta técnica na década de 50.

É um sistema semipermanente, com duração de dois a três anos, também podendo ser manejado a cada cultivo, utilizando-se arados de aiveca a tração animal. Com este procedimento, mobiliza-se apenas a zona de plantio, cortando-se uma leiva de aração, jogando a terra para dentro do sulco, depois arando em sentido oposto, isto é, direcionando a leiva para o lado do camalhão e, assim, está efetuado o preparo para o cultivo subsequente.

Outra maneira é refazer o sistema anualmente. Neste caso, há a vantagem de se fazer uma rotação gradual da zona de plantio a cada ano, além da incorporação de restos de culturas e ervas daninhas, promovendo a reciclagem da matéria orgânica, conseqüentemente, mantendo o nível de fertilidade do solo para a exploração de cultivos em sequeiro.

Para fazer a aração em faixas, recomenda-se retirar o disco que fica mais próximo dos pneus traseiros do trator, sendo o trabalho efetuado com os outros dois discos que ficam no arado (Fig. 7.11). Cada faixa

é preparada com uma passagem do implemento (arado), que é composta de um sulco largo e profundo, seguido de um camalhão elevado (parte arada), que constitui a zona de plantio da cultura Fig. 7.11 e 7.12). A seguir, repete-se a aração da faixa subsequente e, assim, sucessivamente, até preparar toda a área destinada ao plantio.



Fig. 7.11. Arado adaptado para efetuar preparo de solo com captação de água de chuva no sistema de cultivo Guimarães Duque (Foto: José B. dos Anjos, 1995)

O operador (tratorista) inicia a aração tomando por base as curvas de nível marcadas no terreno. Depois do primeiro sulco aberto no início da aração, para efetuar o segundo sulco, deve-se ter cuidado ao manobrar o trator, de forma que os pneus traseiros e dianteiros passem sobre o solo que ainda não foi arado, isto é, margeando o sulco anterior e, assim, sucessivamente. O espaçamento entre os camalhões, onde estão dispostas as linhas de cultivo, é de 1,50 m (Fig. 7.13).

A captação de água de chuva “in situ” é uma técnica simples e apresenta baixos custos de implantação. No entanto, estes custos são muito variáveis e dependem, principalmente, do equipamento, seja a tração mecânica ou animal, como, também, do método utilizado.



Fig. 7.12. Preparo de solo com captação “in situ” no sistema de cultivo Guimarães Duque após uma chuva (Foto: José B. dos Anjos, 1995)



Fig. 7.13. Cultivo de milho implantado no sistema de preparo do solo método Guimarães Duque (Foto: José B. dos Anjos, 1995)

Estudo de Caso: Influência do preparo do solo na produtividade do milho (*Zea Mays L.*) no Semi-Árido brasileiro

O trabalho foi realizado no período de fevereiro a maio de 2006, na Estação Experimental da Caatinga, Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE. O clima da região é classificado como semi-árido quente BSw'h, conforme classificação de Köppen, sendo as coordenadas geográficas 09°09' S e 40°22'W de Greenwich, e a altitude de 365,5 m. Apresenta temperatura média anual de 26,2 °C, com a média da mínima de 20,4 °C e média da máxima de 31,9 °C. A precipitação média anual é de 560,6 mm (Cap. 2). O solo em que foi realizado o experimento foi classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico abrupto plíntico (Embrapa, 2006).

Após uma precipitação de 27,0mm, foi realizado o preparo do solo na área e o plantio ocorreu no dia 14 de fevereiro. No preparo do solo, utilizou-se arado com três discos e grade com 22 discos, ambos tracionados por força mecânica. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, constituindo-se de T1: Guimarães Duque (GD); T2: aração profunda (Apr); T3: aração parcial (AP); T4: sulcos barrados (SB), e T5: sistema tradicional (plano).

A cultura avaliada foi o milho, variedade BR catingueiro, cujo ciclo produtivo é precoce, atingindo a maturidade dos grãos, em média, aos 90 dias, considerada uma alternativa para os produtores do Semi-Árido brasileiro por reduzir os riscos de safra em regime de dependência de chuvas. A semeadura foi realizada em covas, no espaçamento de 1,0m x 0,4m, com cinco sementes por cova. Após a germinação, foi realizado o desbaste, deixando-se apenas duas plantas por cova. As parcelas experimentais foram delimitadas com dimensões de 10,0 m x 5,0 m, com a maior proporção no sentido da declividade do solo, em torno de 0,5%.

Para quantificação da precipitação, foi instalado um pluviômetro na área do experimento. Foram coletadas amostras de solo, em número de três repetições, para avaliação da umidade do solo, pelo método gravimétrico, nas seguintes profundidades: camada de 0-20; 20-40; 40-60; 60-80 e 80-100 cm, nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura do milho.

Em relação à planta, foram avaliados: altura, diâmetro do caule em nível do solo, número de espigas por planta, fitomassa verde, matéria seca e pro-

atividade de grãos. O peso da matéria seca das plantas foi obtido a partir de uma amostra ao acaso de 25 plantas por tratamento. As plantas foram secadas em estufa à temperatura média de 60-70 °C, até atingir peso constante. Para avaliação da produtividade de grãos, foram colhidas todas as espigas de cada tratamento, retirados os grãos e pesados, e os dados foram transformados em kg ha⁻¹ (13% base úmida). Os dados de produtividade foram avaliados por meio da análise de variância e as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, ao nível de 5 % de significância.

As Figs. 7.14 a 7.17 apresentam quatro tipos de preparo do solo efetuados na área de estudo explorada com a cultura do milho, onde se pode observar que a ocorrência de uma chuva de 29,6 mm proporcionou acúmulo de água no solo nos tratamentos T1 (Guimarães Duque), T4 (sulcos barrados) e T5 (sistema tradicional). Nos tratamentos T1 e T5, ocorreu maior volume de água escoado, conseqüentemente menor volume infiltrado; enquanto nos tratamentos T2, T3 e T4, ocorreu maior infiltração, logo, maior disponibilidade de água no solo para a planta e, conseqüentemente, menores perdas de água e de solo.



Fig. 14. Captação de água de chuva no sistema Guimarães Duque (T1) (Foto: Nilton de B. Cavalcanti, 2006).



Fig. 15. Captação de água de chuva nos sulcos barrados (T4) (Foto: Nilton de B. Cavalcanti, 2006).



Fig. 16. Captação de água de chuva com aração parcial (T3) (Foto: Nilton de B. Cavalcanti, 2006).



Fig. 17. Sistema tradicional de plantio no plano (T5) (Foto: Nilton de B. Cavalcanti, 2006).

O monitoramento da umidade do solo foi efetuado nas diferentes fases do ciclo de cultivo, correspondendo ao plantio, germinação, floração e formação de espigas (Fig. 18a-d, respectivamente). Observa-se que no momento do plantio (Fig. 18a), a umidade inicial do solo apresentou baixos valores em todo o perfil, em função das baixas precipitações ocorridas na área experimental. Os maiores valores de umidade nesta fase foram obtidos nos tratamentos T2 (aração profunda - 8,38 %) e T4 (sulcos barrados - 7,11 %). Essa mesma tendência foi observada em todas as fases de desenvolvimento da cultura e em todas as profundidades do solo. O sistema tradicional (T5) apresentou menores valores de umidade do solo.

Na Tabela 7.1, pode-se observar valores de produtividade (kg ha⁻¹) obtidos na cultura do milho nos diferentes tratamentos. A maior produtividade de grãos foi obtida com sulcos barrados (T4) correspondendo a 606 kg ha⁻¹, seguido pela aração parcial (370 kg ha⁻¹) e aração profunda (362 kg ha⁻¹), que não apresentaram diferença significativa pela análise de variância. A menor produtividade, a aproximadamente 50% da maior, foi obtida no sistema tradicional (T5) e correspondeu a 302 kg ha⁻¹.

Embora esses valores de produtividade da cultura do milho sejam considerados baixos, quando comparados com os resultados citados por Wendling et al. (2002), que obtiveram 5.893 kg ha⁻¹, com um total de 816,8 mm de precipitação, e por Suzuki e Alves (2004) que encontraram 5.258 kg ha⁻¹, obtido com precipitação pluviométrica acima de 1000 mm. Deve-se ressaltar que em condições semi-áridas foram desenvolvidos os estudos, com uma precipitação acumulada no período (322,8 mm), é um resultado considerável, visto que, em 2005, a produção média de milho nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas foi de 661, 497, 465, 402, 560 e 475 kg ha⁻¹, respectivamente. Segundo dados do IBGE (2006), os valores estão próximos da média total obtida nesta pesquisa (392,4 kg ha⁻¹). Silva et al. (1989), utilizando diferentes práticas de cultivo associadas aos métodos de captação de água de chuva "in situ" e com a precipitação pluviométrica ocorrida, obtiveram incrementos significativos na produtividade de feijão caupi (*Vigna*

unguiculata L. Walp.) e de milho (*Zea mays* L.).

Pesquisas realizadas por vários autores, citando Dorembos e Kassan (1979), ressaltam que a quantidade de água necessária durante o seu ciclo produtivo da cultura do milho é de 500,0-800,0mm. A deficiência de umidade no solo pode afetar gravemente o rendimento da cultura, especialmente se esta deficiência ocorre no início e durante a fase de floração.

Quanto à altura alcançada pelas plantas, foi observado o maior valor (1,55m) no tratamento 2, seguido pelos tratamentos Guimarães Duque, aração parcial e sulcos barrados. A menor altura foi obtida no sistema tradicional com 1,21m. Essa mesma tendência ocorreu para o diâmetro basal das plantas. Em termos de matéria seca, os maiores valores foram obtidos pelo tratamento T4 (482 kg ha⁻¹), seguido por T3 (376 kg ha⁻¹) e T2 (346 kg ha⁻¹). A menor produção de matéria seca foi registrada no tratamento 5 (testemunha). A análise de variância indicou que não há diferenças significativas nos valores de matéria seca obtidos nos tratamentos T2 e T3 (Tabela 7.1).

Tabela 7.1. Valores obtidos para a cultura do milho observados nos diferentes métodos de preparo de solo. Petrolina – PE, Embrapa Semi-Árido. 2006.

Tratamentos	Altura ¹ (m)	Diâmetro basal (m)	Nº de espigas	Matéria seca (kg.ha ⁻¹)	Produtividade (kg.ha ⁻¹)
T1: G.Duque	1,42a	0,95a	1,03a	306,0c	322,0c
T2: Aração profunda	1,55a	1,14a	1,01a	346,0b	362,0b
T3: Aração parcial	1,51a	1,04a	1,03a	376,0b	370,0b
T4: Sulco barrado	1,52a	0,98a	1,01a	482,0a	606,0a
T5: Solo plano	1,21b	0,71b	1,0a	190,0d	302,0d
Média	1,44	0,96	1,02	340,0	392,4
C.V. (%)	4,08	9,54	4,65	566,67	654,0

¹Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo Teste de t.

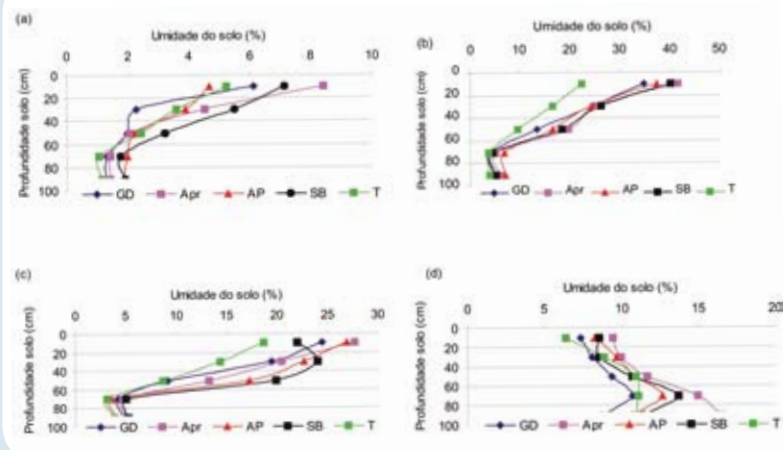


Fig. 18. Variação da umidade do solo em função dos tratamentos e na diferentes fases de cultivo, plantio (a), germinação (b), floração (c) e formação de espigas (d).

A partir dos resultados, pode-se concluir que os maiores valores de umidade do solo, produtividade de grãos e matéria seca para o cultivo do milho foram obtidos com o sistema de sulcos barrados, quando comparado com os demais sistemas de captação in situ. A técnica de sulcos barrados pode ser associada a outras práticas de conservação do solo, como cobertura morta, adubação orgânica, para obtenção de uma maior eficiência do sistema.

Referências Bibliográficas

AALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p., il. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

ANJOS, J. B. dos. Equipements a traction animale developpes par le CPATSA pour les cultures de la region tropicale semi-aride du Brésil. *Machinisme Agricole Tropicale*, n. 91, p.60-63, juin /sep. 1985.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: EMBRAPA-SPI, 2006. 412p.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – FIBGE. Produção agrícola municipal 2005. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 5 set. 2006.


LOPES, P. R. C.; BRITO, L. T. de L. Erosividade da chuva no médio São Francisco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas,SP, v. 17, n. 1, p. 129-133, 1993.

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

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; BRITO, L. T. de L.; MONTEIRO, M. A. R. Captação de água de chuva "in situ" I: Comparação de métodos da região semi-árida brasileira. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido. Captação de água de chuva "in situ": comparação de métodos e densidade de plantio. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1989. p.5-24. (EMBRAPA-CPATSA, Boletim de Pesquisa, 35).

SUZUKI, L. E. A. S.; ALVES, M. C. Produtividade do milho (*Zea mays* L.) influenciada pelo preparo do solo e por plantas de cobertura em Latossolo Vermelho. *Acta Scientiarum. Agronomy*. Maringá, v.26, n.1, p.61-65, 2004.

WENDLING, A.; ELTZ, F. L. F.; DIDONÉ, A. JR.; COGO, C. M.; SANTOS, M. V. C.; BECKER, M. W. Produtividade de grãos e massa seca de milho sob plantio direto no período de 1998-2002. In: Reunião Brasileira de manejo e conservação do solo e da água, 14. Anais... Cuiabá, MT. 2002.



IRRIGAÇÃO DE SALVAÇÃO EM CULTURAS DE SUBSISTÊNCIA

Aderaldo de Souza Silva
Magna Soelma Beserra de Moura
Luiza Teixeira de Lima Brito

8

Introdução

Os sistemas de exploração que as pequenas propriedades do Semi-Árido brasileiro apresentam, sobrevivem em equilíbrio precário com os recursos agroecológicos e socioeconômicos regionais. Estas unidades de produção têm permitido a manutenção da agropecuária no sertão nordestino. O fenômeno que caracteriza esse desequilíbrio está associado a vários fatores como irregularidade climática, solos rasos e de baixa fertilidade, baixa capacidade de retenção de água, entre outros de ordem estrutural, tornando a agricultura uma atividade de riscos. A conjugação desses fatores resulta em conseqüências que entravam o desenvolvimento da região.

Fundamentado nas limitações e potencialidades da região, a Embrapa Semi-Árido, desde 1978, vem desenvolvendo ações de pesquisa, que conferem às propriedades rurais uma infra-estrutura hídrica capaz de permitir a convivência do homem com as adversidades climáticas. Entre estas tecnologias, o uso da irrigação de salvação tem reduzido os riscos da exploração agrícola em anos cuja precipitação pluviométrica é irregular, proporcionando até duas colheitas em anos considerados normais de chuvas. Segundo Porto et al. (1983), no Semi-Árido brasileiro, três em cada dez anos são considerados normais com relação à quantidade e à distribuição das chuvas.

Define-se a irrigação de salvação como a lâmina de água aplicada à cultura nos veranicos que comumente ocorrem durante o período chuvoso na região Nordeste, de forma a não permitir que a cultura sofra estresse hídrico e, em alguns casos, morra. No Semi-Árido brasileiro, após as primeiras chuvas, é comum ocorrerem períodos de 20 a 30 dias sem novas chuvas, comprometendo seriamente a germinação e outras fases de desenvolvimento das culturas. Tradicionalmente, o barreiro tem sido usado para armazenar água de chuva proveniente do escoamento superficial, em diversas partes do mundo (Icrisat, 1974; Kampen et al., 1980). Em geral, os barreiros são pouco profundos e cobrem uma grande área de terra, apresentando elevadas perdas por evaporação.

No Nordeste brasileiro, existe uma grande quantidade desses pequenos reservatórios que não se prestam para irrigação de salvação, porque, como não foram construídos em áreas que permitam a irrigação

por gravidade, normalmente, necessitam de uma bomba, inviabilizando a irrigação para os pequenos produtores. O modelo proposto pela Embrapa Semi-Árido possibilita a captação e o armazenamento das águas que escoam no solo, para uso durante os períodos de estiagem, por meio da irrigação de salvação (Silva et al., 1981).

Descrição da Tecnologia

O sistema de aproveitamento de água proveniente do escoamento superficial, denominado por barreiro, constitui-se de uma pequena barragem de terra, formada por uma área de captação (A_c), um tanque de armazenamento (T_A) e uma área de plantio (A_p) (Fig. 8.1).



Fig. 8.1. Barreiro para uso em irrigação de salvação de culturas anuais (Foto: Arquivo Embrapa Semi-Árido).

Área de captação (A_c) - é uma microbacia hidrográfica, que tem a finalidade de coletar a água de chuva proveniente do escoamento superficial, delimitada por divisores de água que podem ser naturais ou artificiais, de forma que toda a água precipitada nesta área seja direcionada para o tanque de armazenamento.

A área de captação deve ter uma declividade mínima de 2% e ser dimensionada considerando as características climáticas da região, a área total e a cultura a ser irrigada. Nesta área, que não deve ser totalmente desmatada, devem ser construídos drenos em curva de nível, para evitar erosão, espaçados de 15 a 20 metros para favorecer a indução do escoamento superficial. Todos os sulcos da área de captação devem ser direcionados para um dos reservatórios. Como os sulcos são

direcionados ao tanque de armazenamento (Fig. 8.2), é recomendado colocar pedras na extremidade dos drenos próximos ao tanque para diminuir a velocidade da água e reduzir o assoreamento.

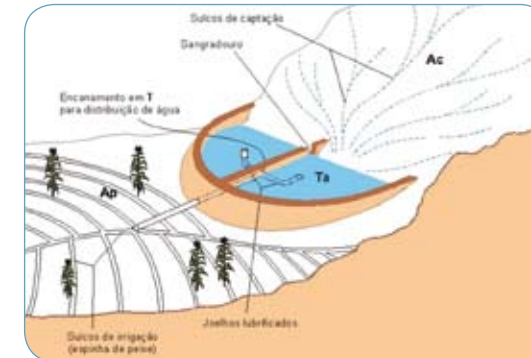


Fig. 8.2. Detalhamento dos componentes do barreiro. (Desenho: José Clétis Bezerra).

Tanque de armazenamento (T_A) - é o reservatório de terra, que pode ser construído na forma semi-circular, destinado a armazenar a água escoada da A_c para ser utilizada na irrigação de salvação das culturas (Fig. 8.2).

No modelo atual, o tanque contém uma parede no meio, dividindo-o em dois compartimentos, de modo que as águas sejam direcionadas para um dos compartimentos, visando reduzir o espelho de água e, conseqüentemente, as perdas por evaporação e infiltração. Assim, no início das chuvas a água é conduzida pelos sulcos para um dos compartimentos e somente quando este fica cheio, a água começa a ser desviada, por meio de vasos comunicantes, para o segundo compartimento, isso reduz a exposição do espelho d'água aos processos evaporativo e infiltração. Do mesmo modo, diante da necessidade de uso da água, primeiro utiliza-se a água armazenada em um dos compartimentos e depois o outro. Este modelo reduziu perdas de água em até 50%, em estudos realizados em experimentos conduzidos na Embrapa Semi-Árido (Silva et al. 1981). Também, permite antecipar a utilização da água armazenada, já que forma uma maior carga hidráulica com a mesma quantidade de chuva, além de possibilitar que um dos compartimentos seja utilizado para irrigação e o outro para consumo animal e, neste caso, este compartimento teria que ser cercado.

Área de plantio (A_p) - é a área destinada à exploração dos cultivos anuais, principalmente alimentares, com irrigação de salvação. Esta área deve apresentar declividade de até 5%, para permitir que a irriga-

ção seja efetuada por gravidade, como demonstrado na Fig. 8.2.

Vários fatores devem ser considerados na implantação de um sistema de aproveitamento de água do escoamento superficial, ou seja, do barreiro para uso em irrigação de salvação, como:

- **Solos** - Para área de captação (A_c), os solos indicados são, de preferência, aqueles inadequados à exploração agrícola. Como exemplo, os solos onde será localizada a A_c devem ser rasos, pedregosos ou rochosos, para permitir maior escoamento superficial. Estas características são contrárias às dos solos ideais para a área de plantio (A_p), os quais devem ser férteis, com profundidade superior a 0,50 m, apresentar características físico-hídricas ideais às culturas a serem exploradas e não apresentar tendências à salinização. O tanque de armazenamento requer solos com baixa capacidade de infiltração, visando à redução de perdas por percolação e proporcionar maior estabilidade no talude (parede) do barreiro.
- **Clima** - É recomendado o uso do sistema do barreiro para regiões de baixas precipitações pluviométricas, na amplitude de 300 a 800 mm anuais, principalmente em áreas com limitações de água para a exploração agrícola. Nestas características, se enquadra todo o Semi-Árido brasileiro.
- **Topografia** - Como a irrigação se dá por gravidade, para o sistema funcionar adequadamente, isto é, área de captação, tanque de armazenamento e área de plantio, é necessária uma área global com declividade variando de 0,5 a 15%. Porém, a área de plantio deve ter declividade de até 5%.

Observados os critérios acima, inicia-se a instalação do barreiro. Nas várias etapas de implantação do barreiro, a seleção da área é de suma importância para se ter garantia da eficiência do sistema. Esta área deve ser selecionada tendo-se uma visão geral de cada elemento básico do sistema como um todo (Fig. 8.2).

A área de captação deve ser percorrida integralmente, acompanhando-se as linhas de drenagem natural (córregos), a fim de se observar o ponto de convergência das mesmas. Visualmente, delimita-se a bacia hidrográfica desta área, observando se a área total é suficiente para captar a água necessária a ser utilizada na irrigação. Normalmente, uma área de 3,0 ha é suficiente

para produzir o escoamento necessário para encher o reservatório.

Quanto à topografia, a declividade não deve ser inferior a 2% e é extremamente importante a observação do microrrelevo. A existência de pequenas depressões nessa área propicia reduções na quantidade de água a ser escoada. A Fig. 8.2 apresenta um modelo esquemático das linhas de drenagem (córregos), divisor de águas, ponto de convergência, locais das aberturas das trincheiras e área do barreiro.

Tendo-se idéia do ponto de convergência das linhas de drenagem, seleciona-se o local onde será a profundidade máxima do barreiro ou tanque de armazenamento, que, normalmente, ocupará uma área de 0,2 a 0,4 ha.

O dimensionamento da A_c varia em função do volume total de água a ser armazenado, da eficiência de escoamento superficial (C) desta área e da precipitação média da região, a uma dada probabilidade de ocorrência, normalmente em torno de 50% de probabilidade. Esta área é delimitada por diques naturais ou artificiais, que funcionam como divisores de água. Os valores de C podem ser obtidos da Tabela 8.1.

No ponto de convergência, deverá ser feita uma sondagem, abrindo-se uma trincheira até a camada impermeável. Outras duas trincheiras deverão ser abertas, sendo uma para cada lado da primeira, a uma distância de 20 m. Esta sondagem dá idéia precisa da profundidade máxima do barreiro e da localização da parede, como, também, do tipo de material que será utilizado na construção da parede. Após a abertura das trincheiras, se for identificado que a máquina não poderá escavar até 1,0 m de profundidade, esta área deverá ser descartada.

A área de plantio (A_p) deve ser selecionada o mais próximo do tanque de armazenamento, desde que a declividade propicie esta situação, uma vez que a irrigação é por gravidade. A área de plantio, normalmente, é em torno de 2,0 ha e deve ser o mais uniforme possível, para possibilitar a confecção dos sulcos e camalhões e a irrigação por gravidade. A declividade desta área deverá estar entre 0,5 e 5% e os solos devem apresentar características que propiciem o bom desenvolvimento das culturas.

O dimensionamento da área de plantio deve ser feito em função das necessidades básicas de alimentação da família, podendo ser planejado, também, para a produção de culturas de maior expressão eco-

nômica com fins de comercialização. Esta área deve ser preparada no sistema de sulcos e camalhões para possibilitar as irrigações e facilitar as práticas agrícolas, utilizando tração animal.

Em geral, no dimensionamento dos componentes do barreiro para uma região de baixas precipitações (400 mm anuais), deve-se considerar que:

- 100 mm de água armazenada por hectare, à disposição do produtor, são necessários para reduzir sensivelmente os efeitos das secas prolongadas que ocorrem durante o período chuvoso, denominados veranicos;
- 1,5 ha de área cultivada com culturas alimentares é suficiente para o produtor garantir a alimentação básica da família e algum excedente que possa ser comercializado;
- perdas totais de água por infiltração e evaporação correspondem a, aproximadamente, 50% do volume útil. Por outro lado, para irrigar uma área de 1,5 ha com culturas de milho e feijão, são necessários em torno de 3000 m³ e uma área de captação de água de 3,8 ha, com uma eficiência de escoamento (C) de 0,20.

Tabela 8.1. Coeficientes de escoamento superficial (C) em função das características da área de captação, estimados para o Semi-Árido brasileiro.

Fatores	Características que afetam C	C
Relevo	Plano, declividade média de 0 a 5%	0,10
	Ondulado: declividade de 5 a 30%	0,25
Infiltração	Elevada: textura do solo franco-arenosa, solos permeáveis;	0,05
	Normal: textura do solo média;	0,10
	Lenta: textura do solo argilosa, solos com baixa capacidade de infiltração;	0,15
	Solos com velocidade de infiltração muito lenta	0,20
Cobertura vegetal	Excelente: aproximadamente com 90% da área coberta	0,05
	Boa: com 50% da área vegetal coberta	0,10
	Regular: vegetação escassa, raleada, mais com menos com 10% da área coberta	0,15
	Baixa: solo desnudo, cobertura rala	0,20

Definidas a área de plantio e as culturas a serem exploradas, parte-se para o dimensionamento das necessidades de água dessas culturas. Também, devem ser consideradas as perdas totais de água por evaporação e por infiltração ocorridas durante o período em que a água ficar armazenada no reservatório. Esse período pode ser considerado como o do maior ciclo da cultura a ser explorada mais uma margem de segurança de 30 dias, aproximadamente.

As perdas totais de água por evaporação devem ser consideradas no dimensionamento do sistema, pois, em média, representam 50% do volume útil de água a ser armazenado. Estudos desenvolvidos na Embrapa Semi-Árido (Silva et al., 1981) permitiram o desenvolvimento de uma equação para estimar estas perdas totais de água (PTA), de pequenos reservatórios, em mm, em função da evaporação do tanque classe A (EV):

$$PTA = 0,513 + 0,832 \times EV \quad (r^2 = 0,83) \quad (\text{mm}) \quad (8.1)$$

Estas perdas podem ser estimadas para qualquer período de uso (U), em dias, da água armazenada (PTA1). Para isso, é necessário conhecer a evapotranspiração potencial média diária (ET_P) para o período e a perda por infiltração no reservatório, determinada a partir da velocidade de infiltração básica (VIB), em mm. Estas perdas são estimadas pela equação:

$$ET_P = EV \times 0,75 \quad (\text{mm}) \quad (8.2)$$

$$PAT1 = VIB + 0,832 \times \frac{ET_{P(DIÁRIA)}}{0,75} \times U$$

$$PTA1 = (VIB + 0,832 \times ET_{P(DIÁRIA)/0,75}) \times U \quad (\text{mm}) \quad (8.3)$$

Com base em experiências acumuladas durante vários anos, desenvolveu-se um modelo que permite dimensionar o barreiro com ênfase no manejo do sistema durante e após o período chuvoso. A Tabela 8.2 apresenta um exemplo para o município de Euclides da Cunha - BA, com as seguintes informações:

- precipitação média anual e evapotranspiração potencial do mês de plantio;
- dimensionamento dos elementos do barreiro, considerando área de plantio de 2,0 a 4,0 ha;
- diferentes culturas como milho, feijão caupi, milho consorciado com feijão caupi e sorgo, entre outras.

Tabela 8.2. Valores dos elementos do barreiro para várias culturas e diferentes áreas de exploração, em função das características agroecológicas da região.

Município: Euclides da Cunha - BA		Área de captação: A_C		
Profundidade de escavação: 1,5 m		Área de plantio: A_P		
Precipitação média anual: 724 mm		Evapotranspiração potencial média mensal: ET_P		
ET_P (mm)	Área (ha)		Capacidade do tanque (m^3)	Culturas
	A_C	A_P		
148	3,02	2	4060	Milho
148	4,32	3	5820	Milho
148	5,60	4	7530	Milho
148	1,87	2	2519	Caupi
148	2,70	3	3634	Caupi
148	3,51	4	4727	Caupi
148	2,41	2	3242	MilhoxCaupi
148	3,44	3	4629	MilhoxCaupi
148	4,44	4	5981	MilhoxCaupi
148	2,71	2	3650	Sorgo
148	3,88	3	5221	Sorgo
148	5,01	4	6753	Sorgo

No caso do barreiro ter a forma semicircular, partindo do ponto de convergência, marca-se o comprimento do raio, na linha básica. Com um piquete neste ponto e com auxílio de uma corda, traça-se o semicírculo, colocando-se piquetes a cada 20 m, partindo-se do ponto de convergência.

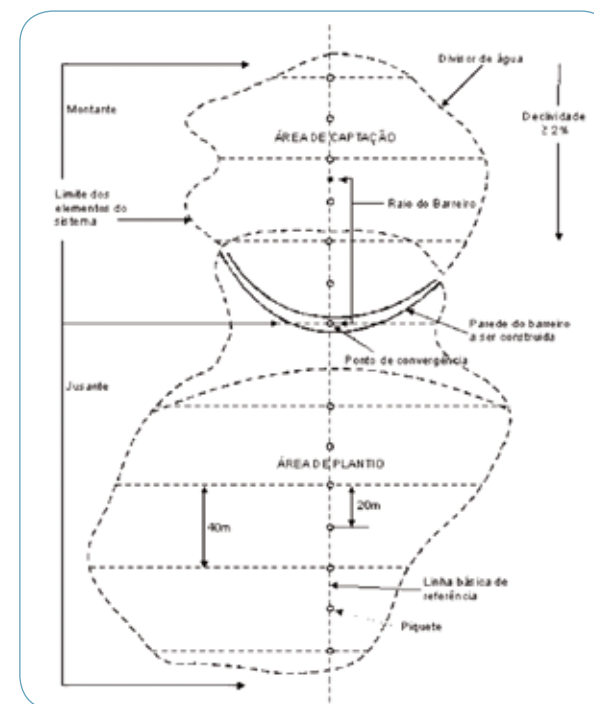


Fig. 8.3. Delimitação dos elementos básicos do barreiro.

Estudo de Casos

1 - Construção do barreiro

Na construção do barreiro, deve-se ter como ponto de partida a linha básica de referência. No local definido como ponto de convergência, serão traçados os limites laterais do tanque de armazenamento (Fig. 8.3). Se a opção for pela forma quadrada, estas linhas formam um ângulo de 90° com a linha básica e são traçadas com auxílio de trena. Este procedimento será repetido no local seguinte, até se ter todos os elementos demarcados, como A_C , T_A e A_P .

Área de captação (A_C) - O comprimento da A_C deverá ficar de maneira que prevaleça a maior declividade natural do terreno, possibilitando o escoamento das águas nos drenos coletores. Quando os solos da A_C forem adequados à agricultura, podem-se abrir sulcos e camalhões, à semelhança da A_P . Todavia, esta prática agrícola necessita de uma aração e gradagem, implicando no destocamento da A_C . Caso a A_C não tenha sido planejada para exploração, esta pode ser desmatada em faixas, obedecendo aos divisores de água e podem ser abertos drenos para permitir o escoamento da água (Fig. 8.3).

Tanque de armazenamento (T_A) - A área a ser coberta pelas águas e parede do barreiro deve ser desmatada e destocada, removendo-se

a primeira camada de 0,20 m. Em seguida, deve-se gradear o local e começar a fundação da parede, que consiste em abrir uma vala de 0,50 m de profundidade, 2,0 m de largura, com comprimento correspondendo ao da parede.

A profundidade máxima de escavação do barreiro deverá atingir uma camada de solo resistente, para reduzir as perdas de água por infiltração. Como a vala terá uma profundidade de 0,50 m e já havia sido retirada uma camada de 0,20 m, supõe-se que, na maioria dos casos, esta profundidade de 0,70 m seja suficiente. A largura da trincheira deverá ser a mesma da lâmina do trator que estiver construindo o barreiro. A abertura dessa valeta poderá ser realizada em três vezes, para evitar muito material acumulado e dificultar as outras tarefas.

Instalação do tubo condutor - o tubo condutor deve ser instalado após a abertura da primeira vala da parede. Entretanto, outra vala perpendicular a esta, também com 0,70 m, deve ser aberta, com aproximadamente 16,0 m de comprimento para instalação do tubo condutor. Este comprimento varia com a declividade do terreno. Esta vala deve ser aberta, preferencialmente, de forma manual, com uma largura de 0,60 m, sendo, às vezes, mais econômico do que utilizar máquina (Fig. 8.3).

Deve-se aterrar a vala com material de boa consistência, adicionando-se água até uma altura de 0,40 m, para permitir uma melhor compactação. Abre-se, então, uma outra valeta neste local, com 0,30 m de profundidade e coloca-se o tubo de ferro galvanizado ou de PVC rígido, com 4" de diâmetro. Isto permitirá que entre o tubo condutor e o nível do terreno original, antes da primeira camada de 0,20 m, exista uma diferença de 0,80 m. Deve-se ter cuidado especial com a instalação desse tubo, compactando bem o solo umedecido com água. Para fixação adequada do tubo, devem ser feitas duas ou três amarrações em sua volta, com barro ou argamassa de cimento e areia. Outro cuidado que se deve ter é com relação à extremidade do tubo no tanque, que deve estar a uma altura mínima de 0,50 m da parte inferior do solo, para evitar entupimentos. A outra extremidade do tubo, na área de plantio, deve ficar sobre a superfície do terreno (Fig. 8.3).

Após a instalação do tubo condutor, inicia-se a construção da parede, utilizando terra de textura fina na primeira camada, extraída

do próprio material escavado no tanque. As camadas de solo com 0,20 m de altura devem ser sobrepostas e compactadas, iniciando-se pela primeira vala aberta. A máquina deve começar a escavar a bacia hidráulica (barreiro), em direção ao pé do talude de jusante, obedecendo aos elementos pré-dimensionados. O coroamento da parede do barreiro deverá ter um declive, do centro para as extremidades de montante e jusante, de, no mínimo, 0,15 m, para evitar acúmulo de água em cima da parede. No prolongamento da parede, abrem-se diques divisores de água, que terão declividade mínima de 0,4% e profundidade média de 0,70 m (Fig. 8.3).

Sangradouro - O sangradouro é construído em um dos diques divisores de água, com o mínimo comprimento possível. Sua largura deverá corresponder à largura da lâmina da máquina, deixando-se uma diferença de nível de 0,50 m entre o ponto mais alto do sangradouro e o ponto mais baixo do coroamento do barreiro.

Área de plantio (A_p) - Esta área deve ser desmatada, destocada, arada e gradeada. Recomenda-se que o desmatamento e destocamento sejam realizados manualmente, pois usando máquina, poderá se retirar a camada superficial do solo, não sendo recomendada esta prática para agricultura. A aração e gradagem são realizadas no sentido contrário ao da declividade (Fig. 8.3).

Local do canal - Em nível de campo, devem-se exercitar várias alternativas de locação do canal, com o objetivo de verificar qual a melhor opção para irrigar a área. A melhor locação deverá ser aquela que permite, após a abertura dos sulcos e camalhões, maior eficiência de irrigação na área de plantio. Como o canal é de terra, sua declividade não deve ultrapassar 1,0%. Ao mesmo tempo de locação do canal, marcam-se os sulcos e camalhões, com estacas espaçadas de 0,20m.

Os custos de implantação de todo o sistema são variáveis e dependem do tamanho do T_A , do tipo de solo, do tipo de máquina utilizado. Na Tabela 8.3 apresenta-se uma planilha contendo a descrição dos elementos necessários à construção do barreiro com duplo compartimento e com uma capacidade de armazenamento de 3000 m³, para irrigar uma área de aproximadamente 2,0 ha.

Tabela 8.3. Especificações das atividades necessárias à construção do barreiro para uso em irrigação de salvação, considerando a A_c e o T_A com vegetação de caatinga e a A_p já cultivada anteriormente. Fonte: Silva et al. (1981)

Especificações	Unid.	Quant.
Destocamento, limpeza da área do T _A e remoção da primeira camada de solo (0,20 m)	H/T*	2
Abertura e fechamento da primeira e segunda valas (volume de solo = 135 m ³)	H/T	4
Tubo condutor de água, PVC rígido, engate rápido	m	18
Instalação do tubo condutor	H/D**	5
Tubo PVC para manejo da água	m	18
Escavação do caixão do T _A (barreiro), volume de solo (2.035 m ³) e movimento de terra para construção da parede (volume: 2.035 x 1,3 = 2.645 m ³)	H/T*	65
Construção dos diques laterais (500 m) e dos drenos coletores de água (600 m)	H/T*	4
Construção do sangradouro (volume do solo = 30 m ³)	H/T*	1
Aração e gradagem da A _p	H/t***	12
Sulcamento da A _p	H/t*	4

* H/T = Hora trator de esteira; ** H/D = Homem/dia; ***H/t = Hora trator de pneu.

2 - Manejo da água de irrigação de salvação

A princípio, a água armazenada no reservatório (açude ou barragem) destina-se a garantir ou reduzir os riscos de exploração das culturas cultivadas na área de plantio, principalmente culturas de subsistência. Em alguma situação específica, esta água poderá ser destinada a outras finalidades de curto prazo, devido ao pouco volume armazenado.

A irrigação só deverá ser realizada quando, dentro do período chuvoso, ocorrer um veranico capaz de comprometer o desenvolvimento das culturas. A lâmina de água aplicada deve ser sempre pequena, em torno de 20,0 mm, considerando a probabilidade que poderá chover a qualquer momento.

Nas irrigações de salvação, nem sempre é possível obedecer aos parâmetros normais utilizados em irrigação convencional, pois o fator limitante é a água. Quando houver disponibilidade de água e a produção de um ciclo de cultura estiver garantido, pode-se usar esta água para irrigar uma outra área com culturas de ciclo curto. A Fig. 8.4 apresenta um produtor aplicando água à cultura do feijão.



Fig. 8.4. Irrigação de salvação aplicada na cultura do feijão em uma propriedade no município de Petrolina - PE (Foto: Nilton de B. Cavalcanti, 2005)

Manejo da água na cultura do feijão caupi

A água pode ser fornecida às plantas por meio das chuvas, da irrigação ou por ambas, desde que sejam compatibilizadas as suas necessidades mínimas com os requerimentos necessários ao seu desenvolvimento e à obtenção de máximas produtividades ou produtividade satisfatória.

A irrigação, se utilizada de forma adequada, pode contribuir para a elevação dos rendimentos das culturas. O uso da irrigação, a quantidade de água e o momento de aplicação inserem-se em uma decisão a ser tomada com base no conhecimento das relações do sistema água-solo-planta-clima. É necessário conhecer o comportamento de cada cultura em função das diferentes quantidades de água a elas fornecidas, as etapas de seu desenvolvimento de maior consumo de água e os períodos críticos, quando a falta ou excesso redundaria em quedas de produção (Bernardo, 1989). Para o sucesso da cultura do feijão caupi, alguns fatores devem ser considerados, como:

- **Água** - o consumo de água do feijão caupi pode variar de 300,0 a 450,0 mm no ciclo, dependendo da cultivar, do solo e das condições climáticas locais (Embrapa Meio Norte, 2003).

Além da quantidade, é necessário considerar a qualidade da água a ser utilizada na irrigação, pelo fato de algumas culturas apresentarem restrições a águas com elevados teores de sólidos dissolvidos e de outros elementos presentes em quantidades acima dos tolerados pela cultura, com conseqüências negativas na germinação e na produtividade. O feijão caupi tem tolerância a salinidade da água de irrigação até um nível de 3,3 dS/m (Ayers e Westcot, 1991);

- **Solo** - de acordo com recomendações da Embrapa Meio Norte (2003), o feijão caupi pode ser cultivado em quase todos os tipos de solos, merecendo destaque os Latossolos Amarelos, Latossolos-Vermelhos, Argilosos Vermelho-amarelos e Neossolos Flúvicos. De modo geral, desenvolve-se em solos com regular teor de matéria orgânica, soltos, leves e profundos, arejados e dotados de média a alta fertilidade. Entretanto, outros tipos de solos podem ser cultivados, mediante a aplicação de fertilizantes químicos e/ou orgânicos;
- **Planta** - o consumo de água por uma cultura, normalmente, se refere à água perdida pela planta (transpiração) e pela superfície do solo (e evaporação), mais a água retida nos tecidos vegetais, que é menor que 1% do total evaporado durante o ciclo de crescimento da planta. Assim, a transpiração + evapotranspiração, que são responsáveis pelas maiores e mais importantes perdas de água do sistema solo-planta, conhecidas como evapotranspiração (Reichardt, 1985), compreende a necessidade de água a ser repostas. A necessidade de água de uma cultura depende da espécie, da variedade e de suas fases fenológicas (germinação, floração, formação de grãos ou frutos e maturação).
- **Clima** - a perda de água que ocorre no processo da evapotranspiração é um parâmetro importante no cálculo das necessidades de água da cultura e depende de vários fatores, como radiação solar, temperatura, velocidade do vento, umidade relativa do ar, entre outros.

Determinação da evapotranspiração de referência - ET_0

Para estimar a evapotranspiração de uma cultura (ET_c), o procedimento usual é utilizar dados da evapotranspiração de referência (ET_0), corrigida por um coeficiente de cultura (K_c). Esse coeficiente de ajuste pode ser determinado pela relação:

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0} \quad (8.4)$$

Os valores de K_c são utilizados para a determinação das necessidades hídricas das culturas, tanto em termos de manejo da água de irrigação, como no planejamento de sistemas hidroagrícolas, e variam com a cultura e com o estágio de desenvolvimento (Soares et al., 2006).

O valor diário da ET_0 (mm dia^{-1}) poderá ser calculado com base em dados obtidos em estações agrometeorológicas, situadas num raio máximo de 40 km (válido para áreas planas, sem condicionantes de microclimas diferenciados) em relação à área considerada. A Embrapa Semi-Árido disponibiliza diariamente na sua homepage (<http://www.cpsa.embrapa.br>), valores registrados de elementos meteorológicos, inclusive dados de ET_0 , correspondentes a várias estações agrometeorológicas localizadas no pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA. Para regiões em que não há disponibilização deste parâmetro (ET_0), pode-se determiná-lo por meio de algumas fórmulas e tabelas, conforme Allen et al. (1998).

O valor da ET_0 , também, pode ser calculado com base na evaporação da água do tanque classe A, instalado em uma estação agrometeorológica convencional ou no próprio local da área em estudo, como segue:

$$ET_0 = K_p \times E_t \quad (8.5)$$

em que:

ET_0 é a evapotranspiração de referência, em mm dia^{-1} ;

K_p é o coeficiente de tanque classe A;

E_t é a evaporação do tanque classe A (mm dia^{-1}).

O valor de K_p pode ser determinado com base em fórmulas empíricas, como a equação proposta por Pereira et al. (1994):

$$K_c = 0,482 + 0,024\ln(F) - 0,000376U + 0,0045UR \quad (8.6)$$

em que:

F é a largura da faixa de bordadura em torno da estação meteorológica, em m;

U é a velocidade do vento, em km/dia;

UR é a umidade relativa média diária do ar, em %.

Na ausência destas informações, sugere-se utilizar valores de K_p entre 0,70 e 0,75 para as condições do Semi-Árido brasileiro.

Determinação da evapotranspiração da cultura - ET_c

O valor diário da ET_c pode ser obtido por meio da seguinte equação:

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (8.7)$$

em que:

ET_c é a evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹);

K_c é o coeficiente da cultura (adimensional).

A Tabela 8.4 apresenta valores de K_c para a cultura do feijão caupi em suas diferentes fases do ciclo fenológico nos municípios de Teresina e Parnaíba, ambos no Piauí (Embrapa Meio Norte, 2003).

Tabela 8.4. Ciclo fenológico do feijão caupi e coeficientes de cultivo (K_c) determinados para os municípios de Teresina e Parnaíba, no Piauí. Fonte: Embrapa Meio Norte (2003).

Fases do ciclo (dias)	Teresina	Parnaíba
	K_c	
0 - 15	0,5	0,7
16 - 44	0,8	0,75 - 1,12
45 - 57	1,05	1,12 - 0,8
58 - 65	0,75	0,7

A estimativa das necessidades de água da cultura do feijão caupi, como apresentado no exemplo da Tabela 8.5, foi baseada na evapotranspiração média semanal obtida a partir do balanço hídrico seqüencial, na escala semanal. Os valores diários de precipitação pluviométrica e da evapotrans-

Tabela 8.5. Necessidades de água da cultura do feijão caupi para diferentes fases de desenvolvimento.

Dados climáticos*		Fev	Mar	Abr	Total
Precipitação média (mm)		81,6	127,2	64,3	273,1
Evapotranspiração média (mm)		5,3	4,8	4,6	14,7
Data de plantio		15 fevereiro			
Fases ciclo (dias)	N° dias	$ET_c = K_c \times ET_o$ (diária)	$ET_c = ET_c \times$ dias ciclo (mm)	Excesso /déficit de água (mm)	
0-15	15	1,9	27,9	12,9	
16-44	29	5,1	136,9	-20,69	
45-57	13	2,2	28,9	3,20	
58-65	8	0,9	6,9	18,78	
Total	65		211,7		

* Banco de dados da Embrapa Semi-Árido (<http://www.cpaitsa.embrapa.br/index.php?op=dadosmet&mn=3>).

** Embrapa Meio Norte (<http://sistemadeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/F>).

piração de referência foram obtidos a partir das informações disponíveis na Estação Meteorológica de Bebedouro, pertencente à Embrapa Semi-Árido, em Petrolina-PE, considerando-se os dados médios de uma série de 32 anos (1975 a 2006). Nesta Tabela, a coluna Excesso/déficit de água corresponde à diferença entre as necessidades de água da cultura para cada fase e a precipitação média ocorrente no período em análise.

Em função das características climáticas da região e do ciclo de desenvolvimento do feijão caupi, para uma variedade precoce, com ciclo correspondendo a 65 dias (Tabela 8.5), pode-se observar que a necessidade total de água corresponde a 211,7 mm. O sinal negativo (-) na coluna excesso/déficit significa que nesta fase está ocorrendo déficit de água, havendo, assim, a necessidade de aplicação de uma lâmina de 9,71 mm de água, para não causar danos à cultura, haja vista que o total de precipitação média do período (273,1 mm) é superior à necessidade da cultura (200,7 mm). Porém, é importante verificar a distribuição das chuvas em cada fase de cultivo e não somente para todo período.

Cálculo da lâmina bruta de irrigação - L_B

O cálculo de lâmina bruta de água de irrigação pode ser obtido por meio da seguinte equação:

$$L_B = \frac{ET_c - P_p}{E_A} \quad (\text{mm})$$

em que:

L_B é a lâmina bruta (mm);

P_p é a precipitação efetiva (mm), que corresponde à fração da precipitação pluviométrica efetivamente aproveitável pela planta;

E_A é a eficiência de irrigação (%).

A precipitação efetiva pode ser calculada de acordo com a metodologia proposta por USDA (1970), citada por Jensen et al. (1990), ou estimada como recomendado por Soares et al. (2006):

- Quando $P < 5,0\text{mm}$, e essa chuva for decorrente de uma precipitação pluviométrica isolada, considerar $P_e=0$. Ou seja, deve-se realizar a irrigação de forma normal;

- Quando $5,0\text{mm} < P < 10,0\text{mm}$, essa chuva for decorrente de uma precipitação pluviométrica isolada e a previsão de tempo sinalizar que os dias seguintes serão de “céu claro ou dias com baixa probabilidade de ocorrência de chuva”, deve-se suspender a irrigação apenas por 1 dia;
- Quando $10,0\text{mm} < P < 20,0\text{mm}$, essa chuva for decorrente de uma precipitação pluviométrica isolada e a previsão de tempo sinalizar que os dias seguintes serão de “céu claro”, deve-se suspender a irrigação por 2 a 3 dias;
- Para $P > 20,0$ mm ou ocorrências continuadas de chuvas nos níveis apresentados, ou se o tempo se mantiver “nublado” após as chuvas, o monitoramento da umidade do solo será recomendado para melhor indicar o momento do reinício da irrigação.

A irrigação de salvação deve ser efetuada quando a planta apresentar sintomas de falta de água, de forma que não afete seu desenvolvimento e comprometa a produção. O ideal é fazer o monitoramento da umidade do solo e irrigar quando esta umidade estiver, no máximo, a 30-40% da capacidade de campo. Como na prática nem sempre isto é possível, recomenda-se irrigar duas ou três vezes por semana, após observar a umidade do solo próximo à planta, entre 0,20 e 0,30 m de profundidade, efetuando-se a irrigação quando perceber que o solo já se encontra seco. A lâmina de água a ser aplicada deve estar em torno de 50% da lâmina necessária à planta, sempre se tendo em mente que as chuvas podem ocorrer a qualquer momento.

Referências Bibliográficas

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p., il. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Tradução H. R. Gheyi; J. F. Medeiros; F. A. V. Damaceno. Campina Grande, PB: UFPB, 1991. 218 p. (FAO: Irrigação e Drenagem; 29) Revisado 1.

BERNARDO, S. Manual de Irrigação. 5. ed. Viçosa: Editora UFV, 1989. 625 p.

EMBRAPA Meio Norte. Sistema de produção do caupi. Teresina, PI: Embrapa Meio Norte, 2003. Disponível em: <<http://sistemadeproducao.cnp-tia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/F>>. Acesso em: 29 de mar. 2007.

INTERNATIONAL CROPS RESEARCH INSTITUTE FOR THE SEMI-ARID TROPICS, Annual Report 1973-74. Hyderabad, Índia, 1974. 87 p.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. G. Evapotranspiration and irrigation water requirements. New York: ASCE, 1990. 332 p. (ASCE: Manual and Reports on Engineering Practice, 70).

KAMPEN, J. Soil and water conservation and management in farming systems research for the Semi-Arid Tropics. Hyderabad, Índia: Icrisat, 1975. 50 p.

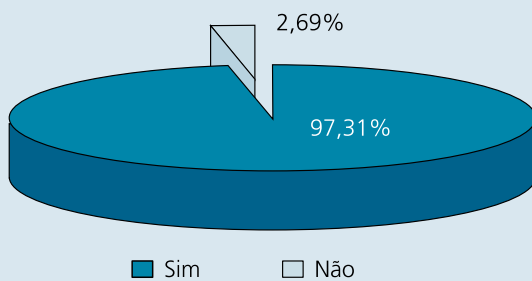
PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. Evapo(transpi)ração. Piracicaba, FEALQ, 1997. 183p.

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

REICHARDT, F. Processos de transferência nos sistema solo-planta-atmosfera. 4. Ed. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1985. 466 p. il.

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; GOMES, P. C. F. Seleção de áreas e construção de barreiros para uso em irrigação de salvação no Trópico Semi-Árido. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1981. 43 p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 3).

SOARES, J. M.; COSTA, F. F. da; NASCIMENTO, T. Recomendações básicas para o manejo de água em fruteiras. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 2006. 28p. (EMBRAPA-CPATSA Circular Técnica; 82). Disponível em (<http://www.cpatosa.embrapa.br/index.php?op=vitipo&modo=tipo>). Acesso em: 29 de mar. 2007.



Nível de satisfação (97,31%) das famílias beneficiadas com o P1MC no Semi-Árido brasileiro.



Criado em 1975, é um Centro de Referência Ecorregional, destacando-se como instituição pioneira em trabalhos de pesquisa e adaptação de tecnologias de convivência com o Semi-Árido.

Para enfrentar os desafios da agropecuária regional, a Embrapa Semi-Árido estabeleceu, em seu Plano Diretor, objetivos estratégicos voltados para fortalecer as bases científicas e tecnológicas, promover a melhoria da competitividade e sustentabilidade do agronegócio dos pequenos e médios produtores e empreendedores. Também, orienta sobre o uso sustentável do bioma caatinga, segurança dos alimentos, nutrição e saúde da população e promove o avanço científico em temas estratégicos para o país.

Para cumprir a missão “viabilizar soluções para o desenvolvimento sustentável do espaço rural do Semi-Árido com foco no agronegócio, por meio da geração, adaptação e transferência de conhecimentos e tecnologias, em benefício dos diferentes segmentos da sociedade”, a Embrapa Semi-Árido conta com uma equipe técnica qualificada e infra-estrutura adequada.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
BR 428, km 152, s/n ▪ Zona Rural ▪ Caixa Postal 23 ▪ CEP 56302-970
Petrolina-PE ▪ Fone: (87) 3862.1711 ▪ Fax: (87) 3862.1744

Escritório de Apoio na Zona Urbana
Centro de Convenções de Petrolina-PE ▪ Fone: (87) 3861.4442
E-mail: sac@cpatsa.embrapa.br ▪ www.cpatsa.embrapa.br



Apoio:



ISBN 978-85-7405-009-6



9 788574 050096