

TÉCNICAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA: DEFINIÇÃO, CAUSAS DE FALHAS E PERSPECTIVAS

Luiz Rafael Palmier¹

Resumo - Entre as diversas estratégias para minorar ou solucionar o problema da escassez de água, técnicas de captação de água de chuva têm sido cada vez mais utilizadas em muitos países. Todavia, em numerosos casos os programas de captação de água de chuva não atingem os objetivos originalmente propostos, principalmente em razão da não adequação das tecnologias ao ambiente ou hábitos culturais dos beneficiários. Adicionalmente, a operação e a manutenção dos projetos acabam por se tornar muito caras e/ou lentas. As técnicas de captação de água de chuva ainda não são aplicadas de forma sistemática no Brasil. O termo, inclusive, não retrata a abrangência daquele usualmente empregado na literatura internacional, qual seja, *water harvesting techniques*. Uma análise de experiências de outros países torna-se importante para iminentes aplicações no Brasil. Neste trabalho, são apresentadas uma revisão das dificuldades de implementação das técnicas de captação de água de chuva, com ênfase nos erros mais frequentemente observados, responsáveis por insucessos, e algumas recomendações para projetos futuros.

Abstract - Among the several strategies to cope with water scarcity, the water harvesting techniques have increasingly been used in many countries. However, in numerous cases the water harvesting projects have not achieved their expected goal as the technologies and designs were not suitable for either the environment or the cultural lifestyle of the beneficiaries. In addition, operation and maintenance of the schemes turned out to be either too costly and/or time-consuming. In this paper a review of the difficulties in implementing the former water harvesting techniques is presented emphasising the most frequent errors which often cause failures. In addition, some recommendations to avoid these errors are also discussed.

Palavras-chave - gestão de recursos hídricos em regiões semi-áridas; captação de água de chuva; escassez de recursos hídricos

¹ Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos; Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais; Avenida Contorno, 842/809 andar; Belo Horizonte - MG; Brasil; CEP 30110-060. Tel: (31) 32381003; Fax: (31) 32381001; email: palmier@ehr.ufmg.br

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das civilizações foi sempre fortemente dependente da disponibilidade de água. As altas taxas de aumento no uso global de água observadas a partir da metade do século passado são responsáveis por situações críticas de atendimento à demanda de água em várias regiões do mundo. Na maioria dos países situados em regiões áridas e semi-áridas, a disponibilidade de água per capita já está abaixo do nível que permitira a produção local mínima de alimentos para suprimento de suas populações.

Tem-se também observado um crescimento persistente da pressão sobre os recursos finitos de água doce e do solo. Torna-se claro, portanto, que o desafio de alimentar as populações futuras está associado, de uma maneira geral, ao aumento da produtividade da água dentro dos padrões atuais de uso do solo. A agricultura de sequeiro exerce um papel crítico nesse aspecto, uma vez que oitenta por cento da terra cultivada no mundo é feita com uso direto de precipitações como única fonte de água. Além disso, mais de noventa e cinco por cento do atual crescimento populacional ocorre em países em desenvolvimento, dos quais uma parcela significativa ainda depende de uma economia estruturada em uma agricultura de sequeiro. Infelizmente, em várias regiões esse tipo de prática agrícola tem sido associado a níveis baixos de colheita e altos de perda de água. Tais fatos indicam que há muito por ser feito para atingir um uso mais eficiente do recurso hídrico.

Novos conceitos para a adequada gestão de recursos hídricos em regiões áridas e semi-áridas, baseados no uso de técnicas de captação de água de chuva, têm sido propostos e aplicados com sucesso. De fato, as técnicas de captação de água de chuva já foram a base de sobrevivência em regiões áridas há milhares de anos, permitindo o estabelecimento de cidades no deserto (Evenari et al, 1971). Essas técnicas eram inventadas de forma independente e usadas em várias partes do mundo, em diferentes continentes, com uma extensa variedade de adaptações locais, as quais dependiam de condições e culturas específicas para a solução de problemas localizados. Embora milhões de hectares de terra no mundo já tenham sido utilizadas com técnicas de captação de água de chuva, uma variedade de causas foi responsável por um permanente declínio durante os séculos.

Uma das principais razões para o declínio pode estar relacionada à expansão européia no século XVI, quando os colonizadores introduziram e impuseram um diferente tipo de sistema agrícola, assim como novos animais domésticos, plantas e métodos de construção (Gnadlinger, 2000). Em algumas situações os novos métodos não eram compatíveis com as características ambientais das colônias e as técnicas tradicionais de captação de água de chuva foram abandonadas.

A influência européia nesse processo parece ter tido uma maior influência após a metade do século XIX, época em que o desenvolvimento tecnológico levou a um aumento na área cultivada sob técnicas clássicas de irrigação, com preferência para os grandes projetos – grandes barragens, uso extensivo de água subterrânea e técnicas de irrigação com altos consumos de energia. Técnicas

de irrigação em pequena escala e tradicionais, as quais incluem várias técnicas de captação de água de chuva e irrigação suplementar, passaram a receber atenção inadequada ou foram totalmente esquecidas.

Durante as últimas décadas o interesse no uso de técnicas de captação de água de chuva aumentou pois projetos agrícolas e de recursos hídricos baseados em tecnologias sofisticadas e alto consumo de energia tornaram-se insustentáveis para vários países. E a tendência atual é a adoção cada vez mais freqüente de técnicas de captação de água de chuva, antigas ou recentemente propostas, associadas ao uso de novos materiais disponíveis. Vários organismos internacionais estão financiando programas de desenvolvimento e pesquisa para investigar o potencial das técnicas de captação de água de chuva mas, ainda assim, reconhece-se a necessidade de que muito ainda deve ser feito para identificar as capacidades reais de tais técnicas nas mais diversas condições ambientais. E isso é fundamental para modificar a vontade política para a implementação de tais técnicas uma vez que as ações de governo são geralmente direcionadas ao cultivo de produtos agrícolas de alto valor de mercado. Porém, deve-se ressaltar que tais culturas demandam um abastecimento de água de poucos riscos de falha, o qual é mais garantido com o uso de técnicas convencionais de irrigação.

Apesar dos esforços consideráveis realizados nos últimos anos para promover e disseminar essas técnicas, o desempenho geral das ações é muito menor do que o esperado, pois muitas vezes as tecnologias e projetos não são adequados ao ambiente ou aos hábitos culturais dos beneficiários. Além disso, as etapas de operação e manutenção dos projetos tendem a se tornar caras e/ou demoradas. Na seqüência deste trabalho apresenta-se uma revisão das dificuldades de implementação das técnicas de captação de água de chuva, com ênfase nos erros cometidos de maneira mais freqüente. São também discutidas algumas recomendações para projetos futuros.

EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

O conceito de gestão de recursos hídricos engloba um variado espectro de atividades relacionadas ao ciclo hidrológico e às suas relações com o ambiente em um amplo sentido. Embora o termo gestão esteja sujeito a múltiplas interpretações e uma definição precisa esteja além de um escopo razoável de esforços, pode-se relacioná-lo, de uma forma pragmática, ao controle de processos que são controláveis e à mitigação de conseqüências indesejáveis de processos que não são, ou são apenas parcialmente, controláveis. Nesse sentido, a gestão de recursos hídricos tem um foco nos usos da água e incorpora múltiplas atividades de planejamento, implementação, operação, monitoramento etc. O foco dominante e a evolução do conceito da gestão de recursos hídricos no tempo, fortemente influenciada pela disponibilidade e necessidades relativas à água, mostram um

cenário muito interessante, como ilustrado na Tabela 1, como função do estágio de desenvolvimento de uma sociedade humana em particular (Petry, 2001). Notadamente, não há uma divisão estrita no tempo entre as fases apresentadas e em muitas sociedades elas coexistem em diferentes intensidades.

Tabela 1: Evolução do contexto de gestão de recursos hídricos (adaptado de Petry, 2001)

FASES DA GESTÃO	OBJETIVO PRINCIPAL	EXEMPLOS DE INSTRUMENTOS
Gestão de ofertas	Obtenção de mais água	Gestão de precipitação Transposição de bacias Redução de perdas Dessalinização
Gestão de demandas	Maior uso da água	Maior eficiência no uso Reuso de água Incentivos e cobrança Conservação
Alocação	Maior valor da água	Usos competitivos Mudanças na produção
Integridade ambiental	Proteção da qualidade da água	Proteção dos recursos hídricos Controle da poluição

Indubitavelmente, o conhecimento e a conscientização dos problemas existentes em escalas local, regional e global avançaram bastante, principalmente a partir da segunda metade do último século. Por exemplo, considerando-se apenas os problemas relacionados à água, observa-se um expressivo avanço da postura atual da sociedade quando comparada àquela de uma década atrás. Porém, tal conscientização não é suficiente para solucionar os problemas e suas conseqüências. O maior desafio ainda deve ser ultrapassado, qual seja: encontrar os caminhos para implementar as necessárias medidas de gestão de recursos hídricos capazes de solucionar os problemas mencionados apesar das circunstâncias atuais não serem as mais favoráveis. E a adequada gestão de recursos hídricos em regiões áridas e semi-áridas é apenas um, e talvez o mais complexo dos desafios.

ARIDEZ, ESCASSEZ DE ÁGUA E A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Vários conceitos têm sido utilizados para caracterizar regiões que apresentam quantidades insuficientes de água. Uma avaliação histórica indica uma mudança gradual nessa caracterização,

com classificações baseadas em simples conotações climáticas e em relações entre necessidades do recurso água e sua disponibilidade, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2: Evolução dos conceitos de aridez e estresse hídrico (adaptado de Petry, 2001)

CONCEITO	DEFINIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
Índice de aridez bioclimática (AI)	Relação entre a precipitação média anual (P) e a evapotranspiração média anual (ETP); $AI = P/ETP$	Desértica: $AI < 0,03$ Árida: $0,03 < AI < 0,2$ Semi-árida: $0,2 < AI < 0,5$
Índice de estresse de água (WSI)	Relação entre a taxa anual de recursos hídricos renováveis (WR) e a população (Pop); $WSI = WR/Pop$	Suficiência relativa: $WSI > 1700 \text{ m}^3/\text{ano}/\text{cap}$ Estresse hídrico: $1700\text{m}^3/\text{ano}/\text{cap} < WSI < 1000\text{m}^3/\text{ano}/\text{cap}$ Escassez hídrica: $WSI < 1000 \text{ m}^3/\text{ano}/\text{cap}$
Índice de escassez de água (WScI, WMO)	Relação entre a quantidade de água utilizada por ano (UW) e a taxa anal de recursos hídricos renováveis (WR); $WScI = UW/WR$	Escassez baixa de água: $WScI < 10\%$ Escassez moderada de água: $10\% < WScI < 20\%$ Escassez de média a alta de água: $20\% < WScI < 40\%$ Escassez alta de água: $WScI > 40\%$
Índice social de estresse de água (SWSI)	WSI corrigido por um fator que considera a capacidade de adaptação (IDH) de uma dada sociedade: $SWSI = WSI/IDH$	

Deve-se notar que, independentemente da forma de avaliação do problema de escassez de água, o uso de índices pode não identificar os problemas locais e regionais de escassez que ocorrem em grandes áreas continentais. Adicionalmente, problemas de escassez de água também podem ser observados em regiões com grandes quantidades superficiais de água devido à, por exemplo, falta de condições geológicas para formação de reservas importantes de água subterrânea, tal como ocorre no domínio de rochas cristalinas da zona semi-árida da região semi-árida do nordeste do Brasil.

As zonas áridas e semi-áridas são observadas em todos os continentes e também ocorrem em algumas regiões das Américas (por exemplo: sudoeste dos Estados Unidos, norte do México, parte da costa do Pacífico na América do Sul, nordeste do Brasil etc). As populações de algumas dessas áreas estão sujeitas, ou têm um alto risco de tornarem-se sujeitas, a situações de estresse hídrico ou mesmo de escassez hídrica.

O contexto da gestão de recursos hídricos em regiões áridas e semi-áridas, em sua forma atual, tem que proporcionar respostas para as seguintes perguntas:

- 1) como obter mais água?
- 2) como obter um maior uso da água disponível?
- 3) Como obter um maior valor para a sociedade do uso da água disponível?

E as respostas às questões acima devem ser fornecidas por ações ou medidas que sejam compatíveis com a correta gestão ambiental, de forma a garantir a sua integridade. De fato, essa é a mesma abordagem que deve ser seguida em qualquer contexto de aplicação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos. Todavia, além das dificuldades normais encontradas nas práticas atuais de gestão, deve-se lembrar que cuidados especiais devem ser dados aos possíveis meios de se aumentar a base sustentável de recursos hídricos em regiões áridas e semi-áridas uma vez que algumas das tecnologias convencionais aplicadas em regiões úmidas não podem ser adequadas.

Assim, as tecnologias alternativas – tais como: captação de água de chuva, aproveitamento de vazões em cursos d'água intermitentes, conservação de água e solo, dessalinização de águas salobras e do mar, transposição de bacias – têm sido cada vez mais utilizadas em regiões áridas e semi-áridas do mundo. Na seqüência deste trabalho, serão abordados as futuras tendências e problemas associados ao uso das técnicas de captação de água de chuva.

CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

O termo *water harvesting*, traduzido normalmente no Brasil, ainda que de forma limitante, por captação de água de chuva, é usualmente empregado para descrever uma série de métodos de coleta, concentração e armazenamento das águas que escoam por superfícies naturais ou artificiais. Em regiões de escassez, as técnicas de *water harvesting* são utilizadas para o aproveitamento de água de precipitações reduzidas e vazões em cursos d'água intermitentes. Em um sentido mais amplo, o termo *water harvesting* pode ser definido como a coleta de água para seu uso produtivo (Siegert, 1994). De fato, diversas definições têm sido apresentadas e não existe nenhuma de aceitação geral.

Normalmente as técnicas de captação de água de chuva são utilizadas para:

- restaurar a produtividade de terras que recebem precipitações inadequadas
- aumentar a produtividade de terras nas quais se pratica a agricultura de sequeiro
- minimizar o risco de áreas sujeitas a secas
- combater a desertificação com o cultivo de árvores
- garantir o suprimento de água potável para o consumo humano e para a dessedentação de animais

- minimizar a erosão de solos

Os principais componentes de um sistema de captação de água de chuva são a área de captação, o local de armazenamento e a área onde a água será utilizada. A precipitação incidente na área de captação é direcionada para o local de armazenamento. Essa área inclui os telhados de edificações, áreas de cobertura rochosa ou encostas. A água é armazenada em reservatórios superficiais ou subsuperficiais, em um meio poroso ou em aquíferos subterrâneos. A água coletada pode ter uso agrícola ou doméstico.

Assim como no caso de sua definição, diversas classificações dos sistemas de captação de água de chuva têm sido apresentadas e está além do escopo do presente trabalho discuti-las. Os métodos de captação de água de chuva podem ser divididos de acordo com a fonte de água utilizada – vapor d’água, água de escoamentos superficiais e águas subterrâneas – e com o tipo de armazenamento – superficial ou subterrâneo. Em termos gerais, então, quatro grandes grupos de métodos podem ser distinguidos, como apresentado na Figura 1.

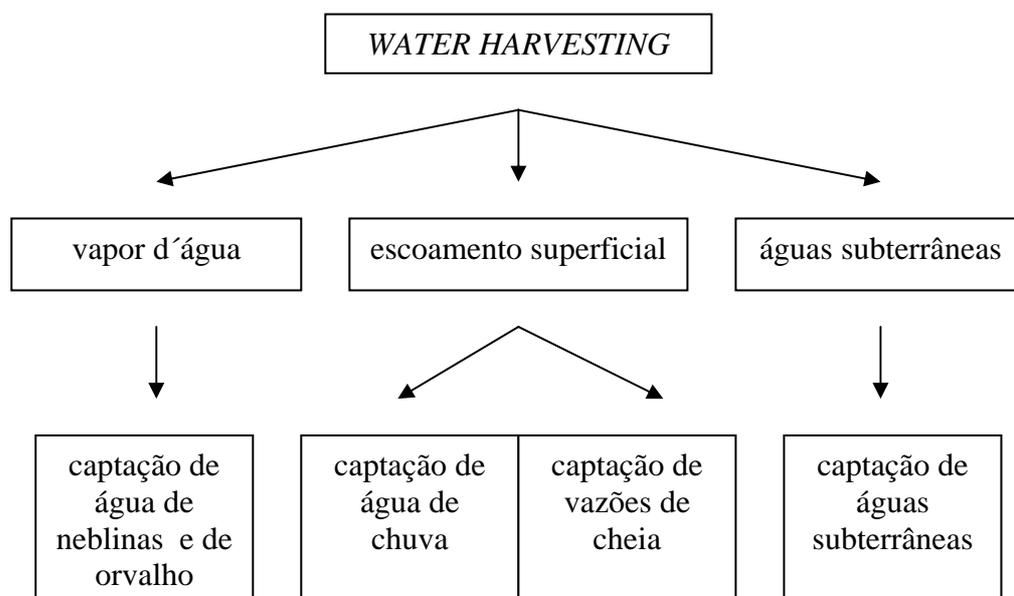


Figura 1: Os quatro principais grupos de técnicas de *water harvesting* (adaptado de Prinz, 1999)

Do exposto na Figura 1, nota-se a dificuldade em se considerar o termo captação de água de chuva como correspondente ao termo *water harvesting*, uma vez que as técnicas englobam a captação de água de diferentes fontes. Associado ao termo captação de água de chuva está o termo *rainwater harvesting*. Ainda assim, na seqüência do presente trabalho, optou-se por utilizar o termo captação de água de chuva no seu sentido mais amplo.

Estudos de campo recentes sugerem que é real a perspectiva de se duplicar a produtividade agrícola com a produção de mais produtos por gota de chuva. Todavia, tal produtividade não pode ser obtida com a gestão de recursos hídricos somente, sendo necessário aprimorar o estabelecimento

de práticas agrícolas associadas ao uso de técnicas de captação de água de chuva (Falkenmark et al, 2001). Portanto, um projeto de captação de água de chuva para fins agrícolas deve estar relacionado com atividades simultâneas de manejo de fertilidade de solos – incluindo o uso de implementos agrícolas e adição de matéria orgânica –, controle de pragas, rotação de culturas, capacitação de mão-de-obra rural e serviços de extensão.

O desafio está em se aprender com as experiências positivas e negativas de aplicação de técnicas de captação de água de chuva para, no primeiro caso, estabelecer diretrizes que permitam a sua difusão, e, no segundo, determinar as causas de falhas para que possam ser sugeridas recomendações visando progressos em futuros projetos.

ERROS FREQUENTES EM PROJETOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

O fato das técnicas de captação de água de chuva estarem despertando grande interesse não é suficiente para garantir o sucesso dos novos projetos. Apesar dos esforços observados em recentes projetos, várias são as causas de insucessos de sua implementação, como mostrado por diversos autores (Barrow, 1999; FAO, 1994; OEA, 1997; Oweis et al, 1999; Siegert, 1994). De uma forma geral, essas causas podem ser divididas em institucional, técnicas, econômicas e sociais, embora algumas possam ser incluídas em mais de uma divisão.

Pode-se observar que existe uma falta de conhecimento sobre a existência e a importância dessas técnicas em vários níveis de tomada de decisão e participação pública. A maioria das ações relacionadas ao uso de técnicas de captação de água de chuva é realizada de uma forma relativamente isolada e/ou sem uma apropriada coordenação interinstitucional, multidisciplinar e intersetorial. Na maior parte dos países onde as técnicas de captação de água de chuva têm sido utilizadas há uma ausência de uma adequada estrutura institucional, a qual deve incluir, por exemplo, programas de governo para treinamento de mão-de-obra rural. Além disso, não há uma legislação adequada para o uso de tais técnicas, assim como é incomum a ocorrência de políticas de governo de longo prazo, uma vez que as estratégias de desenvolvimento de projetos de captação de água de chuva não são apoiadas de maneira adequada.

Uma incompatibilidade das técnicas de captação de água de chuva com as estratégias tradicionais de produção de alimentos tem sido frequentemente observada. Algumas tecnologias podem não ser apropriadas para algumas regiões, uma vez que determinados projetos podem estar baseados em suposições erradas e podem não ser flexíveis. Em alguns casos tais projetos requerem mão-de-obra intensiva para construção e manutenção e dependem do uso de máquinas pesadas, geralmente não disponíveis em etapas posteriores do projeto.

A falta de treinamento de mão-de-obra rural em atividades relacionadas ao projeto, construção e manutenção podem tornar os usuários dependentes de técnicos e incapazes de compreender os parâmetros técnicos dos projetos – por exemplo, intensidade de chuvas, coeficientes de escoamento superficial etc. A falta de dados hidrológicos e outros tipos de informação técnica é um fator limitante para o correto planejamento e a adequada implementação dos projetos de captação de água de chuva com conseqüentes sistemas que apresentam fracos desempenhos. Por exemplo, as falhas observadas em alguns sistemas são resultantes do uso de estimativas incorretas da provável precipitação anual.

Projetos de captação de água de chuva são notoriamente fracos no que diz respeito ao monitoramento e avaliação. Na maior parte dos projetos verifica-se a inadequada coleta de dados mesmo nos níveis mais elementares. Esse fato, notadamente, dificulta a troca de informações sobre as experiências positivas e as causas de experiências negativas. Diversos manuais com descrições das técnicas de uso mais comum têm sido publicados nos últimos anos. Porém, normalmente não são apresentados guias para selecionar uma técnica específica de captação de água de chuva para ser aplicada em uma dada região.

Durante todas as fases dos projetos de captação de água de chuva, mas especialmente na de planejamento, freqüentemente é dada uma atenção insuficiente aos aspectos sociais e econômicos tais como posse da terra, desemprego e envolvimento dos beneficiários. E tais aspectos acabam por tornar-se a maior restrição para uma implementação eficiente de um projeto de captação de água de chuva. É simplesmente fundamental verificar com antecedência se as inovações técnicas propostas são atraentes aos beneficiários, que normalmente procuram e necessitam de ganhos em curto prazo, principalmente financeiros, ao invés de benefícios de longo prazo ou daqueles que representam ganhos para pessoas que residem relativamente distantes – por exemplo, uma redução nos processos erosivos beneficia usuários de água localizados em outras regiões pois pode reduzir as taxas de assoreamento, mas pode representar pouco, ao menos em curto prazo, para aquele que realizou o esforço.

Os possíveis beneficiários que não são adequadamente consultados ou envolvidos normalmente ficam ressentidos. Nesse sentido, para prevenir grandes diferenças de percepção como resultado da introdução das técnicas de captação de água de chuva em pequenas comunidades, cuidado especial deve ser tomado para assegurar que os mais pobres e as mulheres tenham igual acesso às técnicas. Em geral, têm sido enfatizados aspectos de engenharia e a introdução de novas culturas, e têm sido negligenciados fatores cruciais como o armazenamento, transporte e comercialização da produção. De fato, se não houver uma maneira eficiente de armazenamento, transporte ou retorno financeiro satisfatório, perde-se o sentido em executar algumas das melhorias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Várias recomendações para implantações mais eficientes de projetos de captação de água de chuva têm sido repetidas em muitas publicações de divulgação mundial (FAO, 1994; Oweis et al, 1999; Siergert, 1994). Ainda assim, tais publicações, e outras no mesmo tema, merecem ser difundidas com o objetivo de motivar o uso das técnicas de captação de água de chuva de uma maneira positiva.

O planejamento dos sistemas de captação de água de chuva deve ser parte de um plano integrado de gestão de recursos hídricos e de uso do solo em uma dada região ou bacia hidrográfica, e deve incluir uma melhoria das práticas agrícolas por meio da promoção de treinamento da mão-de-obra rural. De fato, nos países onde as técnicas de captação de água de chuva são utilizadas, uma agência/instituição, dentre as várias envolvidas, deve coordenar as atividades e deve ter a função de estabelecer uma base de dados regional para o armazenamento, processamento e análise dos dados coletados sobre o desempenho dos sistemas de captação de água de chuva.

Os projetos de captação de água de chuva devem ser implementados por uma equipe multidisciplinar de profissionais para garantir que os aspectos técnicos, sociais, econômicos e ambientais sejam considerados de forma adequada. Há uma necessidade de aplicar técnicas de captação de água de chuva desenvolvidas em escala experimental em situações de larga escala no campo para avaliar sua viabilidade e efeitos na produtividade agrícola.

Aspectos técnicos dos projetos de captação de água de chuva provavelmente serão aperfeiçoados com futuras pesquisas nas seguintes áreas:

- a) desenvolvimento de metodologias de avaliação do potencial de aplicação de técnicas de captação de água de chuva em uma dada região;
- b) aplicação de sistemas de informação geográfica e sensoriamento remoto para identificar locais potenciais para implementação das técnicas de captação de água de chuva;
- c) desenvolvimento de metodologias para avaliar a eficiência dos sistemas de captação de água de chuva; e
- d) desenvolvimento de metodologias para auxiliar a escolha das técnicas mais adequadas de captação de água de chuva para uma dada região.

Finalmente, é importante ressaltar que a sustentabilidade na agricultura é um objetivo, o qual só pode ser alcançado em um número limitado de situações. Portanto, as técnicas de conservação de solo e de captação de água de chuva representam a infra-estrutura básica para o desenvolvimento sustentável na agricultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROW, C.J., **Alternative irrigation: the promise of runoff agriculture**, Earthscan Publications, United Kingdom, 1999.
- EVENARI, M., SHANAN, L. And TADMORE, N., **The Negev: the challenge of a desert**, Harvard University Press, Cambridge, United Kingdom, 1971.
- FALKENMARK, M., FOX, P., PERSSON, G. and ROCKSTRÖM, J., Water harvesting for upgrading of rainfed agriculture: problem analysis and research needs – **SIWI report 11**, Stockholm International Water Institute, Sweden, 2001.
- FAO, Water harvesting for improved agricultural production, **Proceedings of the FAO expert consultation**, Rome, 1994.
- GNADLINGER, J., Rainwater harvesting for household and agricultural use in rural areas, **2nd World Water Forum**, Haia, Países Baixos, 2000.
- ORGANIZATION OF AMERICAN STATES, **Source book of alternative technologies for freshwater augmentation in Latin America and the Caribbean**, Washington, United States of America, 1997.
- OWEIS, T., HACHUM, A. and KIJNE, J., Water harvesting and supplemental irrigation for improved water use efficiency in dry areas, **SWIM paper 7**, International Water Management Institute, Sri Lanka, 1999.
- PETRY, B., Water Management in arid and semi-arid regions – issues and expectations, **Key note in the IV Interamerican dialogue on water management**, Foz do Iguaçu, Brazil, 2001.
- PRINZ, D., Traditional irrigation techniques to ease future water scarcity, **XVII International congress of the international commission on irrigation and drainage**, Spain, 1999.
- SIEGERT, K., Introduction to water harvesting: some basic principles for planning, design and monitoring. In: FAO, Rome. **Water harvesting for improved agricultural production**, 1994.