



Sistemas e Manejo de Irrigação na Bacia do rio Doce

FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES - FUNARBE

RELATÓRIO TÉCNICO

PRODUTO 2

Ampliação do Conhecimento dos Produtores Rurais das Propriedades Indicadas a Respeito das Necessidades de Água das Culturas, Por Meio de Estratégia de Apoio e Divulgação de Informações Sobre Sistemas e Manejo de Irrigação, Com Aumento da Eficiência de Uso de Água na Agricultura.

PROGRAMA DE INCENTIVO AO USO RACIONAL DE ÁGUA NA AGRICULTURA (P22)

ETAPA II

Rios Manhuaçu e Santa Maria do Doce

PERÍODO

Outubro de 2014 a Setembro de 2015

**Viçosa – MG
Março, 2015**

FUNARBE

Fundação de Apoio à Universidade Federal de Viçosa

CONTRATO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇO

Nº 10/2013

ATO CONVOCATÓRIO Nº 01/2013

CONTRATO DE GESTÃO Nº 072/ANA/2011

RELATÓRIO TÉCNICO

Produto 2

Ampliação do Conhecimento dos Produtores Rurais das Propriedades Indicadas a Respeito das Necessidades de Água das Culturas, Por Meio de Estratégia de Apoio e Divulgação de Informações Sobre Sistemas e Manejo de Irrigação, Com Aumento da Eficiência de Uso de Água na Agricultura.

**PROGRAMA DE INCENTIVO AO USO RACIONAL DE ÁGUA NA AGRICULTURA
(P22)**

ETAPA II

Rios Manhuaçu e Santa Maria do Doce

PERÍODO

Outubro de 2014 a Setembro de 2015

VIÇOSA – MG
Março, 2015

CONTRATO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇO Nº 10/2013

ATO CONVOCATÓRIO Nº 01/2013
CONTRATO DE GESTÃO Nº 072/ANA/2011

RELATÓRIO TÉCNICO

Produto 2 – Ampliação do Conhecimento dos Produtores Rurais das Propriedades Indicadas a Respeito das Necessidades de Água das Culturas, Por Meio de Estratégia de Apoio e Divulgação de Informações Sobre Sistemas e Manejo de Irrigação, Com Aumento da Eficiência de Uso de Água na Agricultura.

Programa de Incentivo ao Uso Racional de Água na Agricultura (P22)

COORDENAÇÃO TÉCNICA Instituto BioAtlântica (IBIO - AGB Doce)	
Diretor Geral Ricardo Alcântara Valory	Coordenador de Programas e Projetos Fabiano Henrique da Silva Alves
Diretor Técnico Edson de Oliveira Azevedo	Coordenador Administrativo-Financeiro Rossini Pena Abrantes
Analista de Programas e Projetos Eduardo de Freitas Costa	
Comissão de Acompanhamento dos Produtos Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce	
Agência Nacional de Águas – ANA Devanir Garcia dos Santos	

Equipe Executora: UFV/FUNARBE

Coordenador/Especialista I
Rubens Alves de Oliveira

Especialista III
Mauro Aparecido Martinez

Especialista II
Márcio Mota Ramos

Especialista IV
Gustavo de Castro Gonçalves

Equipe de Apoio
Amanda Juliana do Carmo

Março de 2015

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	5
1 INTRODUÇÃO	8
2 SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO	11
2.1 IRRIGAÇÃO POR SULCOS	13
2.2 IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO	15
Aspersão Convencional Semiportátil	18
Aspersão Convencional Portátil	19
Aspersão com Canhão Hidráulico Portátil	19
Pivô Central	20
2.3 IRRIGAÇÃO LOCALIZADA	27
3 MANEJO DA IRRIGAÇÃO	31
3.1 CONCEITOS APLICADOS NO MANEJO DA IRRIGAÇÃO	32
Capacidade de Campo e ponto de murcha permanente	32
Densidade do Solo	33
Fator de disponibilidade de água no solo	36
Profundidade efetiva das raízes das culturas	36
Evapotranspiração da cultura	37
Eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação	40
Intensidade de aplicação de água	40
3.2 ESTRATÉGIAS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO	41
Manejo da Irrigação baseado na umidade do solo	41
Manejo da Irrigação baseado estimativa da evapotranspiração da cultura	45
Tanque Classe A	46
Estação Meteorológica Automática	49
Irrigâmetro	50
Aspersão Convencional, Gotejamento e Microaspersão	55
Pivô Central	57
4 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	68

APRESENTAÇÃO

Este livro é parte integrante dos trabalhos que vêm sendo desenvolvidos pelo Instituto BioAtlântica (IBIO AGB Doce) – entidade delegatária e equiparada às funções de Agência de Águas da Bacia do Rio Doce, para ampliar o conhecimento dos produtores rurais a respeito dos sistemas de irrigação e do seu manejo, constituindo-se em um meio de divulgação de informações técnicas sobre as necessidades de água das culturas e da eficiência de uso de água na agricultura irrigada, no âmbito do Programa de Incentivo ao Uso Racional de Água na Agricultura na Bacia Hidrográfica do Rio Doce – P22.

A implementação do Programa P22 contempla diversas ações que estão contribuindo para o desenvolvimento da agricultura irrigada na Bacia do Rio Doce, estimulando os agricultores a otimizar o uso da água e da energia através do manejo racional da irrigação. Isso reduz as pressões econômicas e sociais sobre os agricultores irrigantes, decorrentes da crescente competição pelo uso dos recursos hídricos entre os diversos usuários, principalmente em época de escassez hídrica.

É importante ressaltar que as mudanças climáticas vêm provocando a ocorrência de períodos secos mais prolongados, reduzindo a disponibilidade de recursos hídricos. Em decorrência disso, já está havendo conflitos entre usuários, e o Ministério Público (MP) tem adotado estratégias para discipliná-los, especialmente os irrigantes. Para atender ao MP, os agricultores estão adotando novas tecnologias de manejo da irrigação, visando aumentar a eficiência no uso da água. Nesse cenário, torna-se cada vez mais importante a atuação das agências de águas, dos comitês de bacias hidrográficas e das empresas de extensão rural para orientar os produtores rurais na aquisição de equipamentos eficientes e prestar assistência técnica quanto ao manejo da irrigação.

Tendo em vista esse quadro, neste livro estão apresentadas as principais características dos sistemas de irrigação mais encontrados na Bacia do Rio Doce, incluindo-se a irrigação por sulcos, por aspersão, por gotejamento e por microaspersão, além de diversas tecnologias para manejo da irrigação, com foco no uso do Irrigâmetro. Busca-se conscientizar e orientar os agricultores a escolherem o método de irrigação mais apropriado para a sua propriedade, considerando o tipo de solo, as características do relevo e da cultura, as condições climáticas regionais e a disponibilidade de recursos hídricos.

Objetiva-se também, orientá-los a realizarem as irrigações de maneira adequada com aplicação de água na quantidade certa, uma vez que o uso de sistemas de irrigação bem dimensionados e manejados, associado à condução técnica das lavouras, traz ganhos econômicos, sociais e ambientais não apenas aos produtores rurais da bacia hidrográfica, mas para a sociedade como um todo.

Assim, este livro se constitui em um instrumento simples, mas valioso para capacitar produtores rurais da Bacia do Rio Doce a adotarem tecnologias que possibilitam maior economia de água e de energia, com redução de custos e aumento da produtividade das culturas.

A aplicação dos conhecimentos adquiridos pode contribuir para o desenvolvimento da agricultura irrigada na bacia, para o crescimento da oferta de alimentos, para a geração de emprego, para a preservação do meio ambiente e para a melhoria da renda e da qualidade de vida do produtor rural, além de aumentar a disponibilidade hídrica à geração atual e às futuras.

SISTEMAS E MANEJO DE IRRIGAÇÃO NA BACIA DO RIO DOCE

Rubens Alves de Oliveira
Márcio Mota Ramos

1. INTRODUÇÃO

Água de boa qualidade é um recurso finito na natureza e a sua disponibilidade vem diminuindo gradativamente devido ao crescimento populacional, à expansão das diversas atividades humanas e à degradação do meio ambiente. Ela é usada para atender às necessidades básicas humanas e animais, para a manutenção dos ecossistemas e como insumo em muitas atividades econômicas, principalmente na agricultura irrigada.

O desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada depende da utilização adequada dos recursos hídricos para suprir as necessidades de água das culturas, a fim de melhorar a produtividade agrícola e ofertar maior quantidade de alimentos para atender ao crescimento populacional do planeta. No entanto, é essencial que a produção de alimentos ocorra com o uso de práticas ambientalmente corretas no que diz respeito à utilização da água, incluindo-se o seu armazenamento em períodos de chuva, o aumento da eficiência dos sistemas de irrigação e o manejo racional da água aplicada às plantas.

Na agricultura irrigada, o objetivo é melhorar a produtividade da cultura e a qualidade da produção, com sustentabilidade econômica, social e ambiental. Estima-se que mais de 40% da produção agrícola mundial é proveniente de áreas irrigadas, as quais ocupam aproximadamente 16% da área total cultivada.

O sucesso do investimento em agricultura irrigada requer melhor planejamento por parte do produtor do que em agricultura de sequeiro, devendo dispor de equipamentos modernos, sementes selecionadas, fertilizantes, defensivos agrícolas, de informações técnicas a respeito da planta, do solo, da água e do clima, além de rigor na gestão de custos e de conhecimento da estrutura de

comercialização dos seus produtos. Falhas em qualquer etapa desse processo podem ocasionar sérios prejuízos econômicos para o produtor irrigante. Portanto, a adoção da irrigação precisa estar em consonância com as demais práticas recomendadas de cultivo, exigindo acompanhamento técnico especializado e critérios corretos na tomada de decisões, além de maior controle administrativo das atividades agrícolas.

Ao utilizar técnicas recomendadas de produção agrícola, incluindo-se fertilização do solo, rotação de culturas, manejo integrado de pragas e doenças, entre outras, e irrigar, observando o momento apropriado e a quantidade adequada de água a ser aplicada às culturas, o produtor aumenta a produtividade agrícola com economia de água e energia, melhora a sua renda e contribui para preservar o meio ambiente e promover a sustentabilidade no campo. Assim, o produtor tem que repensar todo o seu sistema de produção, visto que o uso da tecnologia de irrigação implica em aumento do investimento e em maior intensificação das diversas operações e práticas de cultivo.

Na Bacia Hidrográfica do Rio Doce, têm sido irrigadas diversas culturas tais como café, milho, feijão, manga, coco-anão, goiaba, figo, banana, morango, inhame, pastagem, entre outras. No entanto, a quase totalidade das propriedades rurais com áreas irrigadas não possui um programa de manejo racional da água de irrigação. Isso tem sido atribuído à falta de conhecimento do produtor sobre os benefícios resultantes da adoção do manejo da irrigação e aos baixos custos da água comparativamente ao custo de implantação de um programa de manejo e gerenciamento da irrigação, bem como à dificuldade de quantificar a redução do consumo de água e energia e os ganhos de produtividade advindos das lavouras bem irrigadas.

Na adoção de um programa de manejo da irrigação em uma propriedade agrícola, deve ser utilizado um ou mais aparelhos para determinar a necessidade de água das culturas, tais como tensiômetro, tanque classe A, estação meteorológica automática e irrigômetro. A escolha da tecnologia é baseada no poder aquisitivo do produtor rural, na facilidade de uso do aparelho e na adequação operacional da tecnologia ao cotidiano da fazenda.



Mediante essas considerações, neste livro disponibilizam-se informações básicas sobre os principais sistemas de irrigação e as tecnologias de manejo que podem ser aplicadas para determinar a necessidade de água das culturas, visando melhorar a eficiência de uso dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Doce.

2. SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

A irrigação é uma técnica que consiste na aplicação de água às plantas no momento adequado e na quantidade certa para favorecer o desenvolvimento da cultura, com sustentabilidade econômica e ambiental.

As condições econômicas e sociais inerentes a cada região e as diversidades de solo, relevo, água, clima e cultura possibilitam o uso de diferentes sistemas de irrigação, que podem ser agrupados em três métodos abrangentes: irrigação por superfície, irrigação por aspersão e irrigação localizada.

A escolha do método de irrigação deve ser baseada na viabilidade técnica e econômica do projeto, bem como dos benefícios sociais advindos. O processo é complexo e exige conhecimentos relativos ao solo, ao relevo, à planta, à água, ao clima, aos sistemas de irrigação e aos custos envolvidos.

O tipo de solo afeta principalmente a irrigação por superfície, a qual não é recomendada para áreas que possuem alta taxa de infiltração, por causa da ocorrência de grande perda de água por percolação. A heterogeneidade dos solos não restringe o uso de nenhum método, mas torna complexo o manejo da irrigação por superfície.

O relevo do terreno interfere na indicação do método de irrigação. Em locais com relevo muito acidentado é recomendado usar sistemas de irrigação por microaspersão ou por gotejamento. A irrigação por superfície é indicada, na maioria dos casos, para terrenos que apresentam relevo relativamente plano, por causa da baixa movimentação de terra que ocorre durante a etapa de execução do projeto, com consequente redução dos custos de investimento.

A planta influencia na escolha do método de irrigação. A cultura do arroz é, predominantemente, explorada sob condições de irrigação por inundação. Em culturas que exigem tratamento fitossanitário frequente, como é o caso de tomate para consumo “in natura”, não se recomenda usar sistema de irrigação por aspersão por molhar as folhas e retirar produtos químicos aplicados no tratamento de doenças e no controle de pragas.

A qualidade da água afeta principalmente a irrigação localizada, por causa de problemas relacionados ao entupimento de emissores, com efeito direto na redução da vazão de microaspersores e gotejadores.

Na bacia hidrográfica do Rio Doce é usual encontrar elevadas concentrações de ferro na água. Água com concentração de ferro superior a 0,2 miligrama por litro (0,2 mg/L) deve merecer atenção especial dos projetistas de sistemas de irrigação por microaspersão e, principalmente, por gotejamento, uma vez que o risco de entupimento dos emissores é moderado. O entupimento é ocasionado por um biofilme constituído por mucilagem bacteriana que se forma no interior da tubulação (Figura 1), dos microaspersores e dos gotejadores.

Água que possui concentração de ferro superior a 1,5 miligramas por litro (1,5 mg/L) favorece ainda mais a formação de biofilme e aumenta o risco de entupimento dos filtros dos microaspersores ou dos gotejadores, exigindo manutenção mais frequente.



FIGURA 1. Deposição de ferro no cartucho do filtro de discos e limpeza com uso de jato de água.

A filtragem da água não soluciona o problema da alta concentração de ferro na água de irrigação. Nesse caso, deve-se evitar o uso de sistema de irrigação por gotejamento, uma vez que pode ocorrer a sua inutilização em pouco tempo, resultando em prejuízos financeiros para o produtor rural.

Dentre os fatores climáticos, o vento é o mais determinante na escolha do método de irrigação. Em locais em que a velocidade média do vento é maior que 5 metros por segundo (5 m/s), não se recomenda o uso de irrigação por aspersão e microaspersão, por ocasionar elevada perda por arrastamento e reduzir a uniformidade de distribuição de água na área irrigada. Condição climática com umidade relativa do ar baixa, temperatura elevada e vento forte favorecem a perda de água por evaporação, contribuindo para reduzir a eficiência de irrigação.

Os custos de implantação do projeto de irrigação e de sua operação e manutenção também devem ser considerados na escolha do método de irrigação. Em geral, os custos totais de sistemas de irrigação são crescentes na seguinte ordem: irrigação por superfície, aspersão e localizada. O método de irrigação por superfície usualmente apresenta baixo consumo de energia, mas, por outro lado, é o que consome mais água, o que tem restringido a ampliação da área irrigada e favorecido o avanço dos métodos de irrigação por aspersão e localizada. Dentre os sistemas de irrigação por aspersão, tem diminuído o uso de “canhão hidráulico”, por causa da necessidade de se ter maiores vazões e pressões para o seu funcionamento, que resulta em maior consumo de energia e elevação dos custos de operação, além da menor eficiência de aplicação de água frente a outros sistemas de irrigação. Por outro lado, os sistemas de irrigação por microaspersão e gotejamento apresentam menores custos com energia utilizada no bombeamento, pois as pressões de operação dos emissores e as vazões bombeadas são menores comparativamente aos demais sistemas de irrigação pressurizados.

2.1. IRRIGAÇÃO POR SULCOS

Esse método de irrigação é caracterizado pela aplicação e condução da água em sulcos construídos paralelamente às fileiras das plantas, nas parcelas irrigadas. Após a aplicação de determinada vazão no início dos sulcos, parte da água infiltra e

outra parte começa a escoar e, à medida que a água avança em direção à parte mais baixa da área, vai ocorrendo a infiltração. Em uma irrigação conduzida de maneira adequada, a água deve escoar no final dos sulcos durante um tempo suficiente para aplicação da lâmina de água necessária à cultura. Assim, parte da água infiltrada fica retida na camada de solo explorada pelas raízes das plantas, propiciando o armazenamento de água para utilização pela cultura durante o período compreendido entre duas irrigações consecutivas.



Cultura do feijão irrigada por sulcos.



Cultura da cana-de-açúcar irrigada por sulcos, com aplicação da água por meio de tudo janelado.

FIGURA 2. Método de Irrigação por sulcos.

O uso de sistema de irrigação por sulcos demanda grande quantidade de água e muita mão-de-obra por unidade de área, comparativamente aos métodos de irrigação por aspersão e localizada. A irrigação por sulcos é recomendada para solos mais argilosos. O seu uso em solos arenosos resulta em elevadas perdas de água e de nutrientes para as camadas mais profundas.

Esse método de irrigação é indicado para a maioria das culturas tais como milho, feijão, algodão, cebola, banana, uva, tomate, cana-de-açúcar, entre outras. Na bacia hidrográfica do Rio Doce, o método de irrigação por sulcos tem sido mais utilizado na cultura do tomate; no entanto, tem se observado uma tendência de substituição desse método por irrigação por gotejamento.

2.2. IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

No método de irrigação por aspersão, a água é conduzida em tubulações até os aspersores, onde são formados jatos que se fragmentam em gotas no ar, distribuindo-se sobre a cultura e o solo da área irrigada, assemelhando-se a uma chuva.

A irrigação por aspersão adapta-se a diferentes tipos de solos e culturas, podendo ser usada em terrenos planos ou com relevo um pouco acidentado. Uma limitação é a interferência nos tratamentos fitossanitários, por lavar os produtos químicos pulverizados na parte aérea das plantas. Em geral, os sistemas de irrigação por aspersão são constituídos de um conjunto motobomba, tubulações, peças acessórias e aspersores.

O conjunto motobomba é constituído por uma bomba do tipo centrífuga de eixo horizontal, dotada de um ou mais rotores, e o motor é, geralmente, elétrico ou a diesel.



FIGURA 3. Motobomba centrífuga.

As tubulações são constituídas de tubos de PVC ou aço zincado, com 6 metros de comprimento, dotados de dispositivo para engate rápido. Já as peças acessórias são aquelas comuns a sistemas de recalque, tais como válvula de pé com crivo, curvas, redução excêntrica, ampliação concêntrica, manômetro, válvulas de gaveta e de retenção, além de outras peças próprias do sistema de aspersão tais

como adaptadores, válvula de linha ou hidrante, cotovelo de derivação, válvula de saída para aspersor, tubo de subida, tripé e tampão final. Dependendo do tipo de sistema de irrigação por aspersão pode-se ter outras peças especiais.



FIGURA 4. Peças de sistemas de irrigação por aspersão.

Os aspersores são dispositivos que efetuam a distribuição da água na área irrigada, na forma de chuva artificial. As condições operacionais dos aspersores afetam a distribuição da água, os quais devem funcionar dentro dos limites de pressão especificados pelo fabricante, para se obter uma distribuição adequada de água na área irrigada.

A vazão do aspersor depende do diâmetro do local e da pressão de funcionamento do emissor. A faixa de pressão, na qual a distribuição de água é adequada, é diferente para os vários tipos de aspersores. A pressão de funcionamento varia de 6 a 90 metros de coluna de água (6 a 90 mca), sendo que a maioria dos aspersores que têm sido usados no campo funciona com pressão entre 20 e 35 mca. Devido à elevação do custo de energia, tem aumentado o uso de aspersores de baixa pressão, que operam entre 10 e 20 mca.

Os aspersores podem ser do tipo rotativo, também conhecido como aspersores de impacto, ou do tipo fixo, denominados difusores.

Os aspersores de impacto possuem mecanismo próprio para efetuar a rotação em torno de seu eixo, com velocidade variando entre 0,5 e 2,0 rotações por

minuto (0,5 a 2,0 rpm), podendo ter giro completo (360°) ou setorial (< 360°). O aspersor setorial é dotado de mecanismo adicional que possibilita efetuar a regulagem do ângulo de molhamento, sendo geralmente usado em situações onde existe local próximo à periferia da área irrigada cujo molhamento é indesejável.



FIGURA 5. Aspersores de impacto.

Os aspersores do tipo spray podem ser fixos ou rotativos. Nesse tipo de aspersor, a água passa pelo bocal e colide numa placa espalhadora, geralmente estriada, distribuindo a água na forma de pequenos jatos.



FIGURA 6. Aspersor do tipo spray usado em pivô central.

a) Sistema de Irrigação por Aspersão Convencional Semiportátil

A Figura 8 mostra um sistema de irrigação por aspersão convencional semiportátil. É um dos sistemas de irrigação mais usados no Brasil, sendo, geralmente, constituído por um conjunto motobomba, tubos de PVC ou de aço zincado, peças acessórias e aspersores.



FIGURA 7. Sistema de irrigação por aspersão convencional.

Nesse sistema existe uma tubulação principal que conduz água até as tubulações laterais, onde ficam instalados os aspersores. A tubulação principal é fixa, podendo ser enterrada, e as tubulações laterais são movimentadas manualmente, ficando em funcionamento em cada posição durante o tempo suficiente para aplicação da quantidade de água necessária à cultura. Os aspersores são do tipo rotativo, geralmente funcionando com pressão entre 20 e 30 metros de coluna de água (20 a 30 mca).

Após a irrigação de determinada área, a linha lateral é desmontada e os tubos e aspersores são transportados manualmente até a nova posição a ser irrigada. Após a montagem da linha lateral, o sistema de irrigação é novamente colocado em funcionamento, sendo esse procedimento repetido para todas as posições de linha lateral, até completar a irrigação de toda a área.

Na bacia hidrográfica do Rio Doce tem sido comum o uso, nesse sistema, de aspersores do tipo “canhão hidráulico”, de pequeno e médio porte, funcionando com

pressão entre 50 e 70 metros de coluna de água (50 a 70 mca), principalmente na irrigação de capineiras, pastagens e das culturas do milho e do café. Por causa da elevada intensidade de aplicação de água desses aspersores, em condições de relevo acidentado pode ocorrer escoamento superficial, erosão do solo e acúmulo de água nas partes mais baixas do terreno, ocasionando problemas ambientais que resultam em prejuízos para o produtor rural.



FIGURA 8. Escoamento superficial e acúmulo de água nas partes baixas do terreno podem ocasionar prejuízos econômicos para o produtor rural.

b) Sistema de Irrigação por Aspersão Convencional Portátil

Este sistema é usualmente empregado na irrigação de pequenas áreas. Neste caso, a linha principal e a linha lateral são montadas e desmontadas na irrigação de cada parcela da área. Em algumas situações, a motobomba, com motor diesel, é montada sobre uma carreta para facilitar o transporte nos casos de irrigação de áreas adjacentes.

c) Sistema de Irrigação por Aspersão com Canhão Hidráulico Portátil

Este sistema de irrigação é geralmente constituído de um conjunto motobomba, tubos de PVC ou de aço zincado dotados de engate rápido, peças acessórias e um ou mais aspersores de grande porte do tipo “canhão hidráulico”.

Neste sistema, a linha lateral possui um hidrante em cada posição de montagem do aspersor e funciona com apenas um “canhão hidráulico” durante o tempo suficiente para aplicação da quantidade de água necessária à cultura. Terminada a irrigação numa posição de aspersor na linha lateral, o “canhão hidráulico” é deslocado para a posição seguinte, irrigando a área à sua volta, e assim sucessivamente, até completar todas as posições de aspersor na linha lateral. Em seguida, a linha lateral é transportada e montada numa nova posição na linha principal, repetindo-se o procedimento anterior até irrigar toda a área.

Comparativamente aos sistemas de irrigação por aspersão convencional, e considerando a mesma área a ser irrigada, o sistema com “canhão hidráulico” portátil geralmente demanda menos mão-de-obra e necessita de conjunto motobomba mais potente, por causa da maior altura manométrica ocasionada pela elevada pressão de serviço do aspersor, usualmente entre 55 e 80 metros de coluna de água (55 a 80 mca).

d) Pivô Central

O sistema pivô central é geralmente constituído por uma tubulação de sucção, conjunto motobomba, tubulação adutora e o próprio equipamento pivô central.



FIGURA 9. Pivô central irrigando cana-de-açúcar.

A tubulação de sucção e o conjunto motobomba são componentes comuns de sistemas de recalque, sendo geralmente instalados fora da área irrigada. Em

algumas situações podem ser instalados no centro da área quando se usa poço ou canal, localizados próximo ao centro do equipamento.

A tubulação adutora, que fica enterrada, conduz água da bomba hidráulica até o tubo de elevação existente na torre central do equipamento, sendo de PVC ou de aço zincado.



FIGURA 10. Tubulação adutora de um pivô central.

O pivô central possui uma tubulação suspensa, sustentada por torres, treliças, tirantes e cabos metálicos. As torres móveis são estruturas triangulares de aço com duas rodas pneumáticas nas extremidades da base.

A tubulação da linha lateral do pivô central, onde ficam instalados os aspersores, é de aço galvanizado, com diâmetro variando de 144 a 250 milímetros (144 a 250 mm), sendo comum o uso de tubos com diâmetro de 168 milímetros (168 mm).

A torre central é fixa, sendo constituída por uma estrutura metálica em forma de pirâmide, montada sobre base de concreto. O equipamento gira em torno da torre central, irrigando áreas circulares. Nessa torre ficam instalados o painel de controle e o tubo de elevação, o qual fica posicionado na vertical e conduz a água da tubulação adutora para a tubulação suspensa.



FIGURA 11. Torre fixa do pivô central.

O painel de controle do pivô pode ser analógico ou digital e apresenta, dependendo do fabricante, os seguintes componentes: chave geral, botões seletores do sentido de rotação, relê percentual, luz indicadora de sistema ligado, entre outros.



FIGURA 12. Painel de controle analógico de um pivô central.

Do ponto de vista do manejo da irrigação, os dois componentes mais importantes são os botões seletores do sentido de rotação (frente e reversão) e o relê percentual, também conhecido como percentímetro.



FIGURA 13. Detalhe do painel de controle do pivô central.

Os botões seletores do sentido de rotação permitem girar o pivô no sentido horário ou anti-horário. O relê percentual permite controlar a velocidade de giro do pivô central, em termos percentuais. O ajuste da velocidade é feito girando-se o botão e posicionando a seta na direção da percentagem desejada. Esse ajuste pode ser feito mesmo com o equipamento em movimento.

Os valores indicados nesse componente expressam o percentual do tempo de energização do motor da última torre do pivô central. Por exemplo, se o relê percentual for regulado em “100%”, a última torre movimentará ininterruptamente na velocidade máxima, que resulta no menor tempo para o pivô central completar uma volta. Se a regulagem for “50%”, a última torre movimentará durante determinado período de tempo, neste caso 30 segundos, e permanecerá parada durante esse mesmo tempo, sendo esse processo repetido continuamente enquanto o equipamento permanecer ligado. Se a regulagem for “70%”, a última torre movimentará durante 42 segundos (70% de 60 segundos) e permanecerá parada durante 18 segundos, sendo esse processo repetido continuamente enquanto o equipamento permanecer ligado.

No manejo da irrigação é necessário calcular inicialmente a lâmina total de água a ser aplicada à cultura e, posteriormente, a correspondente percentagem de rotação do pivô central, cujo valor deve ser ajustado no percentímetro.

A conexão do tubo de elevação, que fica na posição vertical na parte interna da torre central, ao primeiro lance do pivô é feita por uma peça denominada pivoflex, que possibilita o giro da tubulação suspensa em torno do tubo de elevação, que é fixo.

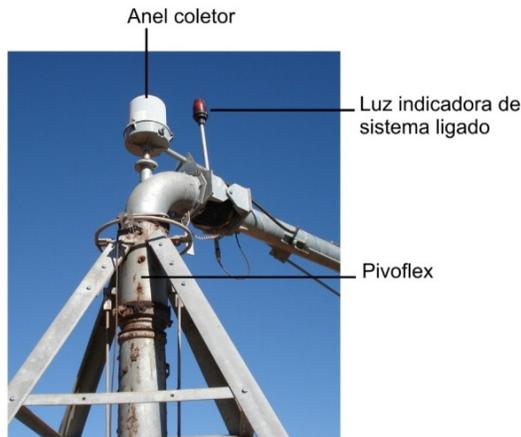


FIGURA 14. Componentes da parte superior da torre central.

As tubulações dos lances são interligadas por mangotes e conectadas por pino esférico, com alojamento próprio. Isso permite amplo movimento em todas as direções para adaptação do equipamento a irregularidades da superfície do terreno.

A distância entre as torres do pivô central varia de 38 a 60 m. A maior distância entre torres é mais econômica, devendo ser usada em condições de relevo suave e uniforme e em solos que apresentem boa estabilidade quando molhados, o que evita problemas de atolamento.

A altura livre sobre o solo é 2,70 metros (2,70 m) ou, opcionalmente, 3,70 e 5,40 metros (3,70 e 5,4 m) para a irrigação de culturas de porte elevado, como nos casos de cana-de-açúcar, mamão, citros, entre outras.

Cada torre móvel do pivô central possui na sua parte superior uma caixa com componentes eletromecânicos responsáveis pelo acionamento e desenergização do motoredutor que fica localizado numa tubulação existente na base. O motoredutor possui potência de 0,75; 1,0 ou 1,5 cavalo-vapor (0,75; 1,0 ou 1,5 cv); o giro do seu eixo é transmitido para as rodas através de eixos cardans e redutores de roda.

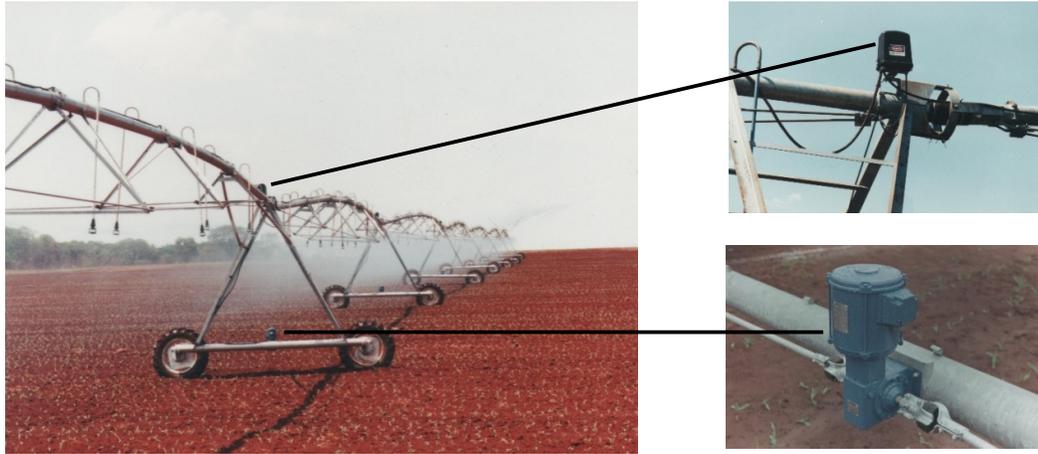


FIGURA 15. Torres móveis de um pivô central. Em detalhe, a caixa de controle eletromecânico e o motoredutor com eixos cardans.

As rodas das torres são de aço com pneus semelhantes aos usados no eixo traseiro de tratores agrícolas. As duas rodas são montadas nas extremidades da viga-base da torre de maneira que os pneus fiquem com as garras voltadas para dentro. Isso evita a patinagem, independente do sentido de rotação do pivô central.

O acionamento da última torre ocorre quando se liga o pivô central no painel de controle e o movimento dela desencadeia o acionamento das torres internas.

O acionamento de cada torre interna é determinado pelo deslocamento da torre imediatamente externa a ela. A deflexão formada entre os lances adjacentes gera um esforço sobre uma haste metálica que aciona componentes eletromecânicos existentes no interior de uma caixa localizada na parte superior da torre, responsáveis pelo acionamento e pela desenergização do motoredutor. O alinhamento dos lances da tubulação suspensa é estabelecido pelo movimento intermitente de cada torre.

O último lance da tubulação fica em balanço, com a finalidade de aumentar a área irrigada e reduzir o custo unitário, ou seja, o custo por hectare irrigado.

Alguns pivôs centrais possuem um aspersor setorial do tipo canhão hidráulico instalado na extremidade da tubulação em balanço, com a mesma finalidade de redução do custo unitário; entretanto, isto não tem sido recomendado por causa da

elevada perda de água por arrastamento pelo vento, da alta intensidade de aplicação de água e da possibilidade de formação de precipitações com predominância de gotas grandes, que podem ocasionar danos ao solo e à cultura.



FIGURA 16. Erosão ocasionada por alta intensidade de aplicação de água em área periférica de um pivô central.

2.3. IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

O método de irrigação localizada é caracterizado pela aplicação de água no solo, na região das raízes das plantas, em pequena intensidade e alta frequência, a fim de elevar a umidade do solo para a capacidade de campo.

A irrigação localizada abrange os métodos de irrigação por gotejamento e por microaspersão. Os gotejadores geralmente aplicam água com vazão variando entre 2 a 12 litros por hora (2 a 12 L/h), enquanto que os microaspersores fornecem vazões de 20 a 200 litros por hora (20 a 200 L/h).



Planta de maracujá irrigada por gotejamento.



Plantas de coco-anão irrigadas por microaspersão

FIGURA 17. Sistemas de irrigação localizada.

Os sistemas de irrigação localizada apresentam as seguintes vantagens:

- a. Melhor controle da quantidade de água aplicada para as plantas.
- b. Menor consumo de energia.
- c. Maior eficiência de aplicação de água.
- d. Menor desenvolvimento de ervas daninhas entre linhas de plantio.
- e. Melhor adaptação a diferentes tipos de solo e condições de relevo do terreno.
- f. Maior facilidade de distribuição de produtos químicos por meio da água de irrigação.
- g. Menor exigência de mão-de-obra.
- h. Maior facilidade de automação.
- i. Menor incidência de doenças fúngicas na lavoura.

As desvantagens são:

- a. Entupimento de emissores, principalmente gotejadores.
- b. Elevado custo inicial de investimento.

Um sistema de irrigação localizada é constituído basicamente por um conjunto motobomba, estação ou cabeçal de controle, tubulações (de recalque, principal, derivação e laterais) e emissores (gotejadores ou microaspersores).

O conjunto motobomba é usualmente constituído por um motor elétrico e por uma bomba centrífuga. A potência do motor depende da altura manométrica, da vazão e da eficiência da bomba.

Na estação de controle existem filtros, injetor de produtos químicos, válvulas, manômetros, entre outros. Nos sistemas automatizados existem painéis de controle digitais, válvulas solenoides, de retrolavagem, de controle hidráulico etc.



FIGURA 18. Estação de controle de sistema de irrigação localizada, com diversos filtros de areia.

Os filtros são de três tipos mais comuns: de areia, de tela e de discos. O filtro de areia é usado para reter o material orgânico e as partículas maiores, presentes na água de irrigação. A sua limpeza é feita por meio de retrolavagem com inversão do sentido de escoamento da água no interior do filtro e a retirada das impurezas do sistema. Quando a água de irrigação é limpa, como a encontrada em poços profundos, o uso do filtro de areia pode ser dispensado, principalmente no caso de irrigação por microaspersão.

O filtro de tela tem grande eficiência na retenção de pequenas partículas sólidas, porém, entopem facilmente com algas. A tela usada apresenta orifícios cujas dimensões podem variar de 0,074 a 0,200 milímetros (0,074 a 0,200 mm).



FIGURA 19. Filtro de tela usado em sistema de irrigação localizada.

O filtro de discos possui um elemento filtrante composto por vários anéis plásticos, com ranhuras, montados sobre um suporte central cilíndrico. A água é filtrada ao passar pelos pequenos condutos formados pelas ranhuras dos anéis adjacentes. A qualidade da filtração vai depender das dimensões das ranhuras.



FIGURA 20. Filtro de discos de sistema de irrigação localizada.

As tubulações utilizadas em sistemas de irrigação localizada podem ser de diferentes materiais. As linhas de recalque, principal e de derivação ficam normalmente enterradas, e o material mais usado é o PVC. As linhas laterais, que também podem ficar enterradas, são de polietileno com diâmetros nominais de 10, 13, 16 ou 20 milímetros (10, 13, 16 ou 20 mm).

Os gotejadores e os microaspersores são peças importantes do sistema, por caracterizarem o método de irrigação localizada. Os gotejadores podem ser conectados sobre a linha lateral após a abertura de furos na tubulação de polietileno, ou já virem dentro da tubulação, inseridos durante o processo de fabricação, como nos tubos gotejadores e nas fitas gotejadoras. Já a conexão dos microaspersores é feita em orifícios abertos na tubulação de polietileno durante a instalação no campo usando-se um modelo de perfurador do próprio fabricante do emissor.

Os sistemas de irrigação por gotejamento e por microaspersão são, geralmente, de maior custo unitário do que os sistemas de aspersão, sendo recomendados para as culturas de café, tomate, morango, melão, melancia, maracujá, citrus, goiaba, manga, banana, mamão, uva, entre outras.

Existem sistemas alternativos de irrigação localizada, de baixo custo como o sistema xiquexique. Do ponto de vista técnico, os sistemas alternativos não são recomendados por causa da baixa uniformidade de distribuição de água que apresentam em comparação com os sistemas comerciais.



FIGURA 21. Confecção de sistema alternativo do tipo xiquexique.

3. MANEJO DA IRRIGAÇÃO

A irrigação consiste na aplicação de água para as plantas, na quantidade e no momento certo, com a finalidade de proporcionar boas condições de umidade para o desenvolvimento das culturas. Isso propicia o aumento da produtividade e da qualidade dos produtos e reduz o risco de perda da produção ocasionada por períodos de estiagem.

A necessidade de água das plantas varia com a sua fase de desenvolvimento e com as condições climáticas locais. Plantas jovens consomem menos água que plantas adultas na fase reprodutiva. Além disso, aquelas cultivadas em locais de clima seco e quente necessitam, diariamente, de maior quantidade de água, em comparação com outras plantas cultivadas em ambientes úmidos e com temperaturas amenas.

Durante o manejo da irrigação de uma cultura, deve-se monitorar e quantificar, periodicamente, o consumo de água pelas plantas, possibilitando determinar o tempo de funcionamento do sistema de irrigação. A adoção do manejo da irrigação poderá ocasionar vários benefícios, com destaque para a elevação da produtividade da cultura e para a economia de água e energia, possibilitando melhor aproveitamento dos recursos hídricos e o aumento da renda do produtor.

Para irrigar de maneira eficiente, é necessário conhecer alguns parâmetros relacionados ao solo, ao clima, à água, à planta e ao sistema de irrigação.

3.1. CONCEITOS APLICADOS NO MANEJO DA IRRIGAÇÃO

a) Capacidade de campo e Ponto de murcha permanente

O solo é o reservatório natural de água para as plantas. Essa água armazenada e disponível às plantas está compreendida entre a capacidade de campo (C_c) e o ponto de murcha permanente (P_m).

A capacidade de campo corresponde ao limite superior da água disponível e representa a umidade do solo após a drenagem da água contida nos macroporos pela ação gravitacional. Nessa condição de umidade há boa aeração do solo e maior absorção de água e nutrientes pelas plantas. O ponto de murcha permanente corresponde ao limite inferior de água disponível. Tal condição de umidade restringe severamente a absorção de água pelas plantas, que morrerão se não houver reposição da água no solo.

Abaixo, apresenta-se a curva de retenção de água de um solo arenoso. À medida que a umidade diminui, a água remanescente fica mais fortemente retida entre as partículas do solo, acarretando aumento da tensão.

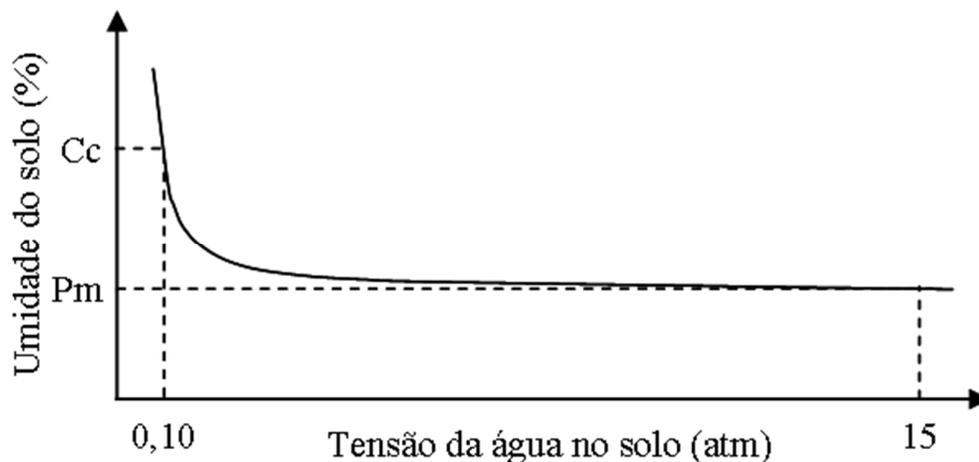


FIGURA 22. Curva de retenção de água no solo.

A capacidade de campo e o ponto de murcha permanente são de caráter dinâmico, pois dependem da interação solo-água-clima-planta. Na irrigação, para

fins práticos, a umidade correspondente à capacidade de campo (Cc) é obtida na tensão de um décimo de atmosfera (0,10 atm) para solos arenosos e de um terço de atmosfera (0,33 atm) para os argilosos. A umidade correspondente ao ponto de murcha permanente (Pm) é obtida na tensão de 15 atmosferas (15 atm).

TABELA 1. Resultado da análise físico-hídrica de um solo argiloso.

Tensão (atm)	Umidade do solo (% em peso)
0,10	36,1
0,33*	33,8
15,00**	23,5

*Cc = 33,8 % em peso; **Pm = 23,5% em peso

TABELA 2. Resultado da análise físico-hídrica de um solo arenoso.

Tensão (atm)	Umidade do solo (% em peso)
0,10*	4,9
0,33	4,5
15,00**	2,9

*Cc = 4,9 % em peso; **Pm = 2,9% em peso

b) Densidade do Solo

A densidade do solo é a relação entre a massa e o volume de uma amostra de solo seco. Na sua determinação, pode-se utilizar um trado Uhland, cujo cilindro é cravado no solo, na profundidade média da camada de solo explorada pelas raízes das plantas. Após a retirada do cilindro, a amostra é preparada e levada à estufa para secagem por 24 horas, a uma temperatura aproximada de 105 °C, para apuração de sua massa. O volume é determinado com uso dos valores do diâmetro e da altura da amostra de solo.

Na amostragem para determinação da densidade do solo, pode-se também usar o método recomendado por Oliveira e Ramos (2008), denominado Método do Tubo de PVC.

O Método do Tubo de PVC consiste em nivelar previamente a superfície do solo, umedecê-lo (Figura 22A) e, posteriormente, cravar um tubo com diâmetro nominal de 50 mm e comprimento de 15 cm (Figura 22B), tendo uma das extremidades afiada, até que a borda superior do tubo de PVC fique à superfície do solo (Figura 22C). Em seguida, escava-se o solo em torno do tubo de PVC para facilitar o acesso à sua extremidade inferior. Com uma faca, corta-se o solo na base do tubo (Figura 22D), retira-se o conjunto (tubo com solo) e aparase a base da amostra, para eliminar o excesso de solo (Figura 22E). Em seguida, faz-se uma limpeza do tubo e a vedação das extremidades da amostra de solo com fita plástica adesiva (Figura 22F). Para fins de irrigação, recomenda-se fazer pelo menos três repetições na área irrigada.

Os tubos de PVC com as amostras devem ser enviados para um laboratório, solicitando-se a determinação da densidade do solo. Após a determinação da densidade pode-se usar uma amostra composta para obter os valores da capacidade de campo e do ponto de murcha permanente.

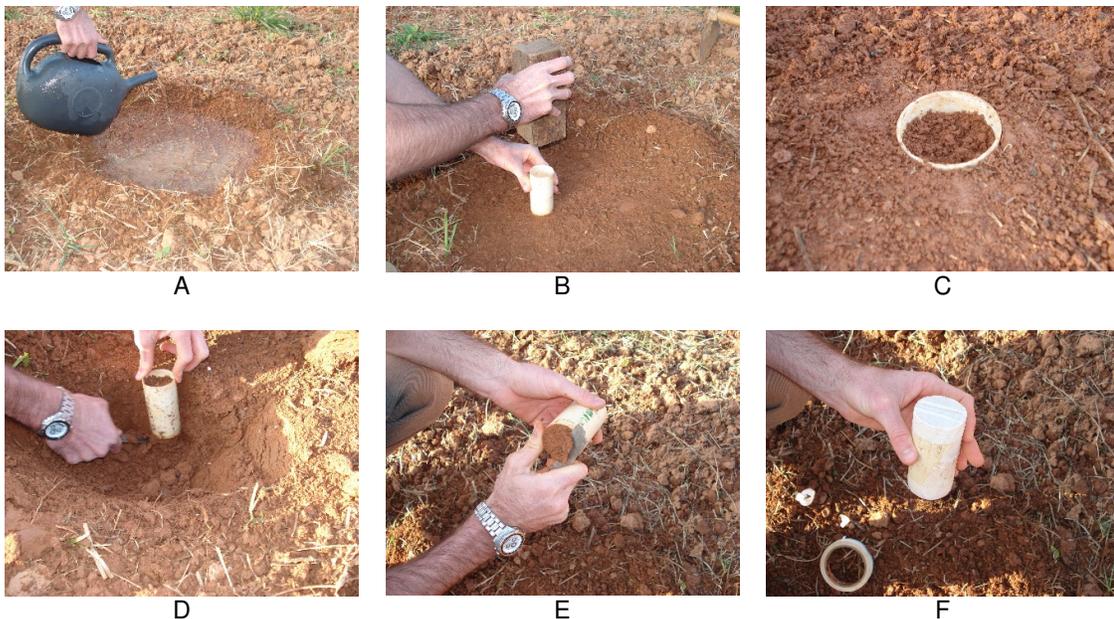


FIGURA 22. Procedimento para amostragem do solo pelo método do tubo de PVC.

No laboratório, o solo contido no tubo de PVC deve ser retirado e colocado em estufa à temperatura de 105 graus Celsius (105 °C), durante 24 horas. Após esse tempo, o solo seco é pesado e a sua densidade é calculada com aplicação da equação seguinte:

$$D_s = \frac{m_s}{V_s} \quad (1)$$

em que:

D_s = densidade do solo, g/cm³;

m_s = massa de solo seco, g; e

V_s = volume da amostra de solo, cm³.

Durante a cravação do tubo de PVC geralmente ocorre compactação, com rebaixamento da superfície do solo dentro do tubo. O erro decorrente da compactação é eliminado no Método do Tubo de PVC ao se considerar, no cálculo da densidade do solo, o volume interno do tubo de PVC, e não o volume da amostra de solo compactada.

O volume interno do tubo de PVC é calculado multiplicando-se a área da seção transversal do tubo pelo seu comprimento.

$$V_s = \frac{3,1416 D^2}{4} C \quad (2)$$

em que:

V_s = Volume interno do tubo de PVC, cm³;

D = diâmetro interno do tubo de PVC, cm; e

C = comprimento do tubo de PVC, cm.

Portanto, ao considerar o volume da amostra de solo igual ao volume interno do tubo de PVC, elimina-se o erro decorrente da compactação do solo que geralmente ocorre durante a amostragem.

c) Fator de disponibilidade de água no solo

Estando a umidade na capacidade de campo, com a ocorrência da evapotranspiração, o nível de água no solo diminui, tornando cada vez mais difícil a absorção de água e nutrientes pelas plantas. Em irrigação, não se deve permitir que o teor de água no solo atinja o ponto de murcha permanente. Assim, no manejo adequado da irrigação deve-se considerar uma umidade intermediária entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, com a finalidade de evitar que as plantas reduzam as suas atividades metabólicas por causa da restrição de água. Essa umidade intermediária é denominada umidade mínima, ou crítica, sendo dependente do solo, da cultura e do clima.

O fator de disponibilidade de água no solo (f) é importante no cálculo da umidade mínima e da lâmina de água necessária à cultura. O valor de f representa a fração do total de água armazenada no solo, entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, que pode ser usada pela cultura de maneira que as plantas não sofram restrição de água num nível que possa comprometer o seu desenvolvimento e reduzir a produtividade. Os valores de f geralmente variam entre 0,2 e 0,7. Os menores valores são indicados para culturas mais sensíveis ao déficit hídrico, como as olerícolas, e os maiores valores para culturas mais resistentes ao déficit hídrico, como trigo e algodão.

d) Profundidade efetiva das raízes das culturas

A profundidade efetiva (Z) corresponde à camada do solo na qual se concentra aproximadamente 80% das raízes das plantas. No manejo da irrigação, para a maioria das culturas, faz-se o monitoramento e o controle da umidade do solo na camada de 0 a 20 cm até de 0 a 40 cm de profundidade. A primeira camada é

referente a culturas que possuem sistema radicular mais superficial, enquanto a segunda camada é para culturas com sistema radicular mais profundo.

e) Evapotranspiração da cultura

O processo que associa a transferência de água do solo e das plantas para a atmosfera, na forma de vapor de água, é denominado evapotranspiração (ET). Ela representa, na prática, o consumo de água de uma cultura, geralmente expresso em milímetro por dia (mm/d).

Um milímetro representa a altura da camada líquida formada pela aplicação de um litro de água numa área de um metro quadrado ($1 \text{ mm} = 1 \text{ L/m}^2$). Assim, se um sistema de irrigação por aspersão funcionar por determinado tempo e aplicar uma lâmina de água igual a 8 mm, significa que, em média, cada parcela com área de um metro de largura por um metro de comprimento (1 m^2) recebeu oito litros (8 L) de água.

A evapotranspiração é maior em regiões mais ensolaradas, com temperatura elevada, umidade relativa baixa e ventos fortes. Ela varia com o tipo de cultura, por causa das características próprias das espécies vegetais. Dessa maneira, houve a necessidade de definir a evapotranspiração de referência (ET_0) e, a partir daí, estimar a evapotranspiração da cultura de interesse (ET_c).

Várias metodologias podem ser utilizadas para se determinar o valor da ET_0 . No manejo da irrigação têm sido mais utilizados o método do tanque Classe A e a estação meteorológica automática. No caso de uso do tanque, o valor da ET_0 é obtido multiplicando-se o valor da lâmina evaporada, medida no micrômetro de gancho, por um coeficiente tabelado. A estação meteorológica automática, por sua vez, fornece diretamente o valor da ET_0 calculado por meio da aplicação da equação de Penmann-Monteith FAO-56, com uso dos valores dos elementos meteorológicos medidos por sensores.

A evapotranspiração da cultura de interesse (milho, por exemplo) é obtida a partir de estimativa da ET_0 , aplicando-se a equação:

$$ET_c = K_s K_c ET_0 \quad (3)$$

em que:

ET_c = evapotranspiração da cultura, mm/d;

K_s = coeficiente que depende da umidade do solo, adimensional; e

K_c = coeficiente da cultura, adimensional.

Algumas culturas apresentam alta sensibilidade ao déficit hídrico, sendo necessário o uso de turno de rega pequeno, geralmente de um ou dois dias. Nesse caso, pode-se fazer o manejo simplificado da irrigação, assumindo-se o valor de K_s igual a 1,0. O coeficiente da cultura (K_c) integra as diferenças entre a evapotranspiração da cultura e a evapotranspiração da cultura de referência, sob as mesmas condições climáticas. Ele depende do tipo de cultura, dos estádios fenológicos, das práticas culturais adotadas, da frequência de irrigação, entre outros.

Os estádios fenológicos de cada cultura são divididos da seguinte maneira:

Estádio I – Da emergência até 10% do desenvolvimento vegetativo.

Estádio II – Desde o final do estágio I até 70 a 80% do desenvolvimento vegetativo ou início do florescimento.

Estádio III – Desde o final do estágio II até o início da maturação.

Estádio IV – Desde o final do estágio III até a colheita.

Na Tabela 3 estão os valores de K_c para algumas culturas, nos seus diferentes estádios de desenvolvimento.

TABELA 3. Valores médios de coeficiente de cultura para algumas culturas, nos quatro estádios de desenvolvimento.

Cultura	Estádios de desenvolvimento			
	I	II	III	IV
Abóbora	0,50	0,75	1,00	0,80
Abobrinha	0,50	0,75	1,00	0,80
Algodão	0,40	0,75	1,15	0,85
Alface	0,70	0,85	1,00	0,95
Alho	0,70	0,85	1,05	0,75
Amendoim	0,40	0,75	1,05	0,80
Banana	0,50	0,80	1,10	0,95
Batata	0,40	0,80	1,15	0,75
Beringela	0,60	0,85	1,15	0,80
Beterraba	0,50	0,80	1,10	0,95
Brócolis	0,70	0,85	1,05	0,95
Cana-de-açúcar	0,45	0,85	1,20	0,75
Cebola	0,70	0,85	1,05	0,75
Cenoura	0,70	0,85	1,05	0,95
Couve-flor	0,70	0,85	1,05	0,95
Ervilha-seca	0,40	0,70	1,15	0,30
Ervilha-verde	0,50	0,80	1,15	1,10
Espinafre	0,70	0,85	1,00	0,95
Feijão	0,40	0,75	1,15	0,70
Fumo	0,40	0,75	1,10	0,95
Lentilha	0,40	0,75	1,10	0,30
Melancia	0,50	0,70	1,00	0,75
Melão	0,50	0,75	1,05	0,75
Milho	0,40	0,80	1,15	0,90
Morango	0,40	0,65	0,85	0,75
Nabo	0,50	0,80	1,10	0,95
Pepino	0,60	0,80	1,00	0,75
Pimentão	0,50	0,70	1,05	0,90
Rabanete	0,70	0,80	0,90	0,85
Repolho	0,70	0,85	1,05	0,95
Soja	0,40	0,75	1,10	0,75
Sorgo	0,35	0,75	1,10	0,75
Tomate	0,60	0,85	1,15	0,90
Trigo	0,40	0,75	1,10	0,70

Fonte: Allen *et al.* (1998), adaptado.

f) Eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação

Na irrigação, apenas parte da água aplicada é efetivamente utilizada pela cultura. Dependendo do método de irrigação utilizado, podem ocorrer perdas de água por vazamento, por evaporação, por arrastamento pelo vento, por percolação e por escoamento superficial. A eficiência de aplicação é calculada pela relação entre a lâmina média de água aplicada sobre a superfície do solo e a lâmina média de água aplicada pelo sistema de irrigação, sendo expressa em porcentagem.

De maneira geral, quando o sistema de irrigação for bem dimensionado e manejado adequadamente, pode-se considerar uma eficiência de aplicação de água (E_a) de 70% para os sistemas de irrigação que usam aspersores canhão hidráulico, 80% para os sistemas de aspersão convencional, 85% para pivô central e sistema linear, 90% para irrigação por microaspersão e 98% para irrigação por gotejamento.

g) Intensidade de aplicação de água

A intensidade de aplicação de água expressa a razão entre a vazão do emissor e a sua área de abrangência no sistema de irrigação. O seu valor deve ser menor do que o da capacidade de infiltração de água no solo, a fim de evitar problemas de escoamento superficial e erosão.

A intensidade de aplicação de água pode ser calculada, aplicando-se a equação:

$$I_a = \frac{q \cdot 3600}{E_1 \cdot E_2} \quad (4)$$

em que:

I_a = intensidade de aplicação de água, mm/h;

q = vazão do emissor, L/s;

E_1 = espaçamento entre os emissores na linha lateral, m; e

E_2 = espaçamento entre as linhas laterais, m.

O valor da intensidade de aplicação de água é usado no cálculo do tempo de funcionamento dos equipamentos de aspersão, microaspersão e gotejamento, visando aplicar a lâmina total necessária em cada irrigação.

3.2. ESTRATÉGIAS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO

O manejo da irrigação pode ser conduzido com turno de rega fixo ou variável. O turno de rega (TR) é o intervalo, em dias, entre duas irrigações consecutivas numa mesma área. É calculado pela relação entre a lâmina real de água (LR), em milímetros (mm), e a evapotranspiração máxima da cultura (ET_c), em milímetros por dia (mm/d).

O manejo com turno de rega fixo consiste em realizar as irrigações em intervalos de tempo definidos, ou seja, diariamente, ou de dois em dois dias, ou de três em três dias, e assim por diante. Os menores turnos de rega ocorrem nos casos de culturas muito sensíveis ao déficit hídrico, com sistema radicular mais superficial, cultivadas em regiões com elevada demanda evapotranspirométrica e em solos com baixa capacidade de retenção de água, como os arenosos.

Uma vez estabelecido o turno de rega, torna-se necessário quantificar a lâmina total de água a ser aplicada, possibilitando calcular o tempo de irrigação.

A determinação da quantidade de água a ser aplicada por irrigação geralmente é feita através da avaliação da umidade do solo ou de estimativa da evapotranspiração da cultura.

a) Manejo da irrigação baseado na umidade do solo

Uma vez definido o turno de rega, deve-se avaliar a umidade do solo antes de cada evento de irrigação. Isso possibilita calcular a lâmina de água a ser aplicada pelo sistema de irrigação, a fim de retornar a umidade do solo para a capacidade de campo. Após a irrigação, uma parcela da água armazenada no solo será usada pela cultura durante o próximo período correspondente ao turno de rega. De maneira semelhante, antes da irrigação, deve-se avaliar a umidade do solo e efetuar novo

cálculo da lâmina de água a ser aplicada, sendo esse procedimento repetido em todos os eventos de irrigação da cultura.

No manejo da irrigação, a umidade do solo é geralmente obtida de maneira indireta, sendo o tensiômetro o equipamento mais usado. O tensiômetro é constituído por um tubo plástico com um vacuômetro e um tampão conectados na parte superior e uma cápsula de cerâmica porosa conectada na sua extremidade inferior. Recomenda-se instalá-lo no solo com a cápsula de cerâmica posicionada no ponto médio da profundidade efetiva do sistema radicular da cultura.



FIGURA 23. Tensiômetro sendo usado no manejo da irrigação do feijoeiro.

Atualmente têm sido usados tubos tensiométricos, os quais possuem uma membrana de borracha siliconizada na extremidade superior. A leitura da tensão com que a água está retida no solo é feita com o uso de um tensímetro digital, após puncionar a membrana siliconizada com uma agulha especial existente na base do medidor, conforme figura a seguir.



FIGURA 24. Uso de tensímetro digital e tubo tensiométrico no manejo da irrigação do feijoeiro.

Esse equipamento fornece maior precisão que o tensiômetro convencional e pode ser vantajoso quando houver a necessidade de medição da umidade do solo em muitos locais dentro da área irrigada.

Antes da instalação do tensiômetro no campo, recomenda-se encher o tubo com água e deixar a cápsula submersa durante um dia. Em seguida, deve ser feita a escorva, retirando-se o ar preso nos poros da cápsula com o uso de uma bomba de vácuo apropriada. O tensiômetro deve estar hermeticamente fechado para funcionar corretamente.

Quando o tensiômetro se encontra instalado adequadamente no campo, a água do seu interior entra em contato com o solo através dos poros da cápsula porosa, e o equilíbrio tende a se estabelecer. À medida que ocorre a evapotranspiração, a umidade do solo diminui e reduz a pressão dentro do tensiômetro, a qual é geralmente medida num vacuômetro metálico. No entanto, quando chove ou ocorre irrigação, a umidade do solo aumenta e o equilíbrio entre as águas do solo e do tensiômetro tende a ser novamente estabelecido, elevando a pressão no interior do equipamento.

O uso do tensiômetro fica restrito ao intervalo de tensões entre 0 (condição de solo saturado) e 0,75 atmosfera (0,75 atm). Em tensões maiores ocorre perda de escorva devido à presença de ar no interior do tensiômetro, o que prejudica o seu funcionamento. Na prática da irrigação, recomenda-se trabalhar com tensões

máximas até 0,65 atmosfera (0,65 atm), a fim de viabilizar o seu uso com uma margem de segurança que possibilita evitar os inconvenientes resultantes da perda de escorva.

O número de tensiômetros a ser instalados numa área irrigada depende, principalmente, das características do solo e da cultura, da precisão desejada no manejo da irrigação e do poder aquisitivo do irrigante. Para fins práticos de irrigação, recomenda-se instalar um tensiômetro em cada parcela da área irrigada num dia. Isso possibilita determinar a umidade do solo antes de iniciar a irrigação em cada subárea, facilitando a prática do manejo.

A cápsula de cerâmica porosa deve ser instalada numa profundidade mediana representativa da camada de solo com maior concentração de raízes das plantas. No caso de culturas que apresentam sistema radicular mais profundo, pode-se dividir o perfil do solo abrangido pela maior concentração radicular em duas ou mais camadas, instalando-se tensiômetros com as cápsulas localizadas nas porções medianas de cada uma delas. Nesse caso, pode-se calcular a lâmina total a ser aplicada pelo sistema de irrigação como sendo a soma das lâminas necessárias para elevar a umidade do solo à capacidade de campo em cada camada. Dessa maneira, aumenta-se a precisão no manejo da irrigação, mas eleva-se o custo decorrente da aquisição de maior número de tensiômetros.

É recomendável instalar dois tensiômetros com as cápsulas de cerâmica localizadas a 1/3 e 2/3 da profundidade efetiva do sistema radicular da cultura, obtendo-se posteriormente a umidade média correspondente às duas leituras.

Antes da irrigação na parcela, deve-se efetuar a leitura no tensiômetro. O valor da tensão é convertido em umidade atual com uso da curva de retenção obtida para o solo da área irrigada. A lâmina total de irrigação é calculada, aplicando-se a seguinte equação:

$$LI = \frac{(Cc - Ua)}{10 E_a} D_s Z \quad (5)$$

em que:

LI = lâmina total de irrigação, mm;

Cc = capacidade de campo, % em peso;

Ua = umidade atual do solo antes da irrigação, % em peso;

D_s = densidade do solo, g cm⁻³;

Z = profundidade efetiva do sistema radicular, cm; e

E_a = eficiência de aplicação de água, decimal.

No caso de culturas irrigadas com sistema de aspersão convencional, o tempo de irrigação pode ser calculado por:

$$T_i = \frac{LI}{I_a} \quad (6)$$

em que:

T_i = tempo de irrigação, h;

LI = lâmina total de irrigação (equação 5), mm; e

I_a = intensidade de aplicação de água (equação 4), mm/h.

b) Manejo da irrigação baseado na estimativa da evapotranspiração da cultura

Neste caso, a evapotranspiração da cultura é calculada diariamente a partir da ET₀, determinada por meio do tanque Classe A ou da estação meteorológica automática, ou estimada diretamente por meio do Irrigâmetro. Um pluviômetro deve ser utilizado para quantificar a chuva.

b.1. Tanque Classe A

O tanque Classe A é feito de chapa de aço inox, com 121 cm de diâmetro interno e 25,4 cm de altura. Deve ser instalado sobre um estrado de madeira com 15 cm de altura, devidamente nivelado, com água até 5 cm da sua borda.



FIGURA 25. Tanque Classe A com detalhe do micrômetro de gancho.

O nível de água pode baixar até 2,5 cm, variando entre 5,0 e 7,5 cm em relação à borda do tanque. A manutenção nessa faixa é feita repondo-se água no tanque quando o nível desce e se aproxima de 7,5 cm da borda, em decorrência da evaporação, ou retirando-se água do tanque quando o nível se encontra muito próximo à borda, com distância inferior a 5,0 cm, em decorrência de chuva. Após a reposição ou a retirada de água do tanque, deve-se fazer a medição do nível de água, cuja leitura será usada como referência no cálculo da lâmina evaporada seguinte. A lâmina de água evaporada no tanque pode ser medida diariamente com uso do micrômetro de gancho, obtendo-se a ET_0 , efetuando-se a equação:

$$ET_0 = Kt Ev \quad (7)$$

em que:

ET_0 = evapotranspiração de referência, mm/d;

Kt = coeficiente do tanque; e

Ev = evaporação da água no tanque, mm/d.

Na determinação do coeficiente do tanque (Tabela 4) devem ser consideradas as condições climáticas e aquelas relacionadas à superfície do solo em volta do tanque.

TABELA 4. Valores do coeficiente do tanque Classe A para a estimativa da ET_0 .

		Tanque Circundado por Grama			Tanque Circundado por Solo Descoberto				
		UR(%) média	Baixa	Média	Alta	UR (%) média	Baixa	Média	Alta
			< 40	40-70	>70		< 40	40-70	>70
Vento (km/d)	Posição do tanque R (m) ¹	Posição do tanque R (m) ¹							
Leve < 175	1	0,55	0,65	0,75	1	0,70	0,80	0,85	
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70	0,80	
	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65	0,75	
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,50	0,60	0,70	
Moderado 175-425	1	0,50	0,60	0,65	1	0,65	0,75	0,80	
	10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65	0,70	
	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60	0,65	
	1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55	0,60	
Forte 425-700	1	0,45	0,50	0,60	1	0,60	0,65	0,70	
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55	0,65	
	100	0,60	0,65	0,75	100	0,45	0,50	0,60	
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45	0,55	
Muito forte > 700	1	0,40	0,45	0,50	1	0,50	0,60	0,65	
	10	0,45	0,55	0,60	10	0,45	0,50	0,55	
	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45	0,50	
	1000	0,55	0,60	0,65	1000	0,35	0,40	0,45	

Fonte: Doorembos & Pruitt (1977).¹ Refere-se à menor distância (m) do centro do tanque ao limite da bordadura (grama ou solo descoberto).

Os valores de ET_0 são determinados diariamente com aplicação da equação 7, obtendo-se, em seguida, os valores de ET_c por meio da equação 3, os quais são acumulados ao longo do período correspondente ao turno de rega, fornecendo a lâmina de água a ser reposta ao solo pelo sistema de irrigação.

A lâmina total de irrigação é calculada, aplicando-se a equação:

$$LI = \frac{\sum ET_c}{E_a} \quad (8)$$

em que:

LI = lâmina total de irrigação, mm;

$\sum ET_c$ = soma dos valores de ET_c ocorridos durante o período correspondente ao turno de rega, mm; e

E_a = eficiência de aplicação de água dos aspersores, em decimal.

No caso de sistema de irrigação por aspersão, uma vez obtido o valor de LI, pode-se calcular o tempo de irrigação aplicando-se a equação 6. Se ocorrer chuva no período, deve-se verificar se a lâmina precipitada foi suficiente para repor o déficit de água no solo existente até o momento da ocorrência de chuva. Caso isso tenha ocorrido, deve-se zerar o somatório dos valores de ET_c , visto que a lâmina deficitária foi repostada ao solo pela chuva. Durante os dias restantes do turno de rega, deve-se acumular novamente os valores diários da ET_c . A lâmina total de irrigação é calculada, aplicando-se a equação 8 e o tempo de irrigação é obtido por meio da equação 6.

Se a lâmina precipitada for menor do que a lâmina correspondente ao somatório da ET_c , a diferença entre elas fornece a lâmina deficitária atual após a ocorrência da chuva. Nesse caso, essa diferença será acrescida aos novos valores diários da ET_c verificados durante os dias restantes do turno de rega. A lâmina total e o tempo de irrigação são calculados da mesma maneira descrita anteriormente.

No Brasil, o uso do tanque Classe A tem sido insignificante no manejo da irrigação. A dificuldade de adequação operacional deste equipamento ao cotidiano da propriedade agrícola é decorrente da necessidade de obter os valores do coeficiente do tanque, de considerar a chuva no manejo da irrigação e de ter que efetuar cálculos diariamente, com preenchimento de tabelas.

b.2. Estação Meteorológica Automática

A estação meteorológica automática é constituída por uma unidade de memória central, ligada a vários sensores de medição de temperatura e umidade relativa do ar, pressão atmosférica, radiação solar, velocidade do vento, precipitação pluvial, entre outros.



FIGURA 26. Estação meteorológica automática.

De acordo com o modelo de estação, os valores dos elementos meteorológicos são armazenados em determinados intervalos de tempo (por exemplo, a cada 5, 10, 15, 20, 30, 60 minutos ou mais), dependendo da configuração. Os valores diários de ET_0 são obtidos com aplicação da equação de Penman-Monteith - FAO 56, sendo necessário o uso de programa de computador devido à complexidade dos cálculos.

Obtidos os valores diários de evapotranspiração de referência, obtêm-se, em seguida, os valores de evapotranspiração da cultura com aplicação da equação 4, os quais são acumulados ao longo do período correspondente ao turno de rega, fornecendo a lâmina de água a ser reposta ao solo pelo sistema de irrigação.

No Brasil, o uso de estação meteorológica automática para fins de manejo da irrigação tem sido restrito a grandes propriedades agrícolas, geralmente por meio da contratação de serviço técnico especializado.

b.3. Irrigâmetro

O Irrigâmetro é um aparelho desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa para uso no manejo da irrigação. Ele é ajustado para estimar a evapotranspiração da cultura, em cada fase de desenvolvimento das plantas, e fornecer diretamente o momento adequado de irrigar, a quantidade de água necessária às plantas e o tempo de irrigação, sendo de fácil manuseio.



FIGURA 27. Irrigâmetro usado no manejo da irrigação do cafeeiro.

- Irrigação Preliminar

O manejo da irrigação deve ser iniciado com o solo úmido. Para tanto, deve-se fazer uma irrigação preliminar, visando elevar a umidade do solo à capacidade de campo. Para fins práticos, quando o solo estiver inicialmente seco, recomenda-se aplicar uma lâmina de água de 10 a 15 milímetros, no caso de solos arenosos, de 15 a 25 milímetros, no caso de solos de textura média, e de 25 a 40 milímetros, no caso de solos argilosos.

O tempo de irrigação, nos casos de sistemas de aspersão convencional, gotejamento e microaspersão, ou a velocidade de deslocamento nos casos de pivô central e sistema linear, podem ser obtidos no próprio Irrigâmetro. Por exemplo, vamos considerar que o Irrigâmetro esteja sendo usado no manejo da irrigação em um solo de textura média. Caso se deseje aplicar 20 milímetros em uma irrigação

preliminar, o tempo recomendável é de 2 horas, conforme indicado em B, na figura que segue.

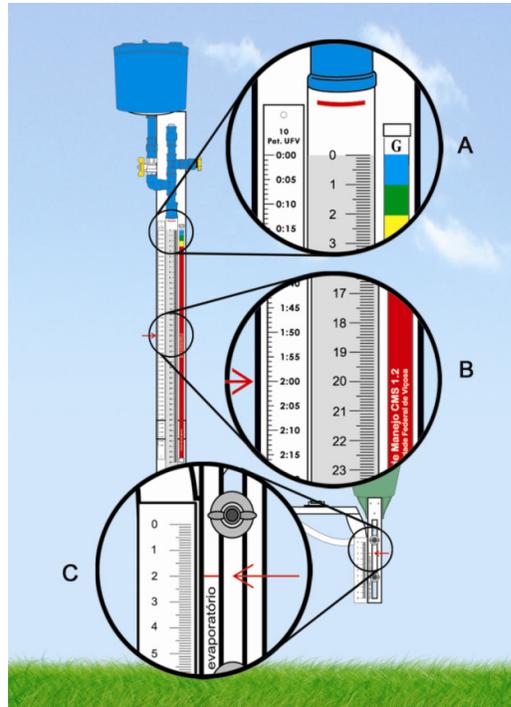


FIGURA 28. Irrigâmetro preparado para o início do manejo de irrigação.

Uma vez atendida a condição de solo úmido, o Irrigâmetro deve ser preparado de acordo com a fase ou estágio de desenvolvimento em que a cultura se encontra no campo.

Duas situações podem ocorrer:

- (1) início do manejo com o plantio da cultura; e
- (2) início do manejo com a cultura já implantada, em desenvolvimento.

- Preparando o Irrigâmetro

No caso de início do manejo com o plantio da cultura, de acordo com a Tabela 5, o Irrigâmetro deve ser preparado com a face G da Régua de Manejo (em C, indicado na Figura 28) voltada para frente e com a marca vermelha da Haste

Deslizante na direção do número 2 na Régua de Nível, valor indicado para a fase de germinação da cultura.

TABELA 5. Valores do nível de água no Evaporatório de acordo com as fases de desenvolvimento da cultura

Fase de desenvolvimento da cultura*	Face da Régua de Manejo	Faixa de valores do nível de água no Evaporatório (cm)	Nível recomendável** (cm)
Germinação	G	1,0 a 2,5	2,0
1	1	1,5 a 3,0	2,5
2	2	2,5 a 4,0	3,5
3	3	3,5 a 5,0	4,5
4	3	2,5 a 3,5	3,0

*Germinação - do plantio até a emergência; Fase 1 – da emergência até 10% de cobertura do solo; Fase 2 – de 10 a 80% de cobertura do solo ou início do florescimento; Fase 3 – após 80% de cobertura do solo ou do início do florescimento até o início da maturação; Fase 4 - do início da maturação até a colheita.

No caso de início do manejo com a cultura em desenvolvimento, deve-se certificar em qual fase ela se encontra. De acordo com a Tabela 5, se a cultura estiver na fase 1, o Irrigâmetro deve ser preparado com a face 1 da Régua de Manejo voltada para frente e com a marca vermelha da Haste Deslizante na direção do valor 2,5 na Régua de Nível, indicado para a fase 1 de desenvolvimento da cultura. Se a cultura estiver na fase 2, o Irrigâmetro deve ser preparado com a face 2 da Régua de Manejo voltada para frente e com a marca vermelha da Haste Deslizante na direção do valor 3,5, indicado para a fase de desenvolvimento 2. Se a cultura estiver na fase 3, a face 3 da Régua de Manejo deve ficar voltada para frente e com a marca vermelha da Haste Deslizante na direção do valor 4,5, valor indicado para a fase de desenvolvimento 3 da cultura. Caso seja necessário irrigar na fase 4, deve-se apenas posicionar a marca da Haste Deslizante na direção do número 3, valor indicado para a fase 4, mantendo-se a face 3 da Régua de Manejo.

- Iniciando o manejo da irrigação

O manejo deve ser iniciado logo após a ocorrência de uma irrigação preliminar, com aplicação de uma lâmina suficiente para repor o déficit de água no solo, de acordo com recomendação apresentada no subitem “Irrigação Preliminar”. Neste momento, o Irrigômetro já deve estar preparado.

- Quando irrigar

O momento adequado para irrigar a cultura é indicado na Régua de Manejo, bastando-se observar o nível da água no Tubo de Alimentação em relação às faixas coloridas.

Se o nível da água estiver na direção da faixa azul não se deve irrigar, pois sinaliza alta disponibilidade de água no solo. A irrigação nessa condição pode provocar encharcamento e perda de nutrientes para camadas mais profundas do solo.



FIGURA 29. Nível da água posicionada na direção da faixa azul da régua de manejo do Irrigômetro.

Se o nível da água estiver na direção da faixa verde, é sinal de que ainda há boa disponibilidade de água no solo e que também não é necessário irrigar a cultura. Entretanto, em alguns casos, pode ser necessário irrigar com maior frequência e menor tempo de funcionamento. Assim, o operador pode decidir pela irrigação quando o nível da água se encontrar na direção da faixa verde.

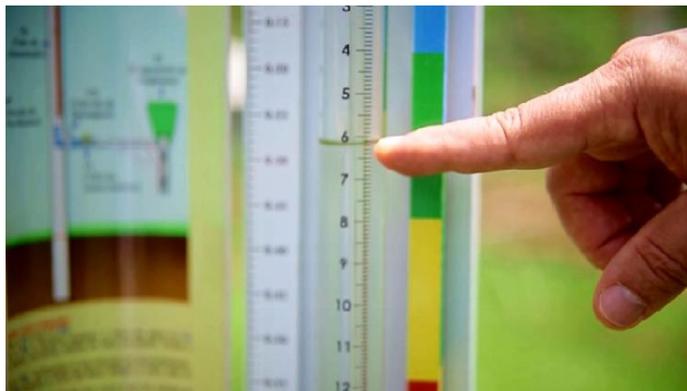


FIGURA 30. Nível da água posicionada na direção da faixa verde da régua de manejo do Irrigâmetro.

Quando o nível da água descer a ponto de atingir o início da faixa amarela é um alerta do momento de irrigar. O comprimento da faixa amarela estabelece uma margem de segurança no indicativo do momento de irrigar. Neste caso, a decisão de irrigar ou não cabe ao irrigante. Havendo margem de segurança ou indício de possibilidade de ocorrência de chuva, o irrigante pode aguardar o dia seguinte.

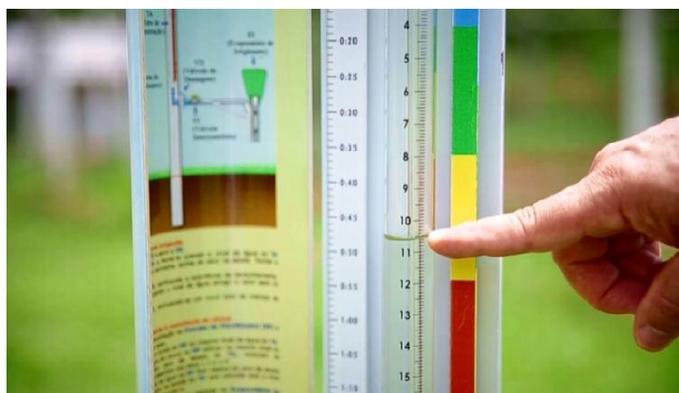


FIGURA 31. Nível da água posicionada na direção da faixa amarela da régua de manejo do Irrigâmetro.

Caso o nível da água abaixe a ponto de atingir a faixa vermelha, o Irrigâmetro estará indicando baixa disponibilidade de água no solo, mostrando ao irrigante que o momento da irrigação já passou. Portanto, é necessária uma atenção maior nesta faixa, pois existem sérios riscos de redução significativa na produtividade da cultura, que se acentuam quanto mais baixo estiver o nível da água.



FIGURA 32. Nível da água posicionada na direção da faixa vermelha da régua de manejo do Irrigâmetro.

- Quanto irrigar

Havendo a decisão de irrigar, a quantidade de água necessária para a cultura estará indicada no Tubo de Alimentação do Irrigâmetro. De acordo com o sistema de irrigação do produtor, o Irrigâmetro estará equipado com uma régua apropriada que vai definir o tempo de irrigação, nos casos de irrigação por aspersão convencional, gotejamento ou microaspersão, deslocamento do equipamento, nos casos de pivô central.

b.3.1. Aspersão Convencional, Gotejamento e Microaspersão

No caso de irrigação com um desses sistemas, o Irrigâmetro estará equipado com uma Régua Temporal, específica para as características do sistema de irrigação do produtor. O tempo que o sistema de irrigação deve funcionar para aplicar a quantidade de água indicada no Tubo de Alimentação é facilmente obtido na Régua Temporal, observando-se o valor do tempo de irrigação que coincide com o nível da água.

Exemplo 1. Um produtor do município de Brejetuba, ES, está cultivando feijão que se encontra na fase de florescimento, sendo irrigado por aspersão convencional. Os aspersores do sistema de irrigação aplicam no solo uma lâmina líquida média de 10 mm em uma hora (10 mm/h). Sendo assim, o Irrigâmetro desse produtor está

equipado com o modelo de Régua Temporal 10, conforme indicação da seta no destaque A da Figura 33.

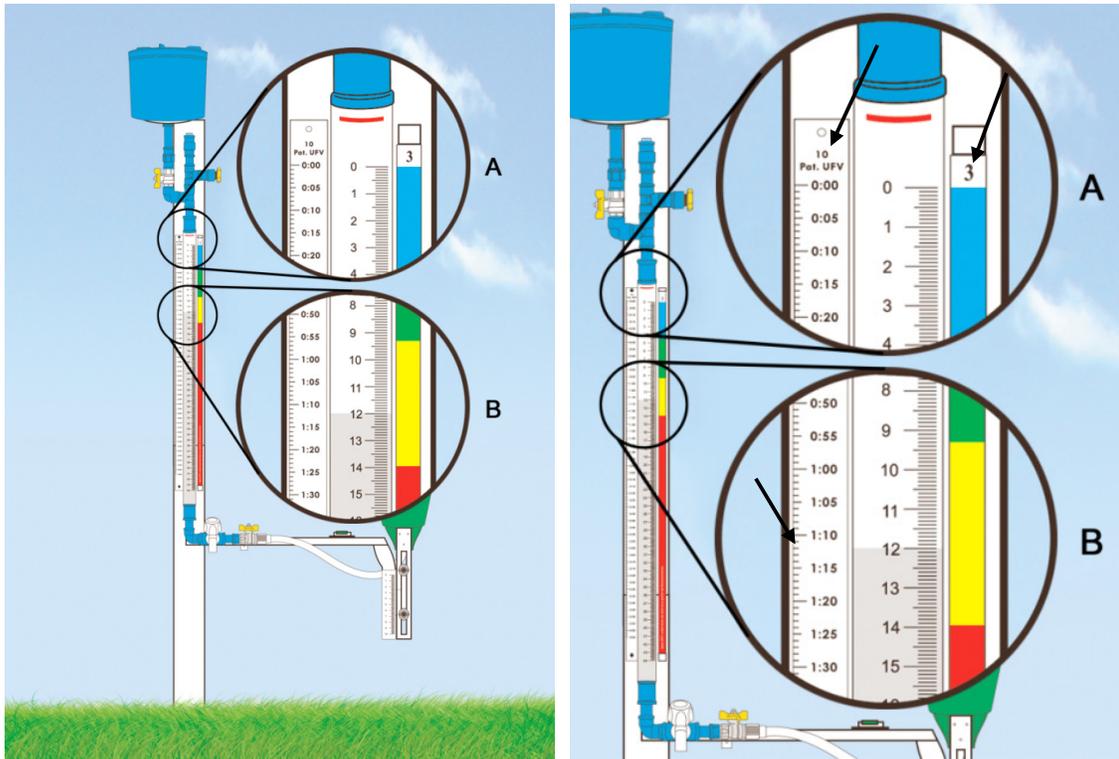


FIGURA 33. Irrigâmetro instalado para manejar a irrigação do feijoeiro, na fase 3, com aspersão convencional (10 mm/h) (A), mostrando o momento de irrigar (faixa amarela), a lâmina líquida a ser aplicada (12 mm) e o tempo de irrigação (1 h e 12 min) (B).

Análises preliminares das características físico-hídricas do solo indicaram que o modelo da Régua de Manejo é CS 1.2. O feijão se enquadra como uma cultura sensível (CS) ao déficit hídrico.

a) Nessa situação, como deve estar posicionada a Régua de Manejo?

Como as plantas estão florindo, a cultura do feijão se encontra na fase de desenvolvimento 3 e, de acordo com a Tabela 5, a Régua de Manejo deve estar instalada no Irrigâmetro com a face 3 voltada para a frente, conforme indicado em A, da Figura 33.

b) De acordo com a indicação B, na Figura 33, após quatro dias da última irrigação do feijoeiro, o nível da água no Tubo de Alimentação do Irrigâmetro estava em 12 mm, na direção da faixa amarela, indicando que a cultura precisa ser irrigada. Nesta situação, por quanto tempo o sistema de irrigação deverá funcionar para suprir o déficit de água no solo?

O tempo de irrigação é facilmente observado na Régua Temporal do Irrigâmetro, igual a 1 hora e 12 minutos, conforme indicado em B, na Figura 33. Por exemplo, se o irrigante ligar o equipamento de irrigação às oito horas, o sistema deverá funcionar até nove horas e doze minutos, e assim sucessivamente, se houver mais parcelas na área irrigada.

Ao iniciar o funcionamento do sistema de aspersão deve-se zerar o Irrigâmetro, preparando-o para a irrigação seguinte.

b.3.2. Pivô Central

No caso de irrigação com pivô central, o Irrigâmetro estará equipado com uma Régua Percentual, específica para as características do sistema de irrigação do produtor. A velocidade de deslocamento do sistema, para aplicação da quantidade de água indicada no Tubo de Alimentação, é facilmente obtida na Régua Percentual. Para isto basta observar o valor percentual que vai coincidir com o nível da água. Esse valor vai definir a posição do percentímetro do pivô central, para que seja aplicada a quantidade de água necessária à cultura.

Exemplo 2. Um produtor do município de Alpercata, MG, está cultivando milho, irrigado por pivô central. A cultura se encontra na fase inicial de desenvolvimento vegetativo. Após avaliações técnicas do pivô central e do solo, equipou-se o Irrigâmetro com uma Régua Percentual modelo 2.5/100 e com uma Régua de Manejo modelo CPS 1.1, a qual se encontra com a face 1 voltada para frente, conforme indicação da seta no destaque A da Figura 34.

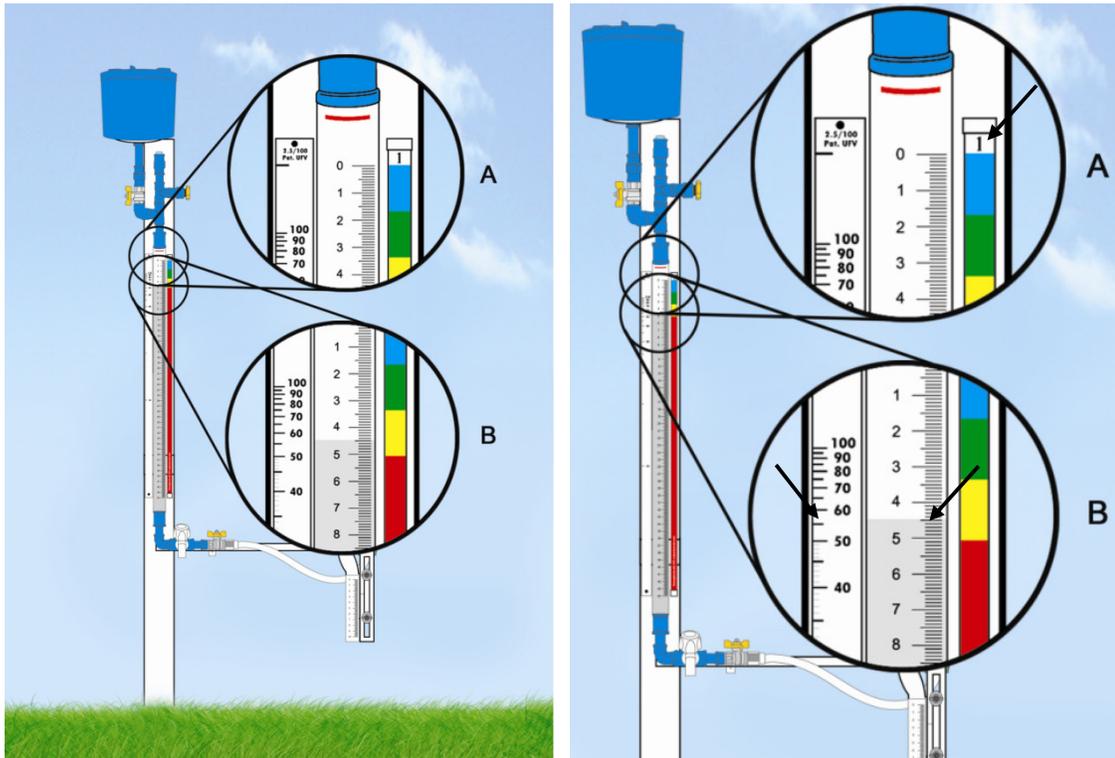


FIGURA 34. Irrigâmetro instalado para manejar a irrigação do milho, na fase 1, com pivô central (2,5 mm a 100%) (A), mostrando o momento de irrigar (nível de água na faixa amarela), a lâmina líquida a ser aplicada (4,5 mm) e a velocidade percentual de deslocamento do pivô (56%) (B).

Após três dias da última irrigação, o nível da água no Tubo de Alimentação do Irrigâmetro se encontrava no valor de 4,5 mm, na direção da faixa amarela, indicando necessidade de irrigação. A velocidade do pivô central para suprir o déficit de água no solo está indicada na Régua Percentual, com valor de 56%, conforme indicação da seta no destaque B, da Figura 34. Nesse processo, assim que o pivô central iniciar a aplicação de água na lavoura, o Irrigâmetro deverá ser zerado para o controle da irrigação seguinte.

- Considerando a chuva no manejo da irrigação

O Irrigâmetro também permite ao irrigante saber se a chuva foi ou não suficiente para atender as necessidades de água da lavoura. Isto possibilita reduzir o consumo de água e de energia.

No caso de ocorrer uma chuva, o operador do Irrigâmetro deve medir a lâmina precipitada no Pluviômetro e verificar, em seguida, se ela foi suficiente ou não para repor o déficit hídrico que existia no solo antes da ocorrência da chuva. Isto deve ser feito de acordo com o procedimento mostrado nos exemplos a seguir.

Exemplo 3. No município de Baixo Guandu, ES, um produtor está cultivando milho, na fase de florescimento, irrigado por um sistema de aspersão convencional que aplica uma lâmina de água de 10 milímetros por hora (10 mm/h). No transcorrer do manejo da irrigação ocorreu uma chuva. No dia seguinte, o irrigante observou que o consumo de água indicado no Tubo de Alimentação do Irrigâmetro era de 9 mm, conforme indicação da seta no destaque A da Figura 35.

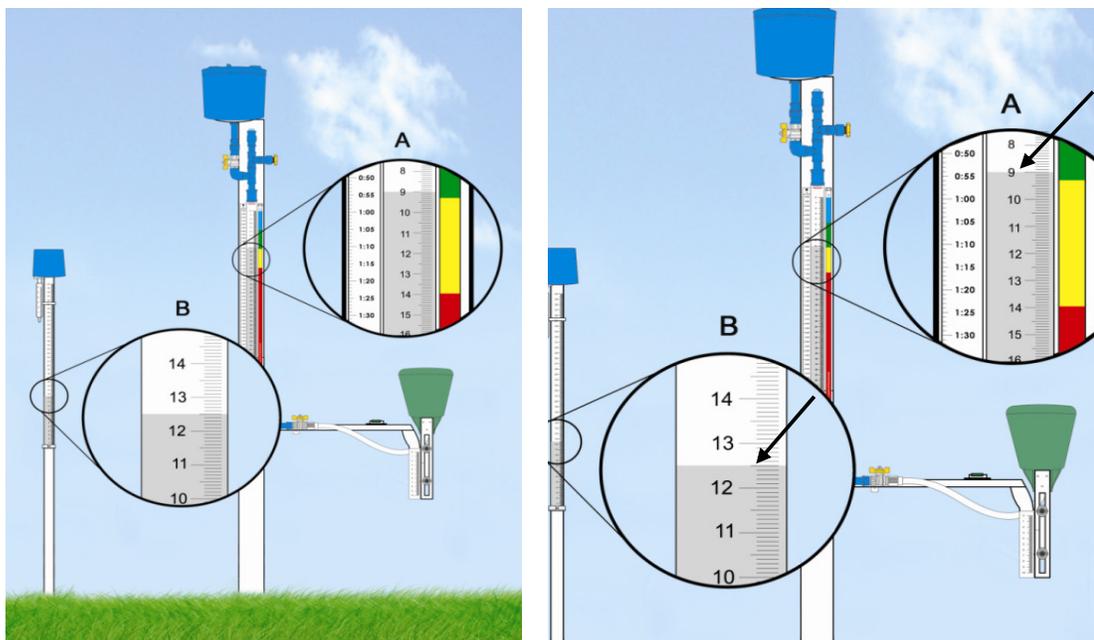


FIGURA 35. Irrigâmetro instalado para manejar a irrigação do milho, na fase 3, com aspersão convencional (10 mm/h), mostrando o nível da água no Tubo de Alimentação (9 mm) em (A), e a chuva medida na Proveta do Pluviômetro (12,5 mm) em (B).

Para quantificar a água de chuva no manejo da irrigação, deve-se proceder da seguinte maneira:

Passo 1. Medir a chuva na Proveta do Pluviômetro. No exemplo, observa-se o ponto B, indicado na Figura 35 uma chuva de 12,5 mm.

Passo 2. Retirar a Proveta do Pluviômetro, suspendendo-a e deslocando lateralmente a sua base.

Passo 3. Posicionar o fundo da Proveta no mesmo nível da água do Tubo de Alimentação do Irrigâmetro, conforme figura a seguir.

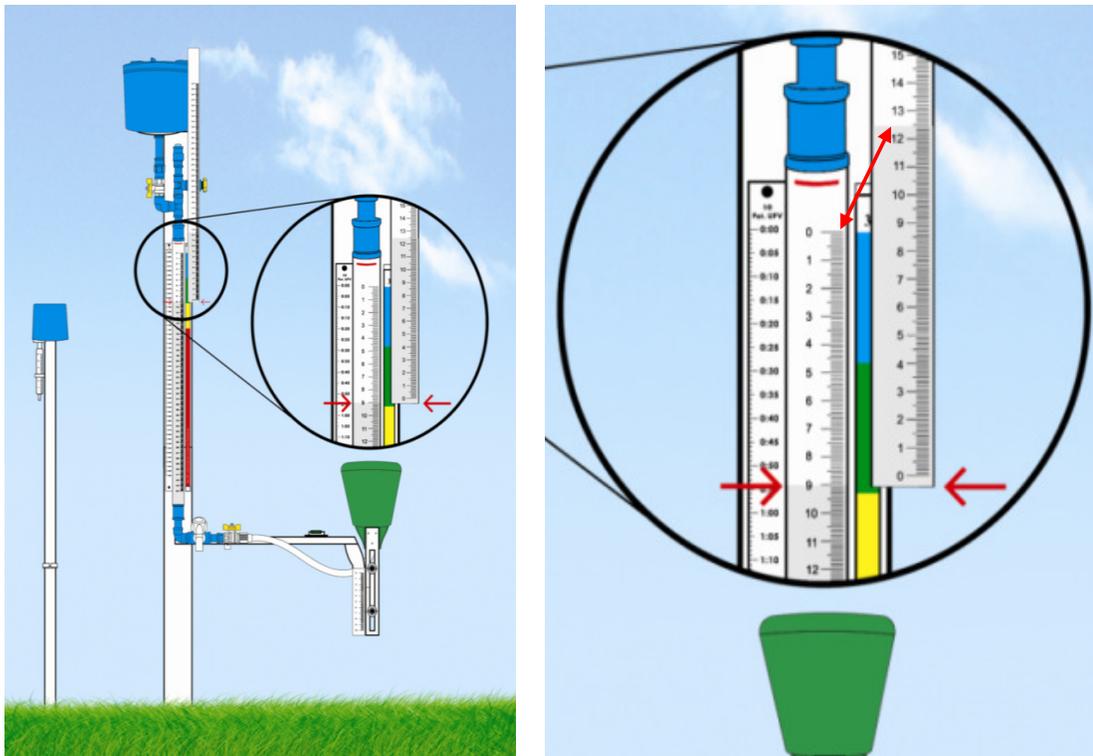


FIGURA 36. Posicionamento da base da Proveta do Pluviômetro no mesmo nível da água (9 mm) no Tubo de Alimentação.

Passo 4. Verificar se a posição do nível da água da Proveta ficou acima do valor zero da escala existente no Tubo de Alimentação do Irrigâmetro.

Passo 5. Incluir a chuva no manejo da irrigação. Neste caso, a lâmina precipitada (12,5 mm) foi suficiente para repor o déficit de água que existia no solo

(9 mm) antes da ocorrência da chuva, pois o nível da água na Proveta do Pluviômetro ficou acima do valor zero no Tubo de Alimentação do Irrigâmetro, conforme indicação da seta dupla no destaque da Figura 36.

Depois disso, deve-se esvaziar a Proveta do Pluviômetro e colocá-la novamente no suporte plástico. Em seguida deve-se retirar a água da chuva captada no Evaporatório do Irrigâmetro, com uso da Seringa (Figura 37).

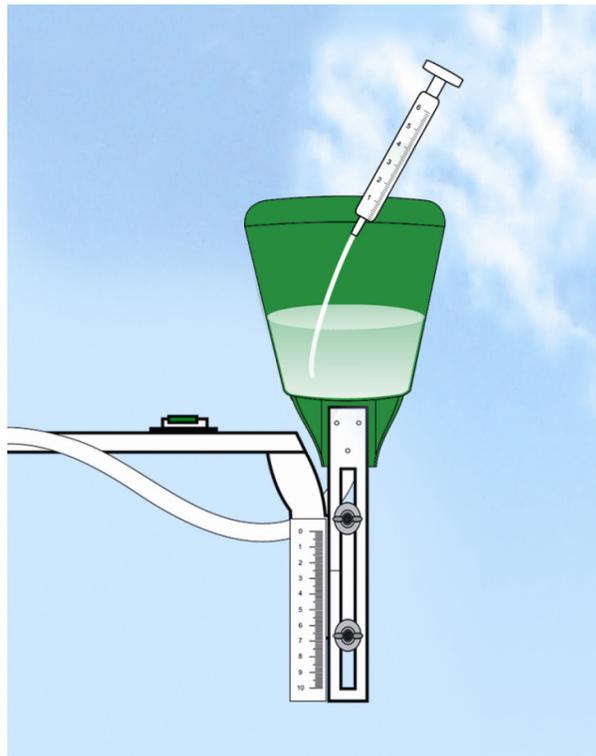


FIGURA 37. Retirada do excesso de água no Evaporatório, em decorrência de chuva, com uso da Seringa.

Após a retirada da água de chuva do Evaporatório, deve-se acrescentar água no Tubo de Alimentação até que o nível fique próximo à sua extremidade superior, conforme indicação da seta no destaque da Figura 38. Para isso, deve-se fechar a Válvula Interconectora e abrir as válvulas de Abastecimento e Escapamento localizadas na parte superior do Irrigâmetro. Assim que a água atingir esse nível, deve-se fechar as válvulas de Abastecimento e de Escapamento.

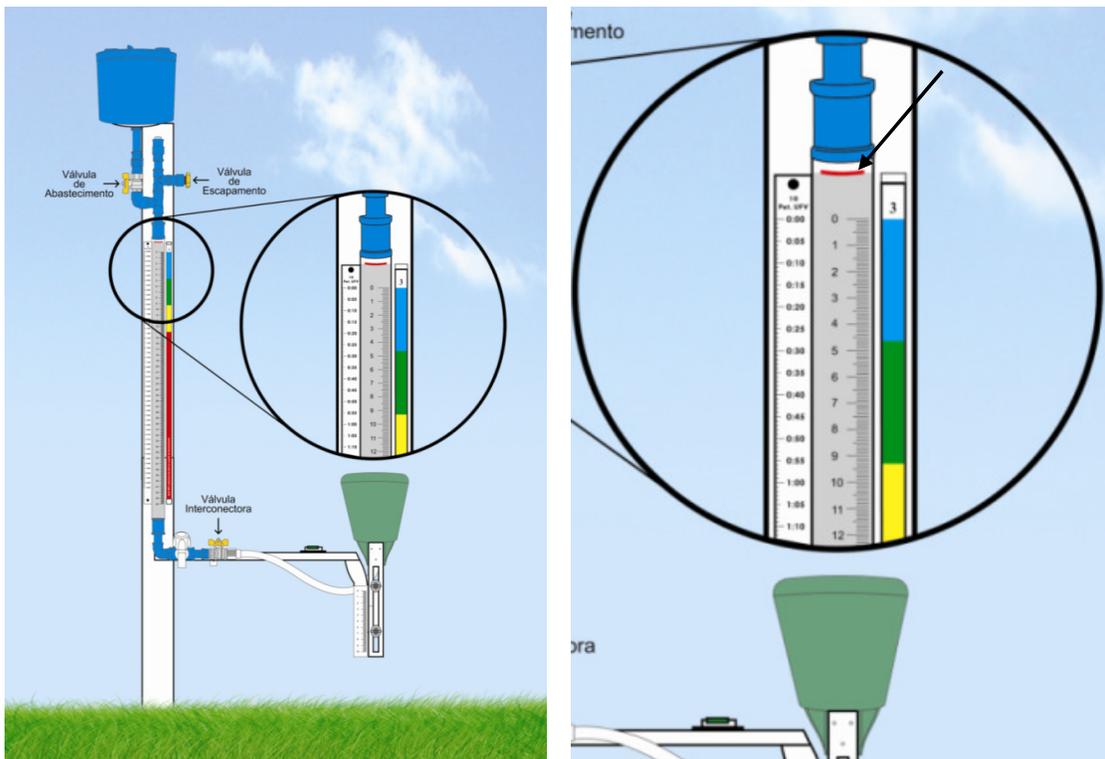


FIGURA 38. Reposição de água no Tubo de Alimentação até o nível ficar próximo à sua extremidade superior.

A água existente no interior do Tubo de Borbulhamento deve ser retirada abrindo-se a Válvula de Drenagem até que o nível da água no Tubo de Alimentação fique no zero da escala laminar, como indicado pela seta no destaque da Figura 39. Depois, deve-se abrir a Válvula Interconectora, colocando novamente o Irrigâmetro em operação, para dar continuidade ao manejo da irrigação.

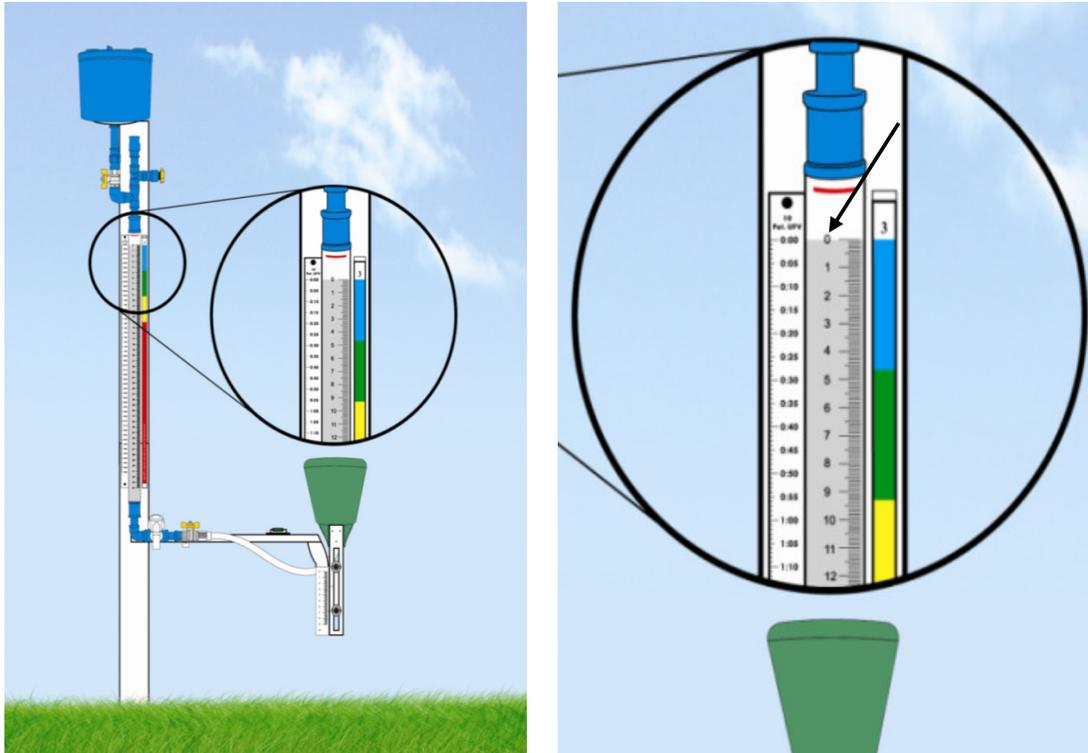


FIGURA 39. Irrigâmetro preparado para a irrigação seguinte, com nível da água em zero no Tubo de Alimentação.

Importante: Caso ocorra chuva prolongada, com encharcamento do solo, recomenda-se zerar o Irrigâmetro um a dois dias após a chuva, dependendo do tipo de solo e das suas condições de drenagem, a fim de evitar que haja indicação de irrigação com solo ainda úmido.

Exemplo 4. No transcorrer do manejo da irrigação do milho cultivado em Baixo Guandu, ES, houve outra chuva. No dia seguinte, o irrigante observou que o consumo de água indicado no Tubo de Alimentação do Irrigâmetro era de 16,7 mm, conforme indicação da seta no destaque A da Figura 40.

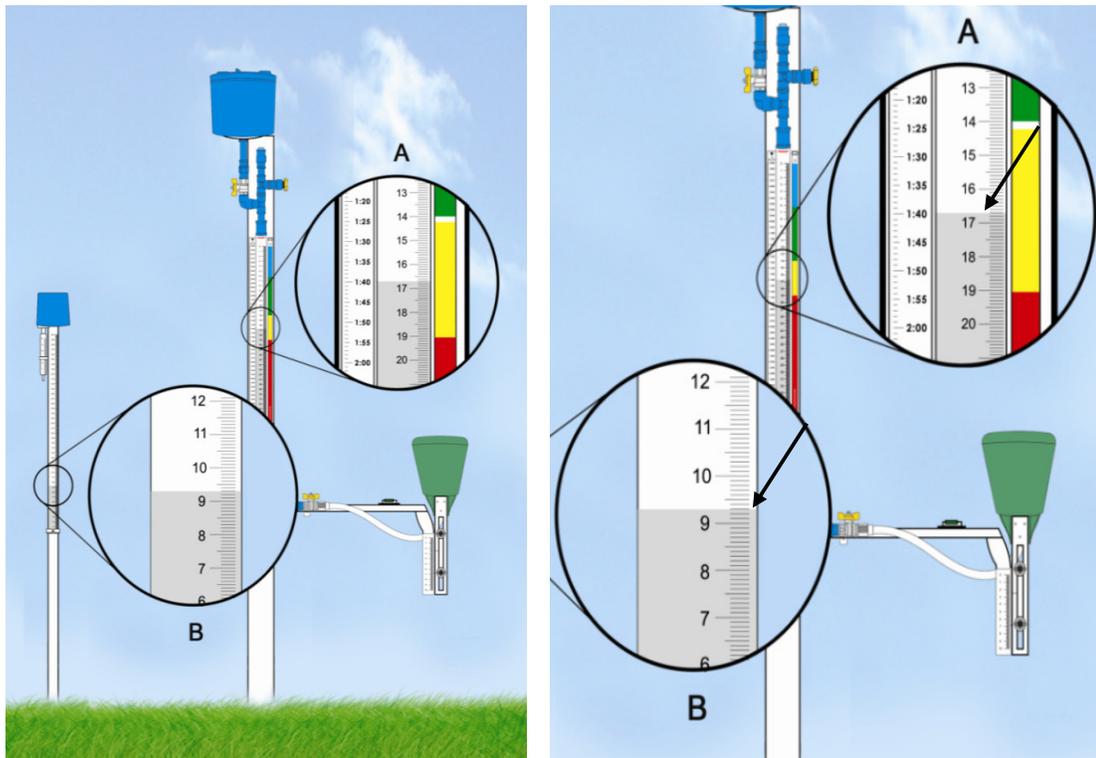


FIGURA 40. Nível da água no Tubo de Alimentação (16,7 mm) (A) e a chuva medida na Proveta do Pluviômetro (9,3 mm) (B).

Para considerar a efetividade da água de chuva no manejo da irrigação, deve-se proceder da seguinte maneira:

Passo 1. Medir a precipitação na Proveta do Pluviômetro. Neste exemplo, observa-se que choveu 9,3 mm, conforme indicação da seta no destaque em B, na Figura 40.

Passo 2. Retirar a Proveta do Pluviômetro, suspendendo-a e deslocando lateralmente a sua base.

Passo 3. Posicionar o fundo da Proveta no mesmo nível da água do Tubo de Alimentação do Irrigâmetro, conforme indicação da seta no destaque A da Figura 41.

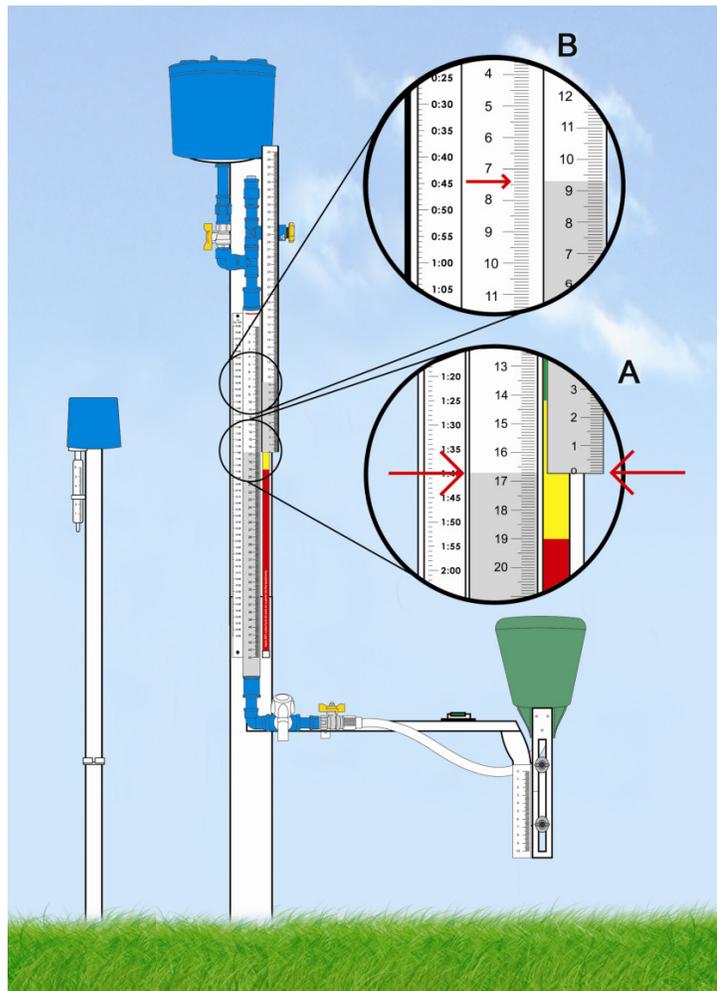


FIGURA 41. Posicionamento da base da Proveta do Pluviômetro no mesmo nível da água (16,7 mm) no Tubo de Alimentação (A) e o nível que a água da proveta atinge (7,4 mm) no Tubo de Alimentação (B).

Passo 4. Verificar a posição do nível da água da Proveta. Neste caso ficou na direção do valor 7,4 mm na escala laminar do Tubo de Alimentação do Irrigâmetro, conforme B, na Figura 41, indicando que, embora tenha chovido, ainda há um déficit de 7,4 mm de água no solo. Memorizar este valor.

Passo 5. Incluir a lâmina precipitada no manejo da irrigação. Nesse caso, a lâmina precipitada não foi suficiente para repor o déficit de água que existia no solo antes da ocorrência da chuva, pois o nível da água na Proveta ficou abaixo do nível zero no Tubo de Alimentação do Irrigâmetro, conforme indicado em B, na Figura 39.

Inicialmente, deve-se esvaziar a Proveta do Pluviômetro e colocá-la no suporte plástico. O procedimento seguinte é retirar a água da chuva captada no Evaporatório do Irrigâmetro, com uso da Seringa (Figura 37). A retirada da água deve ser realizada até ocorrer a liberação de ar na extremidade inferior do Tubo de Borbulhamento. Quando parar a liberação de ar, significa que o nível de água dentro do Evaporatório foi restabelecido para o mesmo nível que existia antes da ocorrência da chuva. Em seguida, deve-se acrescentar água no Tubo de Alimentação até que o nível atinja aproximadamente 3,0 cm acima do valor 7,4 mm (Figura 42).

Para isso, deve-se fechar a Válvula Interconectora e abrir as válvulas de Abastecimento e de Escapamento, localizadas na parte superior do Irrigâmetro. Assim que a água atingir, aproximadamente, a altura de 3,0 cm acima do valor 7,4 cm, deve-se fechar as válvulas de Abastecimento e de Escapamento.

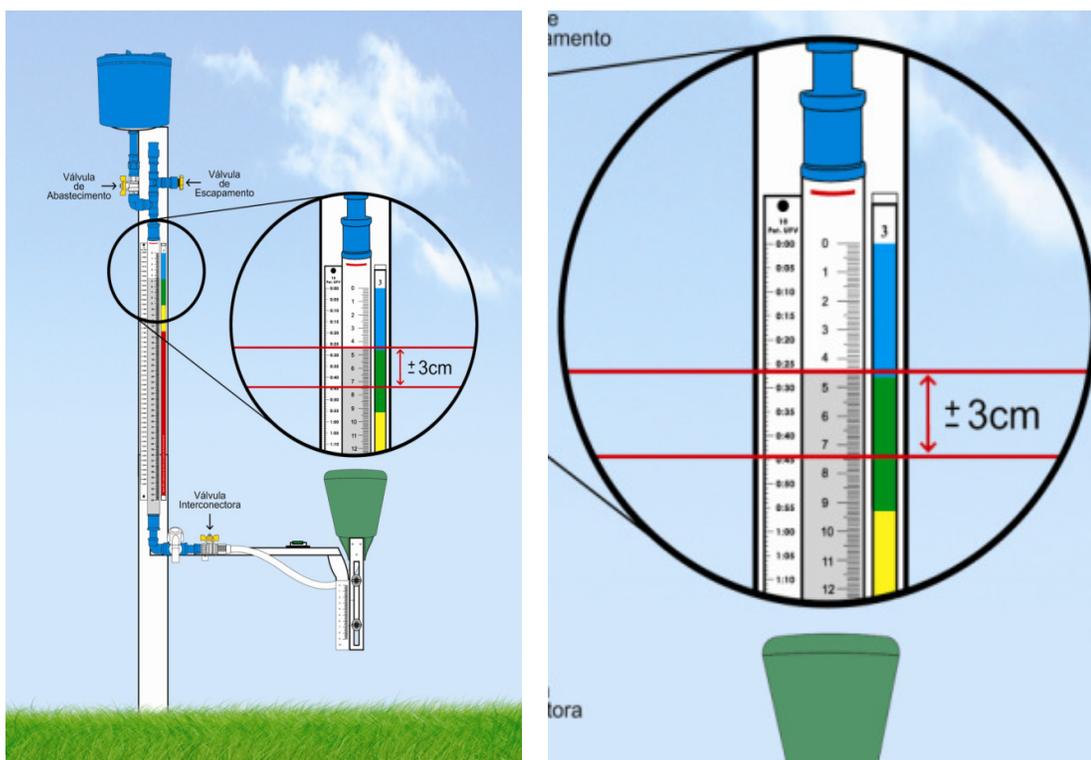


FIGURA 42. Reposição da água no Tubo de Alimentação cerca de 3 cm acima do valor memorizado (7,4 mm).

A água existente no interior do Tubo de Borbulhamento deve ser retirada abrindo-se a Válvula de Drenagem até que o nível da água no Tubo de Alimentação atinja o valor 7,4 mm na escala laminar, conforme mostrado na seta no destaque da Figura 43. Em seguida, deve-se abrir a Válvula Interconectora para colocar novamente o Irrigâmetro em operação e dar continuidade ao manejo da irrigação.

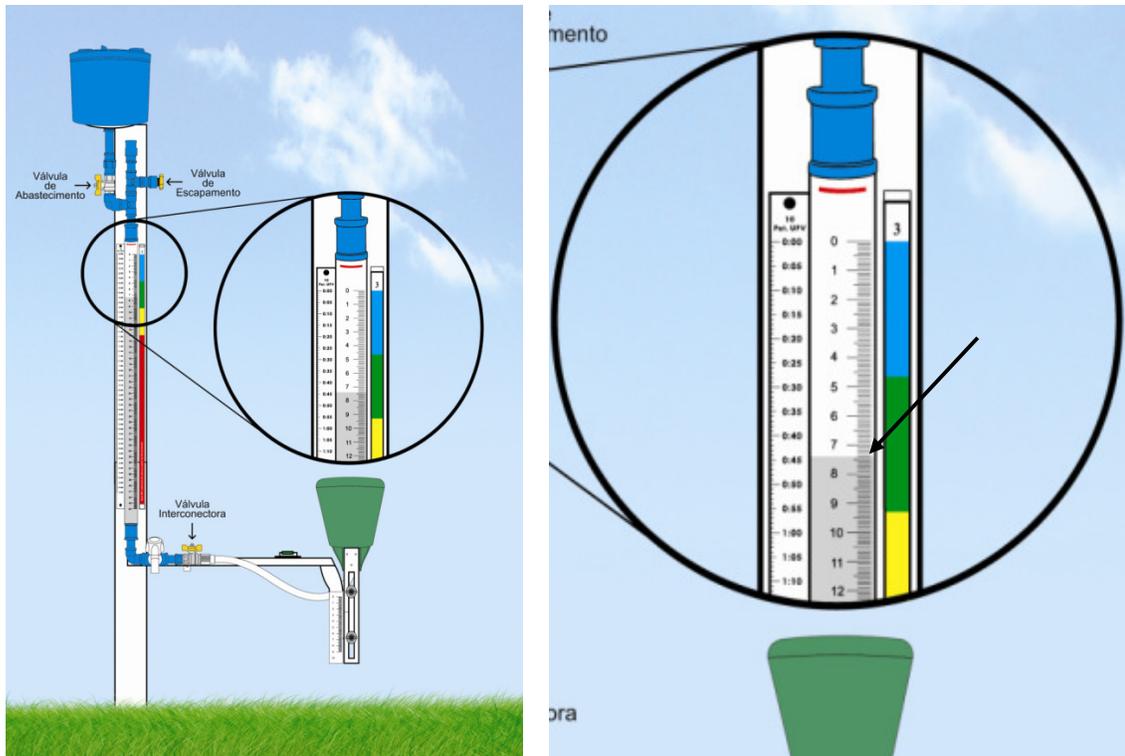


FIGURA 43. Nível da água no Tubo de Alimentação do Irrigâmetro (7,4 mm), após incluir a lâmina precipitada de 9,3 mm.

Neste exemplo, observa-se que, embora a chuva não tenha sido suficiente para repor integralmente o déficit de água no solo, não há necessidade de irrigar a cultura, pois o nível da água no Tubo de Alimentação ficou na direção da faixa de cor verde (Figura 43).

Nos dois exemplos anteriores mostrou-se que a inclusão da água de chuva no manejo da irrigação foi feita facilmente, uma vez que não houve necessidade de efetuar qualquer tipo de cálculo.

4. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 319p. FAO Irrigation and Drainage. Paper 56.

BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 1, n. 1, p. 7, 1992.

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 625p.

CAIXETA, S.P. **Efeitos de elementos meteorológicos na evapotranspiração estimada pelo Irrigômetro nas condições climáticas da zona da mata mineira**. 2009. 51 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CASTRO JÚNIOR, W.L. **Uso de diferentes tecnologias de manejo da irrigação e análise econômica da produção de feijão-caupi na Região dos Cocais – MA**. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Revista Bahia Agrícola**, v.7, n.1, set. 2005.

CONTIN, F.S. **Tecnologia do Irrigômetro aplicada no manejo da irrigação do feijoeiro**. 2008. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÉBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 27, n. 150, p 155-162, 1980.

DOORENBOS, J.; PRUITT, J.O. **Crop water requeriment**. Rome: FAO, 1977. 144 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24).

FALKENMARK, M.; ROCKSTRÖM, J. **Balancing water for humans and nature: the new approach in ecohydrology**. Earthscan, London, 2004. 247 p.

FRIZZONE, J.A.; FREITAS, P.S.L.; REZENDE, R.; FARIA, M.A. **Microirrigação: Gotejamento e microaspersão**. Marigá, Eduem, 2012. 356 p.

LOPES, A.S. et al. Manejo da irrigação (tensiometria e balanço hídrico climatológico) para a cultura do feijoeiro em sistemas de cultivo direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 24, n. 1, p. 89-100, 2004.

MEDEIROS, A.T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba, CE**. 2002. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

OLIVEIRA, E.M. **Desempenho do Irrigâmetro na estimativa da Evapotranspiração de referência na região do Alto Paranaíba-MG**. 2009. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

OLIVEIRA, E.M. et al. Ajuste do Irrigâmetro para estimar a evapotranspiração da cultura nos seus diversos estádios de desenvolvimento. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36. Bonito, MS, 2007. **Anais...** Bonito, MS: SBEA, 2007b. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, R.A.; RAMOS, M.M. **Manual do Irrigâmetro**. 1ª edição, Viçosa, MG, 2008. 144 p.

OLIVEIRA, R. A.; TAGLIAFERRE, C.; SEDIYAMA, G. C.; MATERAM, F. J. V.; CECON, P. R. Desempenho do Irrigâmetro na estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.12, n.2, p.166–173, Campina Grande, PB, 2008.

PAULA, A.L.T. **Tecnologia do Irrigâmetro e da válvula intermitente para aspersor aplicada no perímetro irrigado do Jaíba**. 2009. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PAULINO, J. et al. Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o Censo Agropecuário de 2006. **Irriga**, Botucatu, SP, v. 16, n. 2, p. 163-176, 2011.

PEREIRA, A. R., SEDIYAMA, G. C.; VILLA NOVA, N. A. **Evapotranspiração**. Fundag: Campinas, SP, 2013. 323p.

SEDIYAMA, G.C. **Necessidade de água para os cultivos**. Brasília, DF: ABEAS, 1996. 176 p.

SILVA, E.M. et al. Manejo de irrigação para grandes culturas. In: FARIA, M.A. et al. **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas, MG: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p. 239-280.

SMITH, M. **Report on the expert consultation on revision of crop water requirements**. Rome: FAO, 1991. 45 p.

SOUSA, V. F.; COELHO, E. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J. A. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.4, n.2, p.183-188, 2000.

TAGLIAFERRE, C. **Desempenho do Irrigâmetro e de dois minievaporímetros para estimativa da evapotranspiração de referência**. 2006. 99 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

TAGLIAFERRE, C. et al. Estimativa da evapotranspiração de referência com uso do Irrigâmetro em Vitória da Conquista-BA. **Irriga**, Botucatu, SP, v. 17, n. 1, p. 28-38, 2012.

Viçosa, 30 de maio de 2014

Rubens Alves de Oliveira
Coordenador