

Manejo, eficiência e uso da água em sistemas de irrigação



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Documentos 206

Manejo, eficiência e uso da água em sistemas de irrigação

Eugênio Ferreira Coelho

Alisson Jadavi Pereira da Silva

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Rua Embrapa - s/n, Caixa Postal 007
44380-000, Cruz das Almas, Ba
Fone: (75) 3312-8048
Fax: (75) 3312-8097
www.cnpmf.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Aldo Vilar Trindade*

Secretária-executiva: *Maria da Conceição Pereira Borba dos Santos*

Membro: *Antonio Alberto Rocha Oliveira*

Aurea Fabiana Apolinário de Albuquerque

Cláudia Fortes Ferreira

Hermínio Souza Rocha

Jacqueline Camolese de Araújo

Marcio Eduardo Canto Pereira

Tullio Raphael Pereira Pádua

Léa Ângela Assis Cunha

Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro

Supervisão editorial: *Aldo Vilar Trindade*

Revisão de texto: *Ana Lúcia Borges*

Tibério Santos M. da Silva

Zilton José Maciel Cordeiro

Normalização bibliográfica: *Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro*

Tratamento de ilustrações: *Anapaula Rosário Lopes*

Editoração eletrônica: *Anapaula Rosário Lopes*

Fotos da capa: *Alisson Jadavi Pereira da Silva*

1ª edição

versão (2013): 1.000 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Coelho, Eugênio Ferreira

Manejo, eficiência e uso da água em sistemas de irrigação / Eugênio Ferreira Coelho, Alisson Jadavi Pereira da Silva - Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013.

26 p. il. ; 21 cm. - (Documentos/ Embrapa Mandioca e Fruticultura, ISSN 1516-5728; 206).

1. Irrigação. 2. Agricultura. 3. Sistemas de irrigação. I. Coelho, Eugênio Ferreira, II. Título. III. Série.

CDD 631.587 (21.ed.)

© Embrapa 2013

Autores

Eugênio Ferreira Coelho

Engenheiro-agrônomo, D.Sc., Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Rua Embrapa, s/n, C. Postal 07, 44380-000 - Cruz das Almas, BA, eugenio.coelho@embrapa.br

Alisson Jadavi Pereira da Silva

Engenheiro-agrônomo, D.Sc., Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - Campus Senhor do Bonfim, BA, alissonagr@gmail.com

Apresentação

A água, elemento essencial para a vida, vem se tornando cada vez mais escassa e preciosa em todos os ambientes. Isto é ainda mais verdadeiro, quando se refere à água de boa qualidade para os diferentes usos.

A produção agrícola depende fundamentalmente da disponibilidade deste recurso natural, e em volumes superiores à maioria das outras atividades humanas, tanto na agricultura de sequeiro e, com ênfase maior, na agricultura irrigada. Demanda de consumo elevado, bem como um cenário de escassez crescente, determinam a exigência de uma atenção muito especial de todos para o uso cada vez mais criterioso e eficiente da água na agricultura.

Entre outros, os órgãos de pesquisa têm uma responsabilidade especial no desenvolvimento e disponibilização de informações técnicas e de práticas adequadas à minimização do consumo de água nos cultivos irrigados, sem prejudicar a capacidade produtiva das lavouras. Preocupado com isso, a equipe de manejo de água da Embrapa Mandioca e Fruticultura tem realizado trabalhos com o objetivo de maximização da eficiência da prática da irrigação na fruticultura.

Este documento condensa informações técnicas, obtidas em experiências próprias ou extraídas da bibliografia técnico-científica disponível, sobre práticas adequadas à maximização da eficiência do

uso da água na agricultura irrigada, sendo útil para todos os envolvidos nesta atividade produtiva de importância crucial para o atendimento presente e futuro da demanda por alimentos, fibras e energia no mundo.

Domingo Haroldo Reinhardt
Chefe Geral
Embrapa Mandioca e Fruticultura

Sumário

Introdução	11
Sistemas e eficiência de irrigação	13
Manejo e eficiência de irrigação	18
Conclusões	23
Referências	23

Manejo, eficiência e uso da água em sistemas de irrigação

Introdução

O bem-estar humano, a sustentabilidade dos ecossistemas, bem como a economia e a política, tudo depende da disponibilidade de água em quantidade e qualidade (GLEICK, 2001). Estima-se que o mundo contenha cerca de 1,4 bilhões de km³ de água (SHIKLOMANOV, 2000). Desse total de água, apenas 2,5% é água doce (UNEP, 2002). No entanto, cerca de dois terços dessa água doce se encontra na forma de gelo ou neve. Assim, a água doce (incluindo vapor atmosférico) totaliza apenas 0,77% do total dos recursos hídricos do mundo (UNEP, 2002). Desses, a maior parte ocorre em águas subterrâneas, enquanto menos de 1% ocorre em lagos, pântanos, zonas úmidas e rios (UNEP, 2002).

A permanência dessa quantidade de água combinada com o aumento da população humana acrescido dos intermináveis desmatamentos e do uso ineficiente da água nos setores produtivos vem gerando grandes conflitos por água em várias partes do mundo (SOPHOCLEOUS, 2004). Esse fato é um dos mais críticos problemas a serem enfrentados no início do século 21. A agricultura, por se tratar do setor produtivo que mais demanda água, tem sofrido pressões intensas para garantir a produção de alimentos com melhoria na eficiência do uso da água (HOWELL, 2001).

Na maior parte do mundo, com exceção da Europa e da América do Norte, a agricultura é quem mais utiliza água, contabilizada

mundialmente em cerca de 69%, sendo o uso doméstico cerca de 10%, e a indústria 21% (FAO, 2003). As áreas irrigadas ocupam 17% do total de área plantada, e geram 40% da produção alimentar mundial (FAO, 2003). No Brasil, segundo dados da ANA (2007), cada hectare irrigado equivale a três hectares de sequeiro em produtividade física e a sete em produtividade econômica.

No Brasil, entre os anos de 1975 a 2004, houve a incorporação na ordem de 2,4 milhões de hectares de terras irrigadas (CHRISTOFIDIS, 2008). A comunidade agrícola vê o crescimento contínuo da irrigação como um imperativo para atingir os objetivos traçados pela comunidade internacional, para reduzir a fome e a pobreza. No âmbito mundial, estima-se a possibilidade de um acréscimo de 29% dos solos irrigados até o ano 2025 (IWMI, 2000), quando estarão sendo irrigados cerca de 330 milhões de hectares (SHIKLOMANOV, 2000).

No Brasil, a eficiência média da irrigação é aproximadamente 59 % (Tabela 1). Isso significa que, para uma irrigação de 4 milímetros por dia (40.000 litros/hectare/dia) são necessários 67.796,61 litros de água. A elevação dessa eficiência em apenas 1% significaria uma economia de 1.129,94 litros/hectare/dia. Para uma área irrigada de apenas 1000 hectares, este incremento na eficiência representa uma economia de 1.129.940,00 litros de água. Considerando que o ser humano consome de 140 a 200 litros de água por dia, esta economia seria suficiente para suprir a necessidade de 6.647 pessoas.

Tabela 1. Eficiência de irrigação média para diferentes regiões do Brasil.

Região	Água derivada dos mananciais (m ³ /ha/ano)	Água consumida pelos cultivos (m ³ /ha/ano)	Eficiência de irrigação (%)
Norte	9.657	5.323	55,1
Nordeste	16.380	10.780	65,8
Sudeste	10.659	6.985	65,5
Sul	11.457	7.128	62,2
Centro-Oeste	7.941	2.442	30,8
Brasil	56.094	32.658	58,2

1. Sistemas e eficiência de irrigação

A distribuição dos sistemas de irrigação no Brasil tem acusado a irrigação por superfície como a de maior área irrigada, entretanto os últimos levantamentos (Ministério da Integração Nacional/SIH/DDH, 2002) têm mostrado um acréscimo nas áreas de aspersão convencional e de pivô central a valores próximos das áreas de superfície (Figura 1). A flexibilidade de instalação dos sistemas pressurizados aliados à maior eficiência dos mesmos, contra uma campanha negativa da irrigação por superfície devido à baixa eficiência tem atraído os produtores aos sistemas pressurizados.

Os dados da Tabela 2 diferem dos apresentados por Embrapa (1996), no qual o método de irrigação por superfície (gravidade) é o mais usado, abrangendo quase 60 % da área, seguido pelo pivô central com 20% da área total, a aspersão convencional com mais de 16% e a irrigação localizada (microaspersão e gotejamento) com 4% da superfície irrigada no país. Tais diferenças são explicitadas na Figura 1, em que os dados do Ministério da Integração Nacional/SIH/DDH (2002) são mais uniformes, exceto pela irrigação localizada. O método da superfície é predominante na região Sul, o de aspersão e pivô é mais comum na região Sudeste e Centro Oeste e a irrigação localizada é mais encontrada na região Nordeste (BARRETO et al., 2009).

Tabela 2. Áreas irrigadas (em Hectares) e métodos de irrigação utilizados por região no Brasil.

Regiões	Superfície	Aspersão convencional	Pivô Central	Localizada
Norte	50.180	6.055	1.410	1.690
Nordeste	155.644	242.506	122.006	138.421
Sudeste	208.740	245.768	362.618	83.388
Sul	152.924	82.060	500	18.720
Centro-Oeste	6.524	39.028	165.014	6.195

Fonte: Ministério da Integração Nacional/SIH/DDH (2002)

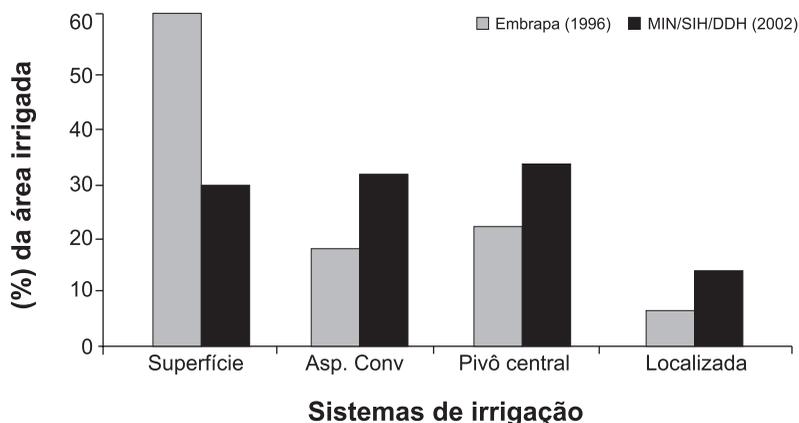


Figura 1. Percentagem de área irrigada por diferentes sistemas de irrigação.

Os sistemas de irrigação no mundo perdem 15% na condução da fonte à parcela, 15% na distribuição de água e 25% na aplicação na parcela, onde 45% são efetivamente usadas pela cultura (ANA, 2007). Hoje esses valores melhoraram no Brasil, com redução das perdas dos sistemas de irrigação, pela tendência de uso de sistemas de alta eficiência, conforme se pode observar pela Tabela 2 e Figura 1.

Um dos motivos que mais contribui para a baixa eficiência da irrigação é o fato de que grande parte das áreas irrigadas compreende projetos públicos ou público-privados, em que uma grande parte do irrigante é de baixo nível cultural o que dificulta o próprio entendimento da eficiência de irrigação e suas vantagens. Isso se agrava, principalmente quando o projeto não tributa a água usada pelo irrigante ou taxa a valores irrisórios. Existem muitos projetos de irrigação que trabalham nos sistemas de fluxo contínuo e rotação, nos quais as quantidades de água fornecidas aos irrigantes não levam em conta as necessidades das culturas e, por isso, podem tanto exceder as necessidades, como não serem suficientes. Há distritos de irrigação em que a adução é feita em dias específicos para atender mais ao regime de trabalho dos distritos do que à necessidade das culturas. Apenas a conversão desses sistemas para sistemas do tipo “conforme a demanda” (“on demand”), no qual o produtor pode decidir a sua necessidade de água, já poderia ser um fator substancial no aumento da eficiência de irrigação.

Muitos projetos em todo mundo utilizam o método de irrigação por superfície de forma rústica, isto é, sem aprimoramento técnico, ou utilizam irrigação pressurizada de baixa eficiência voltada para culturas de baixa rentabilidade. Novamente, a conversão destes sistemas de irrigação para sistemas de menor dispêndio de água, como é o caso da irrigação localizada associada a culturas de maior rentabilidade, como produtos hortícolas e fruteiras, por si, poderiam elevar a eficiência de irrigação.

A redução das perdas por condução em canais ou dutos, devido a vazamentos, tem mantido a eficiência de condução em valores razoáveis. Entretanto, o mesmo não tem ocorrido com a eficiência de aplicação, razão entre a água absorvida pelo sistema radicular e a água aplicada. O aumento da eficiência de aplicação ocorrerá na medida em que o agricultor irrigante tomar consciência da necessidade de usar racionalmente a água, o que não ocorrerá por si. A outorga de água condicionada ao uso de sistemas de irrigação mais eficientes e a taxação do insumo água, bem como a orientação e capacitação dos irrigantes, podem contribuir muito para percepção do agricultor.

Atualmente, há condição de se usar racionalmente a água pelo uso tanto dos sistemas de irrigação por superfície quanto dos pressurizados. A irrigação por sulcos com uso de pulso, ou “surge flow”, pode reduzir significativamente as perdas por percolação, elevando a eficiência do sistema em até 80% (MORRIS; LYNNE, 2008). No caso da irrigação pressurizada, pode-se promover redução substancial do dispêndio de água pelo uso de sistemas de irrigação localizada, como é o caso da microaspersão e do gotejamento, além de outros. Mesmo nos países desenvolvidos, em apenas 1% das áreas irrigadas é adotado o método de gotejamento, um dos mais eficientes na relação entre produtividade e unidade de água aplicada. O uso dos métodos de irrigação localizada é mais recomendado para culturas hortícolas e para fruteiras, que têm maior rentabilidade e são condizentes com os custos dos sistemas, embora outras culturas também sejam cultivadas com gotejamento sub-superficial ou enterrado, como é o caso da cana de açúcar. Na irrigação localizada, o gotejamento subsuperficial é o de maior eficiência (acima de 90%), uma vez que as perdas de água por evaporação são as menores possíveis, pela própria posição do emissor no solo. As perdas por

evaporação tendem a aumentar para o gotejamento superficial e para a microaspersão, que expõe maior área molhada ou área de evaporação de água. Phene et al. (1992) verificaram, em lisímetros, a relação entre a evaporação em um solo nu (E_{bs}), sem cultura, e a E_{To} , na qual a razão E_{bs}/E_{To} ficou próxima de 0,07 para irrigação por gotejamento enterrado com alta frequência, 0,10 para irrigação por gotejamento superficial com alta frequência e 0,25 para gotejamento superficial de baixa frequência.

No caso da irrigação por aspersão, os sistemas de aspersão convencional de alta pressão do tipo canhão são os de mais baixa eficiência (50-60%). Os sistemas de baixa e média pressão, tanto portáteis como móveis ("side-roll"), apresentam eficiência entre 60 e 75% (Tabela 3).

Os sistemas de pivô central e de movimento linear ("linear move") são os de maior eficiência. Esses sistemas podem ter variações quanto à posição e pressão dos emissores. No caso chamado de MESA, "medium elevation spray application", em quemantém os aspersores tipo spray à meia altura entre a superfície do solo e a linha principal, no qual o sistema passa ter maior eficiência pela redução das perdas por deriva pelo vento, com eficiência entre 80-85%. Quando os aspersores tipo spray de pressão entre 34 e 68 kPa são mantidos dentro da cultura, de 0,30 m a 0,90 m da superfície do solo dentro da cultura, o sistema passa a ser denominado LPIC – "low pressure in canopy". Quando os aspersores tipo spray são colocados entre 0,45 m e 1,50 m da superfície do solo, o sistema passa ser denominado LESA – "low elevation spray application", cuja eficiência fica entre 85-90%. Essa pode aumentar para 90 a 95%, quando os aspersores tipo spray, às vezes com extensão de mangueiras com meias de manta butílica ou nylon, ficam a 0,20 m da superfície do solo ou com as extensões de meias sobre o solo, sendo a água dirigida para sulcos no solo, caracterizando o sistema LEPA – "low energy precision application", cuja eficiência pode chegar a 90% (TOMAZELA et al., 2008).

Dos sistemas de irrigação existentes, os de microirrigação ou irrigação localizada são os que apresentam maior potencial para o uso eficiente da água e energia elétrica (Tabela 3).

Tabela 3. Eficiência de irrigação e consumo de energia de diferentes métodos de irrigação.

Método de Irrigação	Eficiência de Irrigação (%)	Uso de Energia (kWh/m ³)
Superfície	40 a 75	0,03 a 0,3
Aspersão	60 a 85	0,2 a 0,6
Localizada	80 a 95	0,1 a 0,4

Fonte: Marouelli; Silva (1998)

Tabela 4. Eficiência para diferentes sistemas de irrigação.

Método de Irrigação	Sistema de irrigação	Eficiência (%)
Superfície	Bacias em nível	60 - 80
	Sulcos	60 - 80
	Pulso ("Surge flow")	65 - 80
	Faixas	55 - 75
	Sulcos corrugados	40 - 55
Aspersão	"Linear move"	75 - 90
	Pivô central de baixa pressão	75 - 90
	Aspersão fixo	70 - 85
	Pivô central de alta pressão	65 - 80
	Aspersão portátil	60 - 75
Microirrigação	Alto propelido	60 - 70
	Gotejamento superficial	85 - 95
	Gotejamento enterrado	85 - 95
	Microaspersão	85 - 90

Fonte: Morris; Lynne (2006)

Apesar de se conhecer a eficiência que se pode alcançar com os métodos de irrigação, valores abaixo do potencial de cada sistema são constatados em campo por causa do inadequado manejo dos sistemas (Hutmacher et al., 1994). A grande maioria dos irrigantes ainda não tem seu sistema configurado de modo adequado, nem tampouco determinam de forma correta a quantidade de água a repor, nem o momento adequado. Para Mantovani et al. (2006), atualmente, com empresas cada vez mais modernas e capacitadas, o sucesso do empreendimento de irrigação poderia ser facilmente alcançado se dependesse apenas da qualidade do projeto, dos equipamentos e da implantação. No entanto, os sistemas são manejados por usuários que não sabem ao certo quando e quanto aplicar de água na irrigação.

2. Manejo e eficiência de irrigação

O manejo da irrigação contempla a aplicação de água no momento correto e na quantidade demandada pela cultura para aquele momento. O manejo da irrigação deve ser adequado aos sistemas de irrigação de forma a se obter elevadas eficiências. Não adianta dispor de um sistema de irrigação de alta eficiência se o manejo da irrigação é deficiente.

Após a instalação do sistema de irrigação, o produtor deve realizar o manejo inicial de irrigação, que é normalmente tomado com base em turnos de rega calculado, com base em valores da evapotranspiração da cultura (ETc) ou na lâmina real necessária (LRN). Geralmente, os valores da ETc são calculados em função de valores estabelecidos no projeto, máximos para determinados períodos de retorno, o que leva a reposição de água ao solo acima da necessidade real da cultura, causando reduções na eficiência de irrigação. Dessa forma, as recomendações de irrigação constantes nos projetos são adequadas para o dimensionamento dos sistemas de irrigação, que deve se basear em valores máximos dos parâmetros necessários, dentro de determinados períodos de retorno, para definir as necessidades de água em níveis seguros.

O consumo de água diário das culturas varia conforme o estágio de desenvolvimento e com as condições meteorológicas locais. Portanto, o manejo da irrigação não pode ser de natureza fixa, conforme preconizado em projeto, mas deve ser de natureza flexível.

Dentre os métodos utilizados para o manejo da irrigação, o uso de sensores de água do solo pode servir tanto para definição do momento da irrigação como da quantidade de água a ser aplicada no solo, o que requer o conhecimento da curva característica de umidade do solo. Atualmente existem sensores calibrados para medir a umidade do solo ou o potencial de água do solo. Os primeiros evitam as transformações do potencial em umidade, o que de certa forma pode ser uma fonte de erros do sistema, dado que a curva de retenção é feita em laboratório e os resultados estão sujeitos a variáveis, tais como o funcionamento do conjunto extrator, tamanho da amostra e sua representatividade das condições de campo.

Na escolha do local de instalação dos sensores, levar em consideração que o ponto deverá ser representativo e que a quantidade de pontos amostrados deverá aumentar com a variabilidade espacial da área. É importante que a área seja subdividida em talhões, apresentando certa homogeneidade das características físico-hídricas do solo, procedendo-se o manejo de água diferenciado e adequado a cada talhão. A região de instalação dos sensores também deve ser levada em conta, devendo esta coincidir com a zona de maior intensidade de extração de água do sistema radicular, onde pelo menos 80% da água estejam sendo extraída. Trabalhos de Coelho et al, (2007) e Silva et al. (2009) têm definido zonas de instalação de sensores de água no solo para manejo de irrigação (Figura 2).

Atualmente existem sensores de umidade de fácil manuseio, tais como a sonda de nêutrons, a sonda de capacitância e os reflectômetros de TDR. A sonda de nêutrons apresenta problemas de perigo ao usuário pelo uso de substância radioativa no equipamento. A TDR oferece maior precisão de uso e apresenta um leque de sensores a diferentes preços, sendo, até o momento, mais indicado para uso em pesquisa, por causa de seu elevado custo e necessidade de conhecimento técnico especializado. Os tensiômetros têm menor custo, comparado à TDR, e com o uso do tensímetro digital de punção, as leituras tornam-se mais práticas e fáceis ao usuário, dispensando o uso de vacuômetros, pouco resistentes ao tempo, e o uso do mercúrio, nocivo à saúde humana.

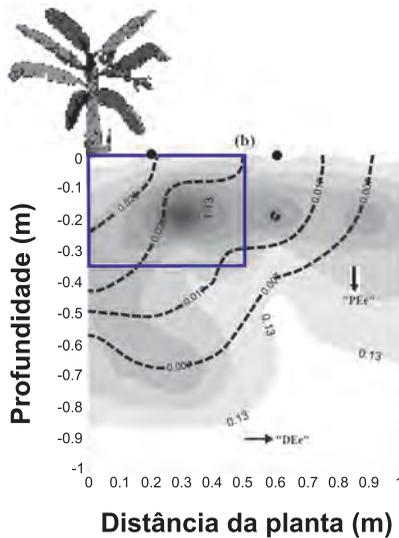


Figura 2. Região ideal para locação de sensores de água no solo (delimitação em azul) para bananeira irrigada por gotejamento (Silva et al., 2008).

Em geral, a maioria das culturas desenvolvem-se muito bem a potenciais matriciais de água do solo em níveis próximos da capacidade de campo, isto, próximo de -6 kPa, -10 kPa e -30 kPa para solos arenosos, de textura média e argilosos, respectivamente. Há culturas que, pela maior demanda de água, não permitem elevada redução na tensão de umidade, tais como o mamoeiro, a bananeira, ao passo que culturas como a laranja, a manga ou o abacaxi já toleram maiores perdas de água do solo.

O uso de sensores de água do solo para determinar o momento de irrigar é inquestionável, desde que corretamente posicionados no solo, entretanto o uso dos mesmos para quantificar a irrigação deve ser ponderado. O sensor fornece a umidade atual do solo, que pode ser usada no cálculo da lâmina líquida de reposição de água, quer seja essa umidade a crítica ou não. O cálculo da lâmina líquida de irrigação envolve, além das umidades à capacidade de campo e atual do solo, a profundidade da zona radicular. Essa profundidade tem sido tabelada, entretanto os valores disponíveis muitas vezes não levam em conta a profundidade efetiva do sistema radicular, o que pode superestimar a quantidade de água a ser aplicada, de forma a reduzir a eficiência da irrigação.

O uso da evapotranspiração de referência (ET_o) é muito comum na determinação da lâmina líquida de reposição às plantas entre irrigações, quando associada ao coeficiente de cultura para determinação da evapotranspiração da cultura. A precisão da determinação dessa variável interfere diretamente na precisão da determinação da lâmina de irrigação. A determinação da ET_o por métodos mais precisos, como o de Penman-Monteith modificado (FAO 56), com uso de equipamentos automáticos que medem todas as variáveis meteorológicas necessárias (umidade relativa, velocidade de vento, radiação solar e temperatura do ar), permite a obtenção da ET_c de forma mais precisa, contribuindo significativamente no ganho de eficiência de irrigação.

O balanço de água no solo é o método no qual se computam as perdas de água pela planta mediante o monitoramento detalhado da umidade do solo na zona de extração radicular. Dessa forma, quando o déficit de água do solo for superior a um valor de déficit permitido, irriga-se para retornar a umidade do solo à capacidade de campo do mesmo. Esse método fica condicionado às perdas por percolação profunda, difícil de medir, e sua existência reduz a precisão de uso do método e a eficiência da irrigação.

Todos os métodos de manejo da irrigação requerem cálculos matemáticos. Os cálculos, por sua vez, exigem um pouco de cultura do irrigante, que normalmente não os absorve ou os abandona em troca do uso do método empírico de se estabelecer um número de horas, indistintamente, com base em experiência de algum irrigante da redondeza. Portanto, transferir tecnologia de manejo de irrigação é uma tarefa difícil. As tecnologias, mesmo que envolvam em si elevados níveis do conhecimento científico, devem ser moldadas da forma mais simples possível para serem adotadas pelos irrigantes.

O uso de aplicativos computacionais com objetivo de facilitar o manejo de irrigação tem dispensando ao usuário os cálculos. Há aplicativos para manejo de irrigação de várias culturas que determinam quanto irrigar por diferentes meios. Entretanto, alguns podem assumir dimensões que passam a requerer do usuário capacidade e conhecimento de computadores, o que dificulta o uso em condições práticas.

Um ponto que pode interferir na eficiência de irrigação é a transferência da lâmina bruta de irrigação, calculada para o tempo de irrigação e ou volume de água a ser aplicada. No caso de uso da aspersão, a uniformidade de distribuição de água afeta sensivelmente a intensidade média de aplicação de água. A uniformidade estará sujeita a fatores do sistema de irrigação, como espaçamento entre emissores e laterais, tipo de emissor (vazão, diâmetro do bocal, altura em relação ao solo), pressão de serviço dos emissores, além de fatores meteorológicos como vento e umidade relativa. A avaliação da distribuição de água no solo em sistemas de irrigação para determinação da uniformidade de distribuição deveria fazer parte da agenda de produtores irrigantes de forma a conservar a uniformidade em níveis otimizados. O que se tem observado em campo é a expansão de áreas irrigadas com ajustes hidráulicos ineficientes, o que tem causado desbalanço na pressão do sistema com redução na uniformidade de distribuição. Com valores de uniformidade de distribuição otimizados, é possível determinar o tempo adequado de irrigação com uso da intensidade média de precipitação.

No caso da irrigação localizada, a determinação do tempo de irrigação torna-se mais difícil dado o fato de que uma lâmina uniforme de irrigação deve ser transformada em um volume de água que suprirá um dado volume de solo. Uma vez determinada a lâmina bruta que envolve a ET_c , o coeficiente de cultura e o coeficiente de localização ou redução de área evapotranspirada, essa lâmina deverá ser multiplicada por uma área, considerada a área de ocupação da planta, entretanto tal área não condiz com a área efetivamente molhada. Na microaspersão, a exemplo da aspersão, pode-se determinar a intensidade de precipitação média da área. A comparação de uso do tempo de irrigação, determinado a partir do volume de água a ser aplicado, da vazão do emissor e do tempo resultante da razão entre a lâmina bruta calculada e a intensidade média de aplicação, geram resultados diferentes, o que mostra a necessidade de avaliação da transferência dos valores calculados da lâmina aplicada para a quantidade de água efetivamente aplicada no solo.

Conclusões

A eficiência de uso da água não tem tido no Brasil a consideração necessária, sendo que o dispêndio tanto nos projetos de irrigação públicos como privados supera o uso consuntivo das culturas. A tendência, entretanto, é cada vez mais valorizar a água pelas incertezas da disponibilidade da mesma, principalmente no futuro. A maximização do uso da água para irrigação, em termos econômicos, não tem tido a consideração que deveria merecer por parte dos usuários, o que pode ser melhorado com a ampliação dos conhecimentos aos técnicos que atuam na agricultura irrigada. Tecnologias de elevação da eficiência de uso da água existem no que se refere a atuação nos sistemas de irrigação, bem como ao se atuar no manejo da irrigação em si, de modo a aumentar a produtividade por lâmina de água aplicada.

Referências

ANA. Agência Nacional de águas. **Utilizações da Água**. 2. Ed. Brasília: ANA, 2007. (Caderno de Recursos Hídricos).

CHRISTOPHERSON, R. W. **Geosystems**: an introduction to physical geography. 4th edn. New Jersey: Prentice Hall, Upper Saddle River, 2002, 626p. (plus appendices).

CHRISTOFIDIS D. **O futuro da irrigação e a gestão das águas**. Brasília, DF,. 21 de novembro de 2008. (Série Irrigação e Água).

COELHO E. F.; SANTOS, D. B.; AZEVEDO C. A. V., Sensor placement for soil water monitoring in lemon irrigated by micro sprinkler. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.46–52, 2007.

COELHO, E. F.; SANTOS, M. R.; COELHO FILHO, M. A. Distribuição de raízes de mamoeiro sob diferentes sistemas de irrigação localizada em Latossolo de Tabuleiros Costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, n.1, p.175-178. 2005.

COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; SIMÕES, W. L.; COSTA, E. L. Uso regulado do déficit de irrigação nas fases de crescimento de frutos de lima ácida Tahiti irrigado por gotejamento. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E

DRENAGEM, 17., 2006, Goiania, GO. [**Anais...**]. Goiania: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2006.

COTRIN, C. E.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; RAMOS, M. M. ; SILVA, J. A. da. Irrigação com déficit regulado e produtividade de mangueira Toomy Atkins, sob gotejamento, no Semi-Árido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju, SE. [**Anais...**], Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007.

ENGLISH, M. J. Deficit irrigation. I. Analytical framework. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 116, n. 3, p. 339-412, 1990.

FAO. Food and Agricultural Organization. **Unlocking the water potential for agriculture**: Rome, Italy, 2003. 62 p.

FAO. Food and Agricultural Organization. **Crops and drops**: making the best use of land and water. Rome, Italy, 2007. 24 p.

FRIZZONE, J. A. **Funções de resposta das culturas à irrigação**. Piracicaba : ESALQ, 1993. 42 p. (Ler. Série Didática, 6).

GLEICK, P. H. **How much water is there and whose is it? The world's water 2000-2001**. Washington, D.C.: Island Press, 2000, p. 19-38.

GU S.; DAVID, Z.; SIMON, G.; GREG, J. **Effect of partial rootzone drying on vine water relations, vegetative growth, mineral nutrition, yield, and fruit quality in field-grown mature sauvignon blanc grapevines**. Fresno: California Agricultural Technology Institute; California State University, 2000. (Research Notes, 000702)

HOWELL T.A., Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. **Agron J.** v. 93, p. 281-289, 2001.

HUTMACHER, R. B.; NIGHTINGALE, H. I.; ROLSTON, D. E.; BIGGAR, J. W.; DALE, F.; VAIL, S. S.; PETER, D. Growth and yield responses of almond (*Prunus amygdalus*) to trickle irrigation. **Irrig. Sci.**, v. 14, p.117-126. 1994.

IWMI. International Water Management Institute. **World water and climate atlas**, 2000. Disponível em: <<http://www.iwmi.cgiar.org/WAtlas>>. Acesso em: 3 de febv. 2010.

KANG, S.; HU, X.; GOODWIN, I.; JIRIE P.J. Soil water distribution, water use and yield response to partial rootzone drying under flood-irrigation condition in a pear orchard. **Scientia Horticulturae**, v. 92, n. 3, p. 277-291, February, 2002.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação - princípios e métodos**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. v. 1, 318 p.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 1998. 15p. (Embrapa Hortaliças. Circular técnica, 11).

MORRIS M.; LYNNE V. **Measuring and conserving irrigation water**. Disponível em: < www.attra.ncat.org/attra-pub/irrigation_water.html > . Acesso em: 04 abr. 2008.

SILVA A. J. P.; COELHO E. F.; MIRANDA J. H. Definição do posicionamento de sensores para irrigação da bananeira por sistemas de irrigação por gotejamento. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 16., 2008, São Mateus, ES. [Anais...]. São Mateus: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2008.

PHENE, C. J.; HUMACHER, R. B.; AYARS, J. E.; DAVIS, K. R., MEAD, R. M.; SCHONEMAN, R. A. Maximizing water use efficiency with subsurface drip irrigation. In: INTERNATIONAL SUMMER MEETING OF THE ASAE, 1992. Charlotte, NC. **ASAE** ,paper n. 922090, 20p. 1992.

SILVA, A. J. P. da; COELHO, E. F.; MIRANDA, J. H. Posicionamento de sensores no solo para o manejo da irrigação da bananeira por sistemas de microaspersão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 38, 2009, Juazeiro-BA. [Anais...]. Juazeiro: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2009.

SOUZA, C. R.; MAROCO, J. P.; CHAVES, M.M.; SANTOS, T.; RODRIGUEZ, A. S.; LOPES, C.; RODRIGUES, M. L.; PEREIRA, J. S. Effects of Partial Root Drying on the Physiology and Production of Grapevines. **Acta Hort.**, v. 646, p.121-126, 2004. Disponível em: < http://www.actahort.org/books/646/646_14.htm > . Acesso em: 25 de fevereiro de 2010.

STOLL M.; LOVEYS, B.R.; DRY, P. Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, p.1627-1634. 2000.

SHIKLOMANOV, I. A. Appraisal and assessment of world water resources. **Water Intern.**, v. 25, n. 1, p. 11-32, 2000.

SOPHOCLEOUS, M. A., 2004, Climate change why should water professionals care? **Natural Resources Research**, v. 13, n. 2, June 2004.

SHIKLOMANOV, I. A., 2000, Appraisal and assessment of world water resources: **Water Intern**, v. 25, no. 1, p. 11–32.

TOMAZELA C. **Irrigação localizada com sistema pivô central e linear: a nova fronteira da irrigação no Brasil**. Disponível em: <http://www.pivotvalley.com.br/valley/mestre/irrig_local_central_linear.php>. Acesso em: 04 abr. 2008.

TOEPFER, K., (Ed.). Our Planet. **UNEP magazine for environmentally sustainable development**, Issue on Freshwater, 1998. Disponível em: <<http://www.ourplanet.com>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2012.

UNDESA. United Nations Department of Economic and Social Affairs. Global challenge, global opportunity: trends in sustainable development. **Johannesburg Summit**, Johannesburg, South Africa, 2002. 21 p.

UNEP. Vital water graphics: **AN overview of the state of the world's fresh and marine waters**, 2002: Disponível em: <<http://www.unep.org/vitalwater/fresh-water.htm>>. Acesso em: 8 jan. 2008.



Mandioca e Fruticultura

Patrocínio:



Processo CNPq 562503/2010-2

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**



CGPE 10799