

MANEJO DE IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO NA CULTURA DA GOIABEIRA

Everardo Chartuni Mantovani¹

Cristiano Egnaldo Zinato²

Fúlvio Rodriguez Simão³

¹ Professor Titular do Departamento de Engenharia Agrícola – UFV

e-mail: everardo@ufv.br

² Eng. Agrícola, MS

e-mail: zinato@irriga.com.br

³ Eng. Agrônomo, Mestrando

1. Introdução:

A agricultura irrigada tem sido uma importante estratégia para otimização da produção mundial de alimentos, gerando desenvolvimento sustentável no campo, com geração de empregos e renda de forma estável. Atualmente, mais da metade da população mundial depende de alimentos produzidos em áreas irrigadas.

A irrigação não deve ser considerada isoladamente, mas sim como parte de um conjunto de técnicas utilizadas para garantir a produção econômica de uma determinada cultura, com adequados manejos dos recursos naturais, devendo ser levado em conta os aspectos de sistemas de plantios, de possibilidades de rotação de culturas, de proteção dos solos com culturas de cobertura, de fertilidade do solo, de manejo integrado de pragas e doenças, mecanização, etc., perseguindo-se a produção integrada e a melhor inserção nos mercados.

No conceito antigo, a irrigação era vista como uma técnica que visava basicamente a luta contra a seca. Em uma visão mais atual, dentro de um foco empresarial do agronegócio, a irrigação é uma estratégia para aumento da rentabilidade da propriedade agrícola pelo aumento da produção e da produtividade, de forma sustentável, preservando o meio ambiente e com maior geração de emprego e renda, dando enfoque para as cadeias produtivas.

Sem dúvida, esse conceito de irrigação necessita de um programa muito bem elaborado de pesquisa e desenvolvimento para o seu estabelecimento e durabilidade. Assim, o futuro da irrigação envolve produtividade e rentabilidade com eficiência no uso da água, da energia e dos insumos, bem como com respeito ao meio ambiente.

A importância da irrigação pode, portanto, ser sintetizada nas seguintes vantagens:

- Seguro contra secas que ciclicamente ocorrem estiagens mais prolongadas em regiões, sejam elas de clima árido, semi-árido ou úmido. A irrigação permite segurança na safra, independentemente desse problema.
- Melhor produtividade das culturas, aumentando o rendimento da área cultivada e propiciando condições para mais de uma colheita numa mesma área, ou seja, uso intensivo do solo.
- Melhor qualidade de o produto, em virtude do metabolismo vegetal ocorrer em condições mais favoráveis.
- Possibilidade de fazer um programa de cultivo com colheitas fora da época normal. Com o auxílio da irrigação, pode-se antecipar ou atrasar a safra de certas culturas, o que proporciona melhores cotações no mercado.
- Maior eficiência no uso de fertilizantes.
- Introdução de culturas caras, minimizando o risco do investimento.

De forma geral, a busca desses resultados positivos tem sido importante, mas limitada, pois tem sido focada no ponto de vista da Engenharia, negligenciando o Manejo. Mesmo considerando a melhoria dos sistemas modernos de irrigação, com maior eficiência de distribuição da água nas mais diversas situações, a falta de um programa de manejo pode levar tudo a perder: seja pela aplicação em excesso (mais comum) ou em falta, antes ou depois do momento adequado para cada fase da cultura e situações vigentes.

1.1. Importância da irrigação para a cultura da goiabeira

O Brasil, por sua grande diversidade edafoclimática, apresenta condições ideais para a agricultura e, em particular, para a fruticultura, com potencial para atender aos mercados interno e externo. Nos últimos anos, tem havido considerável expansão da fruticultura irrigada, em pólos regionais como Juazeiro (BA), Petrolina (PE), Janaúba e Jaíba (MG), além de outros locais sem tradição anterior no cultivo de fruteiras.

No mundo inteiro, a agricultura irrigada está se profissionalizando em níveis nunca vistos. A fruticultura vem, cada vez mais, ocupando lugar de destaque no complexo agroindustrial, seja pelo aumento do consumo interno e das exportações, seja por sua importância social na geração de empregos, ou ainda, pelo crescimento da rentabilidade dos pequenos e médios produtores.

O desafio é produzir mais, melhor e com menores custos, oferecendo aos clientes e consumidores, produtos de qualidade a preços competitivos. Portanto, o irrigante que desejar ter sucesso precisa assumir o papel de empresário rural, atuando profissionalmente em toda a cadeia

produtiva do agronegócio, desde a aquisição de insumos, produção, pós-colheita, beneficiamento e processamento até a distribuição, seja de forma isolada ou através de cooperativas.

Existem no Brasil cerca de 2,5 milhões de hectares ocupados com produção de frutas, com uma produção acima de 30 milhões de toneladas. A fruticultura, considerada importante fator de desenvolvimento econômico e social, gera, direta e indiretamente, milhares de empregos.

Vale ainda ressaltar que a fruticultura brasileira é uma das mais importantes do mundo. Além de ser o maior produtor de frutas cítricas, o país ocupa posição destacada como produtor de frutas tropicais, como banana, manga, mamão, abacaxi, caju, maracujá e goiaba, que é o foco deste trabalho.

Só na região Nordeste há mais de 5000 ha cultivados com goiaba, com uma tendência de crescimento, principalmente nos pólos de agricultura irrigada, como Petrolina e Juazeiro. A expansão se deu devido a vários aspectos, destacando-se: substituição do cultivo da bananeira (doenças e outros problemas), rapidez do retorno dos investimentos aplicados e possibilidade de várias formas de aproveitamento dos frutos como doces, sucos, polpas e consumo da fruta in natura.

A goiabeira cultivada com irrigação e com poda, além de apresentar níveis de produtividade elevados (40 a 50 t/ha/ano), produz durante todo o ano. Essa característica possibilita ao produtor não só comercializar sua produção como fruta fresca nos grandes centros consumidores locais, como também permite buscar mercados mais distantes, inclusive o mercado de exportação. Para a exportação, assim como para um mercado interno cada vez mais exigente, exige-se um padrão de qualidade muito superior ao padrão da fruta destinada ao mercado local e à indústria, só alcançado em culturas tecnificadas e formadas com variedades selecionadas, de acordo com o mercado que se deseja atingir (Gonzaga Neto, 1990).

A fruticultura, como no caso da cultura da goiabeira, tem sido uma das atividades agrícolas que mais tem demandado conhecimentos relativos à irrigação, principalmente devido à utilização de fruteiras de alto valor econômico. A utilização de irrigação também é uma estratégia dos fruticultores para reduzir os riscos associados à atividade.

O conhecimento das necessidades hídricas e nutricionais de máxima eficiência econômica para as culturas é indispensável para a obtenção de sucesso no empreendimento frutícola, pois a água e os nutrientes são os fatores que mais limitam o rendimento da planta (Ruggiero et al., 1996). Neste contexto, sanar tais problemas significa possibilitar o aumento da produtividade, da qualidade dos frutos, da margem de lucro do produtor e da competitividade nos mercados nacionais e internacionais.

Entretanto, para que as técnicas de irrigação e fertilização sejam bem sucedidas, é de suma importância, o seu manejo adequado, visando maior competitividade econômica e sustentabilidade ambiental, exigidas por um mercado globalizado e consciente da necessidade de preservação do meio ambiente, idéias em sintonia com o lema da tecnologia: *produzir o máximo e com qualidade, no menor intervalo de tempo, com menor investimento possível e com o mínimo impacto ambiental.*

2. Métodos de Irrigação para a cultura da goiabeira

A irrigação visa, sobretudo, suprir as necessidades hídricas das plantas. Não funciona em separado, mas integrada outras práticas agrícolas de forma a beneficiar a cultura e o produtor em particular. É necessária em regiões onde o regime pluvial não atende às necessidades das plantas durante todo o seu ciclo ou em parte dele, permitindo ampliar o tempo de exploração, o número de colheitas ou ainda melhorar a produção já existente (Simão, 2002).

O uso correto da irrigação é fator determinante para o sucesso do produtor, em especial no caso da fruticultura irrigada, que envolve altos custos e conseqüentemente possui maior risco associado à atividade. Deve-se destacar, portanto, a importância da escolha correta do método de irrigação a ser utilizado, da realização criteriosa do projeto, da utilização de equipamentos de boa qualidade (que atendam às especificações para as quais foram projetados), dos cuidados durante a implantação do sistema, da correta manutenção do mesmo e na determinação correta do momento de aplicação da água e de produtos químicos que eventualmente podem ser aplicados pelo sistema. Vários métodos podem ser escolhidos com base na viabilidade técnico-econômica e benefícios sociais advindos de seu uso.

2.1. Aspectos gerais dos métodos

As diversidades edafoclimáticas, econômicas e sociais das regiões brasileiras possibilitam o uso dos diferentes sistemas de irrigação, que podem ser agrupados em três grandes métodos.

Irrigação por superfície

A água é aplicada ao perfil no solo, utilizando sua própria superfície para condução e infiltração, podendo ser por sulco, por faixa, por inundação ou subterrânea (subirrigação).

Irrigação por aspersão

A água é aplicada no solo sob a forma de chuva artificial, por fracionamento de um jato de água, em grande número de gotas que se dispersam no ar e caem sobre a superfície do terreno

ou do dossel vegetativo. Destacam-se, nesse grupo, os sistemas convencionais, ramal rolante, montagem direta, autopropelido, pivô central e o linear.

Irrigação localizada

A água é aplicada na superfície ou subsuperfície do solo, próximo à planta, em pequenas intensidades e com grande frequência. São utilizados sistemas de filtragem e de pressurização, tubulações para condução da água e gotejadores ou microaspersores, que irão constituir os dois sistemas: um de gotejamento e outro de microaspersão.

2.2. Seleção adequada do sistema de irrigação para a cultura da goiabeira

Um projeto de irrigação para a cultura da goiabeira deve contemplar, de forma integrada, entre vários aspectos, os seguintes: definição de um sistema de irrigação, elaboração de um planejamento baseado em estudos básicos da área, plano de exploração agrícola, conhecimento da infraestrutura disponível na área, previsão do manejo da irrigação e comportamento do sistema radicular.

A implantação de um projeto mal concebido poderá trazer sérios problemas para a sua operacionalização, podendo até inviabilizá-lo, futuramente. Devem-se levar em conta, as características físicas e químicas do solo e da água, as condições climáticas e o nível de tecnologia a ser adotado nos cultivos.

É muito importante ficar bem claro que não há propriamente um método de irrigação mais eficiente que outro para quaisquer condições: há um método que se adapta melhor. Deve-se, então, primeiramente, estudar bem as características da cultura e da área que se quer irrigar e, depois, escolher o método que melhor se adapte a essas características. O manejo da irrigação, juntamente com o método empregado, influencia em grande parte o aumento da produção em associação, logicamente, com a combinação favorável da cultura e do solo.

A escolha de um dos métodos citados 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, à topografia, à planta, à água, ao clima, ao manejo, à energia e aos custos, entre outros fatores.

Não há um método melhor que outro, mas sim um método que facilite o manejo da cultura. Por exemplo, culturas que exigem tratamento fitossanitário permanente não deveriam ser irrigadas por métodos que promovem a lavagem da parte aérea, pois acarretam custos mais elevados e provocam danos ao meio ambiente. Como os métodos localizados se caracterizam

pela grande frequência de irrigação, o solo se mantém com umidade próxima à capacidade de campo, favorecendo a absorção e a evapotranspiração das plantas, garantindo, portanto, o seu desenvolvimento.

Quanto ao clima, a principal limitação é o vento, o qual afeta os sistemas em que a água é lançada ao ar, como a aspersão e a microaspersão (na fase inicial). Em regiões em que a velocidade do vento é maior que 5 m/s, as perdas por arrastamento são elevadas. Se, associado ao vento, há uma umidade relativa baixa e temperaturas elevadas, as perdas são maiores e restringem-se os métodos citados, a menos que se irrigue em períodos de menor intensidade dessas variáveis.

2.3. Métodos recomendados

Em função das características atuais dos sistemas de produção, os métodos mais recomendados são a irrigação localizada e os sistemas de aspersão por pivô central, por permitirem maior eficiência no uso da água e outros insumos.

A escolha de qualquer método de irrigação depende de uma série de fatores, destacando-se o tipo de solo, a topografia e o tamanho da área, os fatores climáticos, os fatores relacionados ao manejo da cultura, o déficit hídrico, a capacidade de investimento do produtor e o custo do sistema de irrigação (Mantovani, 2001). Considerando o grande volume de água exigido na irrigação e a necessidade de otimizar a utilização, um dos aspectos importantes que está sendo analisado na escolha do método de irrigação é a eficiência como este irriga a cultura.

Dentre os métodos de irrigação, podem ser destacados a irrigação localizada (gotejamento e microaspersão), a aspersão subcopia com mangueiras e o pivô central, como os métodos mais recomendados para a cultura da goiabeira, sendo que ainda existem algumas áreas de fruticultura que utilizam irrigação por superfície, mesmo com as grandes perdas por percolação profunda.

2.2.1. Irrigação localizada

A água é aplicada diretamente sobre a região radicular, em pequena intensidade e alta frequência, para manter a umidade próxima da ideal, que é a de capacidade de campo.

Gotejamento e microaspersão, mostrados nas Figuras 1 e 2, são os sistemas mais difundidos, sendo, o primeiro o mais antigo no Brasil (1972) e, o segundo, o mais recente (1982). Diferem entre si quanto ao sistema de aplicação. No gotejamento, aplicam-se vazões menores, de 2 a 10 L/h, gota a gota, e na microaspersão, com vazões aplicadas de forma pulverizada, na faixa de 20 a 150 L/h. São de alto custo. Portanto, devem ser usados em culturas de alto retorno

econômico, como café, tomate, morango, melão, pimenta do reino (gotejamento); abacate, citrus, guaraná, manga, seringueira e uva (microaspersão); banana, cacau, mamão, viveiro de frutíferas, de essências florestais, de plantas ornamentais e da cultura da goiaba (gotejamento e microaspersão).

Existem sistemas alternativos de irrigação localizada, de custos bem mais baixos, não comerciais, que podem ser desenvolvidos na própria fazenda, como o sistema gravatinha.



Figura 1 – Sistema de irrigação localizada com gotejadores do tipo alternativo.



Figura 2 – Irrigação localizada por microaspersão na cultura da mangueira

Os industrializados, antigamente eram comercializados em pacotes completos, ou seja, os componentes isolados de cada fabricante não podiam ser adquiridos para compor um projeto. Atualmente, devido à grande expansão do mercado de equipamentos, é possível compor um projeto com distintos equipamentos e fabricantes.

São vantagens da irrigação localizada:

- controle rigoroso da quantidade d'água a ser fornecida para a planta;
- baixo consumo de energia elétrica;
- possibilidade de funcionamento 24 horas por dia;
- elevada eficiência de aplicação d'água;
- manutenção da umidade próxima à da capacidade de campo;
- menor desenvolvimento de ervas daninhas entre linhas de plantio;
- facilidade de distribuição de fertilizantes e outros produtos químicos junto à água de irrigação;
- pouca mão-de-obra e facilidade de automação e
- possibilidade de uso de águas salinas.

São desvantagens:

- entupimento (principalmente para o gotejamento);
- exigência de filtragem altamente eficiente e
- alto custo inicial.

Um sistema completo de irrigação localizada consta de conjunto motobomba, cabeçal de controle, linhas de tubulações (de recalque, principal, secundária e lateral), válvulas e emissores (gotejadores ou microaspersores).

O conjunto motobomba é normalmente de menor potência em virtude das pequenas alturas manométricas e das pequenas vazões do sistema.

2.2.2. Aspersão convencional com mangueiras flexíveis

As mangueiras são utilizadas conectadas às linhas laterais em uma extremidade e ao aspersor na outra (Figura 3). Este é sustentado por um tripé, em sua outra ponta, de modo que, com uma posição montada de linha lateral, é possível se fazerem três posições de irrigação: à direita da linha lateral montada, sobre a linha lateral e à sua esquerda. Para isso, as mangueiras a serem utilizadas no processo devem ter o comprimento correspondente ao espaço entre as linhas laterais.



Figuras 3 – Sistema de irrigação do tipo aspersão convencional com mangueiras flexíveis implantado nas culturas da bananeira e da goiabeira



Figura 4 – Irrigação por aspersão convencional sub-copa na cultura da goiabeira

As grandes vantagens do sistema com mangueiras flexíveis, comparadas com a aspersão convencional utilizada tradicionalmente (Figura 4), são:

- Diminuição do número de mudanças da linha lateral, havendo possibilidades em alguns casos, principalmente quando o produtor possuir linhas de espera, de o sistema tornar-se fixo ou semifixo;
- Redução no tempo de mudança de posição dos aspersores e diminuição da necessidade de mão-de-obra para executar tais mudanças;
- Possibilidade de obtenção de uma melhor uniformidade de aplicação de água em culturas arbóreas (banana, goiaba, etc.) irrigadas por sub-copa, devido à maior maleabilidade dos aspersores, que podem ser mais bem posicionados entre as plantas e, conseqüentemente, propiciarem uma melhor distribuição de água para a cultura;

- Facilidade de adaptação do sistema com mangueiras a um sistema de aspersão convencional comum e
- Não afeta em nada qualquer tipo de aplicação de produtos químicos, via água de irrigação.
Como desvantagens podem-se citar:
 - Dificuldades de encontrar no mercado, mangueiras com preços que possibilitem economicamente a sua utilização e, ao mesmo tempo, que sejam duráveis sob condições de arraste constante, exposição ao sol e à umidade;
 - Limitação do comprimento das mangueiras a serem utilizadas, uma vez que esta característica é diretamente proporcional ao aumento da altura manométrica do sistema, implicando assim em um impacto no conjunto motobomba e
 - Uso restrito em culturas rasteiras, já que o arraste da mangueira no solo pode danificar as plantas, principalmente na época da floração.

É um sistema que vem sendo amplamente utilizado, principalmente nas culturas da banana e goiaba, tendo o equipamento desempenho satisfatório no campo, além de uma grande aceitação por parte dos produtores.

2.2.3. Pivô central

É o equipamento que mais tem sido utilizado, no Brasil. O sistema consiste em uma linha lateral de aspersores montada sobre armações com rodas, denominadas torres, com uma extremidade fixada em uma estrutura piramidal (ponto pivô) no centro da área e a outra movendo-se em torno do ponto pivô, durante a operação. Na Figura 5, está apresentado o equipamento de pivô central nas culturas da laranja e do mamão.



Figura 5 – Sistema de irrigação do tipo pivô central implantado nas culturas da laranja e do mamoeiro

O pivô central apresenta as seguintes vantagens:

- Opera com mão-de-obra reduzida;
- Logo que termina uma passagem, a linha lateral já se encontra na posição inicial da próxima;
- Obtém-se elevada uniformidade de aplicação d'água quando bem dimensionado;
- Viabiliza a irrigação de grandes áreas e
- fácil manejo, operacionalmente.

As desvantagens são:

- Excessiva precipitação na periferia do equipamento, podendo provocar escoamento superficial;
- Exige área totalmente livre de edificações, árvores, canais, etc., e
- Exige mão-de-obra especializada no manejo, manutenção e reforma.

Um pivô central é constituído pela central de comando e pelos sistemas adutor e de condução de água, sistema estrutural, sistema de movimentação e sistema de aplicação. O sistema adutor é composto pelo conjunto de sucção completo, motobomba, acessórios e tubulações de recalque. Normalmente, a potência do conjunto motobomba é elevada em virtude do tamanho da área irrigada. A tubulação de recalque é enterrada para não limitar o deslocamento das torres do pivô central e pode ser constituída dos seguintes materiais: aço zincado, ferro fundido, PVC e fibrocimento.

O sistema central de comando é composto pela torre central no ponto pivô e pelo sistema de controle geral do pivô central. A torre central é de forma piramidal, de base quadrada com 3 m de lado e 3,70 m de altura, montada sobre uma base de concreto armado. Pelo seu centro, sobe a tubulação que liga a adutora à tubulação aérea do equipamento, tendo normalmente, neste ponto, um manômetro para monitorar a pressão no ponto pivô. Nessa estrutura, é instalado o painel geral de controle do equipamento, de onde se comandam a velocidade, sentido de rotação, motobomba, todos os comandos elétricos, bomba injetora de produtos químicos, canhão final do pivô e sistema de segurança.

A linha lateral é de aço zincado, com diâmetro de 144 a 200 mm, sendo comum, na maioria dos equipamentos, o uso do diâmetro de 166 mm. A tubulação, além de conduzir a água, faz parte da estrutura do equipamento e fica suspensa sobre torres metálicas equipadas com pneus, sustentadas por treliças ou cabo-de-aço, fazendo a ligação entre torres, montadas a uma altura prefixada do solo, ficando um vão livre em torno de 2,80 m para a maioria das culturas ou 3,80 m para culturas de porte mais elevado, como cana-de-açúcar e mamão.

2.3. Manutenção e conservação dos sistemas de irrigação

A eficiência da aplicação de água depende em grande parte, de uma adequada manutenção do sistema de irrigação. Por manutenção, entendem-se todas as etapas que visem manter o equipamento ou a estrutura implementada em condições de funcionamento adequado. Canais, drenos, tubulações, motobomba, aspersores, gotejadores, sistema de movimentação e outros componentes apresentam desgastes e alterações que exigem acompanhamento ao longo do tempo e, no momento oportuno, devem-se substituir os componentes e ajustar as estruturas. Não existem recomendações gerais para um plano de manutenção, principalmente pela quantidade de sistemas de irrigação e pela grande variabilidade de condições de funcionamento. Equipamentos mais complexos, como o pivô central ou o autopropelido, vêm acompanhados de manuais que especificam a manutenção periódica e contêm informações que devem ser ajustadas às condições, nas quais são utilizados.

Na irrigação pressurizada (aspersão e localizada) é necessário o sistema de bombeamento proporcionar água em quantidade e pressão compatível com o sistema utilizado. Para isso, é necessário avaliar o funcionamento do motor e da bomba, substituindo e ajustando os componentes com problemas. As tubulações não devem perder água nas junções e as possíveis ocorrências devem ser imediatamente eliminadas. As juntas de borracha, presentes nas conexões das tubulações, não devem ressecar e, no período em que o sistema estiver parado, as tubulações devem ser guardadas em locais onde as borrachas fiquem protegidas da incidência direta dos raios solares.

Os componentes responsáveis pela distribuição da água (aspersores, difusores, gotejadores e microaspersores) devem ser permanentemente observados. A substituição ou a recuperação daqueles que apresentam problemas promove ganhos significativos de uniformidade.

Um outro aspecto da manutenção do sistema é o aumento dos cuidados em função de sua quimigação. Primeiramente, pela ação corrosiva de muitos dos produtos químicos aplicados, os quais podem comprometer a durabilidade do equipamento de irrigação e, em segundo lugar, pelos cuidados especiais com o manejo e o funcionamento da irrigação durante a aplicação do produto químico. Neste caso, é importante que nenhuma etapa da manutenção do sistema, como eliminação de fugas, troca de aspersores, gotejadores ou microaspersores defeituosos, adequação e ajuste da pressão, seja esquecida. Sintetizando, a implementação de programas de manutenção preventiva e corretiva, fundamental para se obter um manejo cada vez mais adequado da irrigação, vem proporcionar também uma maior eficiência na quimigação.

A vida útil de qualquer sistema de irrigação depende em primeiro lugar, de um manejo correto do sistema e de uma manutenção preventiva dos equipamentos que o compõem.

O manejo dos equipamentos de um conjunto de irrigação deve ser executado de modo a mantê-los o maior tempo possível na sua forma original, sem deformações, rachaduras, trincas e outros danos, os quais podem provocar vazamentos que, além de reduzir a vida útil, ainda comprometem a eficiência do sistema.

Deve-se ter cuidado para não expor estes equipamentos a intempéries desnecessariamente, como deixá-los expostos ao sol, chuva e vento, quando estes não estiverem em funcionamento. Nas situações, onde a exposição a fatores adversos for inevitável (irrigação com água salina) ou mesmo necessária (caso da quimigação) deve-se seguir à risca, todas as instruções recomendadas para evitar o desgaste dos equipamentos.

A atenção deve ser dirigida também no sentido de se reduzir ao mínimo, a necessidade de reposição de peças, de modo a tornar os sistemas menos onerosos.

Os sistemas de irrigação, de um modo geral têm exigências particulares quanto ao seu manejo, em função da maior ou menor complexidade tecnológica envolvida. Quanto maior a complexidade do sistema, mais equipamentos são necessários e, portanto, tem-se maior custo, como ocorre com os sistemas do tipo pivô central. Para estes sistemas, existem manuais de recomendações fornecidos pelos próprios fabricantes.

Os sistemas convencionais, apesar de fazerem uso de uma tecnologia mais simples, exigem cuidados especiais, pois neles ocorre a maior interferência do irrigante. Portanto, não sendo adequadamente manejados, não cumprirão seu objetivo principal, que é o de irrigar de forma eficiente a maior área, com o menor custo. Os sistemas de laterais com movimentação manual exigem um contato ainda maior com o irrigante, em função de sua própria composição.

Os cuidados para o manejo adequado do sistema aspersão convencional devem ser tomados com relação a todos os equipamentos que formam o corpo do sistema (motobomba, tubulações, etc.). Ao colocar a motobomba em funcionamento, deve-se verificar se ela está escorvada e se o registro da linha de recalque está fechado para não sobrecarregar o motor. Tão logo a bomba atinja a velocidade normal de funcionamento, o registro deverá ser aberto lentamente. Processo inverso, isto é fechamento lento do registro deve ser feito antes de desligar o motor. Os tubos devem ser mantidos alinhados para evitar maior esforço nas juntas de vedação. Nos casos em que as linhas forem desmontadas, evitar a exposição das peças ao sol, para que estas não se ressequem e percam sua função. As partes submetidas a desgastes como aspersores giratórios, bocais e juntas de vedação deverão ser examinadas periodicamente e, se necessário, substituídas.

A manutenção refere-se às operações de conservação, para o bom desempenho dos sistemas, evitando o desgaste prematuro das peças. A aspersão convencional é uma tarefa muito simples de ser realizada e refere-se praticamente à manutenção do sistema motobomba.

Para os sistemas motobomba com motor a explosão, a manutenção consiste na limpeza do filtro de ar, troca do óleo lubrificante e filtro de óleo do motor. Estas trocas devem ser realizadas no momento e nas proporções recomendadas pelos fabricantes. Para as bombas, deve-se ter o cuidado de verificar o nível do óleo lubrificante, completando-o sempre que necessário; raramente há necessidade de substituição deste óleo. A drenagem da voluta da bomba é uma operação de manutenção que só deve ser realizada quando a bomba não vai ser utilizada por um longo período.

Os sistemas de irrigação localizada (gotejamento e microaspersão) variam com as peculiaridades de cada tipo e concepção, sendo em princípio, semelhantes. A composição de um sistema de irrigação por gotejamento pode ser considerada como um modelo básico desse método de irrigação.

A irrigação localizada é um sistema fixo e se fundamenta na passagem de pequena vazão em orifícios de diâmetro reduzido de estruturas especiais chamadas de emissores. Estes são adaptados a tubulações de plástico, colocados ligeiramente acima, juntos ou imediatamente abaixo da superfície do solo. A filtragem da água (para evitar entupimento dos microaspersores e gotejadores), a possibilidade de aplicação de fertilizantes na água de irrigação, o controle volumétrico e o fornecimento de água sob pressão necessária são realizados pelo cabeçal de controle, que recebe o líquido da fonte de abastecimento através de tubulação de recalque, impulsionado por um conjunto motobomba.

3. Eficiência de irrigação

3.1. Princípios

Na agricultura irrigada, o recurso água é o fator principal e, como o mesmo tem se tornado limitante por causa da implementação de novas áreas irrigadas ou por falta da disponibilidade de recursos hídricos, torna-se imprescindível a necessidade de medidas que possibilitem o uso adequado dos recursos hídricos disponíveis, com ênfase, na melhoria da eficiência do uso da água (Bonomo,1999).

A uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação é um parâmetro de grande importância. A baixa uniformidade da lâmina de água aplicada ao longo da área leva a resultados insatisfatórios, com redução da eficiência de aplicação de água. A uniformidade de

distribuição da água em sistemas de irrigação por aspersão é influenciada principalmente pelo tipo de perfil de distribuição do aspersor, pela relação entre a pressão e o diâmetro do bocal, pela variação de pressão no sistema e pela velocidade e direção do vento. Para sistemas de irrigação localizada, os principais fatores que afetam a uniformidade de distribuição de água estão relacionados à variação da vazão ao longo da linha lateral, que é principalmente afetada pelo projeto hidráulico, pelo coeficiente de variação de fabricação dos emissores, pela temperatura e entupimento dos emissores, incluindo entupimentos parciais.

A eficiência de irrigação é função das perdas de água que ocorrem na condução da água do ponto de captação até o de emissão, das perdas por evaporação e deriva da água a partir da saída do emissor até alcançar a superfície do solo, para os sistemas por aspersão, das perdas por escoamento superficial para fora da área irrigada e das perdas por percolação abaixo do sistema radicular.

3.2. Avaliação

É fundamental, antes da implementação de qualquer estratégia de manejo de irrigação, proceder a uma avaliação de desempenho do sistema. A partir destes resultados, será possível avaliar a adequação do equipamento, em relação aos requerimentos de água dos cultivos utilizados, e a eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação. A seguir são listados os objetivos principais de se avaliar um sistema de irrigação:

- Determinar com qual eficiência de irrigação, o sistema vem sendo utilizado;
- Determinar como, efetivamente, o sistema pode ser operado e se ele pode ser aperfeiçoado;
- Obter informações que vão auxiliar na assistência e elaboração de outros projetos e
- Obter informações para possibilitar a comparação entre vários métodos, sistemas e procedimentos de manejo como bases para decisões de ordem econômica.

Em sistemas de irrigação por aspersão, a avaliação visa determinar o padrão de distribuição de água no campo e a eficiência de irrigação relacionada com as perdas de água por evaporação, por arrastamento pelo vento e por percolação.

3.3. Uniformidade

Na irrigação por aspersão, a água é aplicada, na forma de uma precipitação artificial, caindo na superfície do solo com uma certa uniformidade decorrente do projeto realizado. Esta uniformidade com que a água é aplicada é consequência de diversos fatores como: seleção adequada do aspersor, pressão de serviço, ângulo de inclinação, espaçamento adotado nos cálculos, condições climáticas e condições predominantes de direção e velocidade do vento no

local. A integração das lâminas aplicadas em sistemas móveis de aspersão (pivô central, linear e autopropelidos) proporciona melhor uniformidade que os sistemas estacionários.

É necessário o estudo tanto da forma quanto do modo como a água está sendo aplicada nas plantas. Os resultados obtidos podem determinar as melhorias e as modificações a serem adotadas, mais práticas e econômicas, contribuindo para a conservação do solo e da água, diminuindo-se o trabalho necessário. Contribuem também para aumentar a produção das culturas, uma irrigação mais uniforme.

Em geral, a baixa eficiência nos projetos de irrigação por aspersão está relacionada com a desuniformidade de aplicação d'água e com a perda d'água por evaporação e por arrastamento pelo vento. Para determinar a uniformidade de distribuição d'água de um sistema de irrigação por aspersão, instala-se um conjunto de pluviômetros ou latas de um litro, abertas na parte superior, colocadas equidistantes, em torno do aspersor a ser testado. Liga-se o aspersor por um período nunca inferior a duas horas. Durante o teste, medem-se a pressão e a vazão no bocal do aspersor, a direção e a velocidade do vento e o volume ou a lâmina d'água coletada em cada pluviômetro, no final do teste.

A área em torno do aspersor é dividida em sub-área quadrada, de iguais dimensões. Os coletores de precipitação são colocados no centro de cada sub-área. Assim, o volume ou lâmina coletados, em cada pluviômetro representam a precipitação em cada sub-área. O número mínimo de coletores a ser instalado por teste, geralmente, varia de 100 a 144. O tempo ideal para cada teste deve ser igual ou maior do que a metade do tempo que o sistema funcionará por posição, durante as irrigações normais. O resultado deste teste representa o desempenho de um aspersor, mas na irrigação no campo sempre existe superposição de vários aspersores sobre a mesma área. Para determinar a uniformidade de distribuição do sistema, tem-se que considerar qual o tipo de arranjo dos aspersores no campo (retangular, quadrado, triangular) e simular as diversas combinações sobre a área entre quatro aspersores, considerando todos os aspersores periféricos que podem atingir esta área e calcular a uniformidade com os totais superpostos em cada pluviômetro. Pode-se também determinar a uniformidade em sistemas de irrigação já instalados no campo. Neste caso, colocam-se os pluviômetros em quatro aspersores de duas linhas laterais.

O principal parâmetro que descreve a uniformidade da irrigação é o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen - CUC. Na irrigação por aspersão, a metodologia para determinação do CUC envolve a coleta da água aplicada (H_i) em uma determinada quantidade de pluviômetros (n), estrategicamente distribuídos na área, o cálculo do valor médio aplicado (H_{med}) e a utilização da Equação 1:

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum |H_i - H_{med}|}{n \cdot H_{med}} \right) \quad (1)$$

Para se avaliar a uniformidade do pivô central, utiliza-se a Equação 2:

$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum S_i \left| H_i - \frac{\sum H_i S_i}{\sum S_i} \right|}{\sum H_i S_i} \right] \quad (2)$$

No Quadro 1, são apresentados os valores de CUC, recomendados para os principais métodos de irrigação, que vêm sendo empregados na fruticultura irrigada.

Quadro 1 - Valores recomendados do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, para os principais métodos de irrigação

| Método de Irrigação | CUC |
|-----------------------|---------|
| Aspersão convencional | 80 - 85 |
| Pivô central | 80 - 90 |
| Autopropelido | 80 - 85 |
| Gotejamento | 90 - 95 |
| Microaspersão | 85 - 95 |
| Sulco | 60 - 70 |

Em geral, quando se aplica uma lâmina bruta de irrigação (H_B), para satisfazer às necessidades da cultura, definida por H_R (lâmina requerida para repor em sua totalidade, o déficit de água no solo), parte da água se perde por arraste do vento e por evaporação direta (discutida anteriormente) e a maior parte chega ao solo, que é denominada de lâmina líquida (H_L).

A Figura 6 apresenta um diagrama típico de distribuição da água na irrigação por aspersão e ilustra o que ocorre, quando se aplica uma lâmina de irrigação H_B para satisfazer as necessidades da cultura H_R . A lâmina aplicada não é uniforme em toda a superfície. Enquanto em uma fração da superfície, a lâmina aplicada excede a H_R , perdendo-se por percolação profunda uma quantidade média H_p ; em outra fração a lâmina é inferior à requerida, produzindo um déficit que pode ser definido como uma lâmina média H_D . Como resultado da falta de uniformidade na aplicação da água, somente a parte, H_N da lâmina total aplicada fica armazenada

na zona radicular. Nos casos em que ocorre escoamento, esta pode expressar-se como uma lâmina equivalente a H_E .

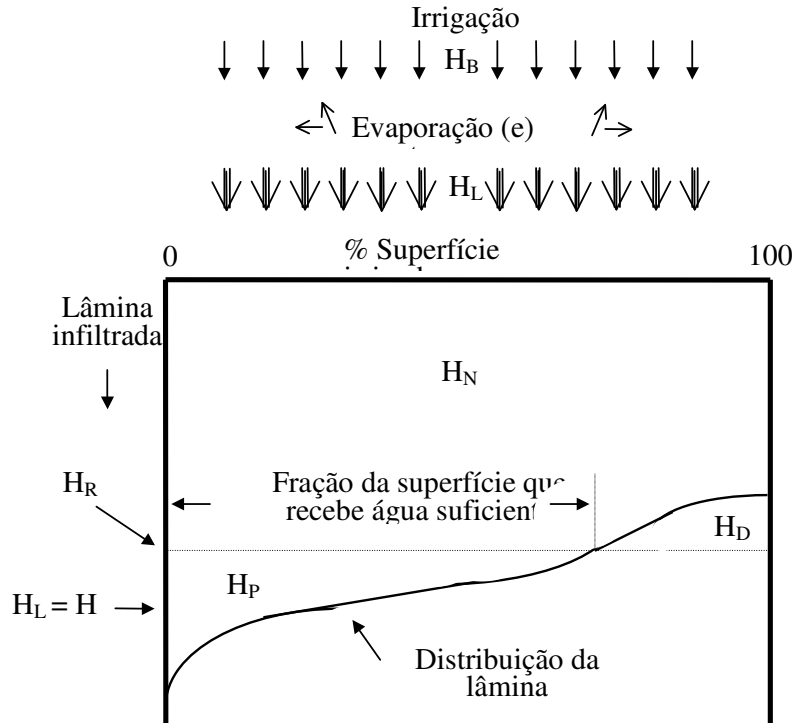


Figura 6 - Distribuição da água infiltrada no solo durante a irrigação por aspersão.

A qualidade da irrigação pode ser definida com base em dois parâmetros: o primeiro é a eficiência de aplicação, E_A (Equação 3), que se define como o quociente entre a lâmina líquida, H_N , e a lâmina bruta, H_B e o segundo é o coeficiente do déficit, C_D (Equação 4), que se define como o quociente entre o déficit médio H_D e a lâmina requerida H_R .

$$E_A = \frac{H_N}{H_B} \quad (3)$$

$$C_D = \frac{H_D}{H_R} \quad (4)$$

Quanto menor a E_A , menor é a fração da água total aplicada que fica armazenada na zona efetiva de extração radicular e maior a porcentagem de água aplicada, que se perde por escoamento ou percolação profunda. E_A afeta, portanto, o gasto de água. Por sua parte, C_D quantifica o déficit de água a que se vê submetida uma fração da superfície irrigada, afetando a produção. A produção máxima pode ser alcançada somente se $C_D = 0$.

E_A e C_D variam de forma paralela, quando varia a lâmina aplicada, H_B . Assim, um aumento de H_B diminui C_D em virtude da diminuição de E_A e vice-versa.

A irrigação localizada apresenta características de distribuição de água que favorecem a eficiência da irrigação, pois a água é aplicada em pequenas doses e em alta frequência, diretamente ao pé da planta. A principal preocupação para atingir a uniformidade esperada é a variabilidade na vazão dos gotejadores ou microaspersores em razão dos entupimentos, da variação de pressão na linha e das características de fabricação. Na Figura 7, estão apresentados os esquemas de distribuição dos coletores no campo para a realização de um teste de uniformidade para microaspersão em banana e gotejamento em uva.



Figura 7 – Distribuição dos coletores para a realização de um teste de uniformidade nas culturas da bananeira e videira.

Na irrigação por gotejamento, apesar de ser esse o método de irrigação em que se tem um melhor controle da lâmina aplicada, é recomendável, após a instalação do sistema e a cada dois anos de funcionamento, determinar a uniformidade de irrigação. Para isto, tem-se que medir a vazão dos gotejadores ao longo das linhas laterais e a pressão de funcionamento no início das linhas de derivação ou no cabeçal de controle, necessitando de provetas, cronômetro e manômetro.

Conhecendo as vazões dos gotejadores, pode-se calcular a uniformidade de distribuição do sistema por meio de várias equações. O uso da equação de Christiansen permite a obtenção de resultados bastante confiáveis, porém, ele requer a medição da vazão de todos os gotejadores do sistema, o que demanda muito tempo e muita mão-de-obra. A Equação 5 é assim representada:

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum |q_i - \bar{q}|}{n \cdot \bar{q}} \right) \quad (5)$$

em que:

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);

q_i = vazão de cada gotejador L/h);

\bar{q} = vazão média dos gotejadores (L/h); e

n = número de gotejadores.

Para simplificar o trabalho e o tempo necessários, recomenda-se determina o CUC por linha, escolhendo ao acaso, quatro linhas laterais em cada unidade operacional. A estimativa do CUC do sistema será a média dos CUCs das linhas. Neste caso, torna-se menos laboriosa a determinação e com resultados confiáveis.

Um outro método, proposto por Keller e Karmeli (1975), recomenda a obtenção das vazões em quatro pontos ao longo da linha lateral, ou seja, do primeiro gotejador, do gotejador situado a 1/3 do comprimento, do gotejador a 2/3 do comprimento e do último gotejador.

3.4. Perdas por evaporação e arraste

A eficiência de sistemas de irrigação por aspersão está diretamente relacionada com a uniformidade com que a água é aplicada sobre a superfície do solo, com as perdas d'água que ocorrem por evaporação e arrastamento pelo vento e com as perdas por vazamento no sistema de condução.

A eficiência de aplicação é um dos parâmetros mais importantes que deve ser considerado, quando da elaboração de projetos de irrigação. Para tanto, é necessário conhecer o padrão da cultura durante o ciclo, o sistema de irrigação, bem como planejar as práticas de cultivos, características do solo e, provavelmente, o mais importante de todos, o manejo da irrigação. Valores acima e abaixo da eficiência efetivamente requerida para o projeto podem provocar seu total insucesso (Paz, 1995).

A eficiência em potencial de aplicação é a estimativa da percentagem total de água aplicada na irrigação por aspersão que atinge a superfície do solo ou as plantas. Quando não existirem perdas por percolação, a eficiência em potencial de aplicação é igual à eficiência de aplicação (E_a). Ela reflete a perda d'água por evaporação e arrastamento pelo vento, no trajeto das gotas d'água. Estas perdas são principalmente afetadas pela velocidade do vento, umidade relativa do ar e temperatura (Bernardo, 1996).

As perdas de água por evaporação e arrastamento pelo vento são influenciadas pelos elementos climáticos, como velocidade do vento, umidade relativa, temperatura do ar e radiação solar. Além dos elementos climáticos, existem outros fatores que afetam estas perdas como a distribuição do tamanho das gotas, que por sua vez é função do tamanho e pressão do bocal, da distância do percurso da gota no ar e da intensidade de aplicação (Hermsmeier, citado por Paz, 1990; Christiansen e Davis, 1974). Essas perdas têm sido estimadas na faixa de 2 a 8% do volume total de água aplicado pelos aspersores, segundo Christiansen e Davis (1974) e de 1 a 2% com limite de 6%, dependendo do tamanho das gotas e das condições atmosféricas, segundo Heermann e Kohl (1983). Porém, existem trabalhos que apresentam valores bem superiores para estas perdas, dando um limite superior de até 48%.

A evaporação da água no ar é uma perda que influencia diretamente a eficiência de aplicação. Muitos pesquisadores quantificaram as perdas por evaporação. Clark e Finkely, citados por Edling (1985), estimaram perdas médias por evaporação, que excederam a 15%, sob condições de velocidade média do vento maior que 6 m/s, e perdas menores que 10%, para condições de velocidade média do vento menor que 4 m/s. Ali e Barefoot (1981) mediram perdas por evaporação e arraste pelo vento variando de zero a 48% sob diferentes combinações de condições de operação. Estas perdas variaram de 20 a 47, zero a 20, 29 a 48 e de 13 a 45%, para condições de vento fraco e umidade relativa do ar baixa, vento fraco e umidade relativa do ar alta, vento forte e umidade relativa do ar baixa, e vento forte e umidade relativa do ar alta, respectivamente.

Paz (1990), em estudo realizado em condições de campo no Nordeste brasileiro, para avaliar as perdas de água de um aspersor de média pressão, observou que as perdas por evaporação e arrastamento pelo vento variaram de 16 a 43% do volume aplicado, com a variação da umidade relativa média entre 24 e 68%, da velocidade do vento entre 0,5 e 4,6 ms^{-1} e da temperatura média do ar, entre 25 e 35°C. Já Azevedo et al. (1988), trabalhando com aspersor de alta pressão na região Norte Fluminense, observou que o elemento do clima que mais influenciou as perdas de água, foi a umidade relativa do ar, seguida pelos elementos radiação solar e velocidade do vento. Observou um intervalo de variação de 7,0; 3,7 e 3,7% nas perdas de água produzidas pela umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar respectivamente.

As perdas por evaporação e deriva pelo vento são controladas pela faixa extrema de gotas de menor tamanho e a energia de impacto das gotas no solo é praticamente determinada pela faixa de maior tamanho das gotas. Portanto, é importante um correto conhecimento da distribuição dos tamanhos de gotas emitidos pelos aspersores. A seleção de um específico pacote de aspersores para um sistema de irrigação por aspersão operando em um particular tipo de solo, declividade, cultura e condições climáticas, vai ser auxiliada pelo conhecimento dos tamanhos das gotas (Kincaid et al., 1997).

De um modo geral, o efeito das perdas por evaporação no processo de aplicação de água por aspersão é pequeno em comparação com a distorção da uniformidade de distribuição de água que o vento produz (Martín-Benito, 1995).

4. Necessidades hídricas da goiabeira

A determinação da necessidade hídrica de uma cultura é fundamental para o planejamento e a condução de sistemas de produção agrícola, determinando a escolha da época de plantio e a necessidade de irrigação.

As fruteiras apresentam diferentes necessidades de água. Isto se deve principalmente a características morfológicas e fisiológicas das plantas e a características edafoclimáticas da região de cultivo, havendo também influência dos tratos culturais como adubação, podas, controle de pragas e doenças e capinas.

Pode-se ressaltar ainda, que o requerimento de água varia em uma mesma cultura em seus diferentes estádios de desenvolvimento e em diferentes épocas do ano.

Em algumas fruteiras, o requerimento de água é bem estudado e os parâmetros para sua determinação podem facilmente ser encontrados na literatura. Para outras fruteiras, entretanto, a informação necessária pode não estar facilmente disponível. Nessas situações, normalmente são realizados ajustes baseados nos valores encontrados para culturas com características semelhantes. Também se deve destacar a necessidade de uso criterioso das informações disponíveis, sendo que muitas vezes é necessária a realização de ajustes, devido a diferentes situações, como uso de novas variedades ou mudanças nos tratos culturais utilizados convencionalmente.

A goiabeira é muito exigente quanto a condições hídricas. Com relação ao cultivo em sequeiro, só será satisfatório em regiões onde a precipitação pluvial anual estiver entre 800 e 1000 mm. Nas regiões onde a precipitação é suficiente e as chuvas são bem distribuídas, não há necessidade de irrigações complementares para se obterem safras compensadoras (Gonzaga, 2001).

Em algumas regiões onde ocorrem precipitações mais baixas e alta demanda de evapotranspiração, como no caso do semi-árido brasileiro, torna-se necessário o fornecimento de água por meio de irrigação, considerando o atendimento das necessidades fisiológicas de crescimento, manutenção e produção de frutas. Nestas condições, a goiabeira pode ainda sofrer um certo grau de estresse hídrico quando o fornecimento de água não atender à demanda de evapotranspiração. Uma deficiência hídrica prolongada pode provocar o atraso do florescimento e queda dos frutos, com redução significativa da qualidade e da produtividade (Souza et al., 1997). Em regiões onde a estação seca se prolonga por cinco ou mais meses, a goiabeira apresenta apenas uma produção por ano, resultante das brotações surgidas após as primeiras chuvas.

O excesso de chuvas ou irrigação, combinado com temperaturas elevadas, torna a cultura muito susceptível a doenças fúngicas e ainda proporciona a obtenção de frutos aquosos, com baixos teores de açúcar e de ácido ascórbico (Rathore, citado por Gonzaga Neto, 2001). Para evitar os inconvenientes causados pelo excesso de precipitação pluvial, é preferível que a cultura vegete em condições em que as necessidades hídricas sejam satisfeitas por meio de irrigação.

4.1. Importância do manejo da irrigação

Para o sucesso de um empreendimento de irrigação ou sustentabilidade da produção e da produtividade, vários aspectos devem ser considerados, como o manejo adequado do solo e da cultura. Especificamente do ponto de vista da irrigação, quatro aspectos são fundamentais: a qualidade do projeto, do equipamento, da implantação e do manejo do sistema no campo. Considerando a situação atual da indústria, dos equipamentos disponíveis e das firmas prestadoras de serviços, verifica-se que os três primeiros pontos estão ao alcance do produtor, dependendo, é claro, da disponibilidade de recursos financeiros. Talvez o ponto que exija maiores cuidados seja o manejo da irrigação, ou seja, a condução da lavoura irrigada definindo-se de forma precisa as necessidades hídricas da cultura, bem como a lâmina e a data de irrigação mais adequada. Também se incluem aí os cuidados de avaliação, manutenção e ajustes no sistema de irrigação, no controle efetivo da fertirrigação e muitos outros fatores do dia-a-dia do sistema de produção.

A implantação de um programa de manejo apresenta várias vantagens, destacando-se: aumento da produtividade e da rentabilidade, ampliação da área irrigada, otimização da utilização da mão-de-obra, energia elétrica, nutrientes e outros insumos, além da preservação meio ambiente.

Com a abertura comercial do Brasil, um desafio é a produção integrada de frutas. Este tipo de produção é uma exigência mundial, pois, atualmente, não basta ter um produto de

qualidade, mas todo um sistema da produção monitorado, com sustentabilidade, enfatizando a proteção ao meio ambiente, segurança alimentar, condições de trabalho, saúde humana e viabilidade econômica. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento editou em 2002, o Marco Legal da Produção Integrada de Frutas no Brasil, onde consta, entre as Normas Técnicas Gerais para a Produção Integrada de Frutas – NTGPIF, na área temática 8, a irrigação, que obrigatoriamente, no cultivo irrigado deve medir a aplicação, administrar a quantidade em função do balanço hídrico, capacidade de retenção e da demanda da cultura (Andrigueto, 2002), exigência esta traduzida tecnicamente como manejo de irrigação, que é o foco deste capítulo.

Uma pergunta que tem desafiado os especialistas é o *por quê* do atual atraso da aplicação das técnicas de manejo de irrigação em condições de campo. Esse fato não é restrito ao Brasil. Na verdade, é exceção, a região do mundo onde o manejo tecnificado da irrigação é aplicado de forma sistemática.

Como princípios importantes, deve-se lembrar que o manejo da irrigação envolve a interação do solo, da água, do clima, com a planta a ser cultivada, sendo por isso impossível definir uma receita geral. Dessa forma, é imprescindível que se tome cuidado com generalizações e transposições de critérios e recomendações. Uma simplificação metodológica pode redundar em grandes limitações na precisão e na continuidade do processo. Por outro lado, deve-se considerar que o emprego da metodologia será de campo (em condições de fazenda) e o sucesso do processo de implantação dependerá das análises e decisões diárias, realizadas no local, com pessoal nem sempre qualificado para este trabalho. Nesse ponto é fundamental considerar que qualquer que seja a proposta de manejo, ela deverá levar em conta os aspectos técnicos e operacionais. Essas considerações parecem óbvias, mas se observa que muitos insucessos em programas de manejo advêm da falta de compreensão dessas questões operacionais, que são um importante alerta para o especialista responsável pelo sistema de produção.

O manejo racional da irrigação consiste na aplicação da quantidade necessária de água às plantas, no momento correto. Por não adotar um método de controle da irrigação, o produtor rural usualmente irriga em excesso, temendo que a cultura sofra um estresse hídrico, o que pode comprometer a produção. Esse excesso tem como consequência o desperdício de energia e de água, usados em um bombeamento desnecessário. Segundo estudo realizado pela Companhia Energética de Minas Gerais, CEMIG (1993), se a irrigação fosse utilizada de forma racional, aproximadamente 20% da água e 30% da energia consumida seriam economizadas; sendo 20% da energia economizadas devido à aplicação desnecessária da água e 10% devido ao redimensionamento e otimização dos equipamentos utilizados para a irrigação.

Na seleção de sistemas de irrigação, é necessário o conhecimento da eficiência de cada método de aplicação de água. Eficiência de irrigação pode ser definida como a relação entre a quantidade de água requerida pela cultura e a quantidade total aplicada pelo sistema para suprir essa necessidade. Quanto menores as perdas de água causadas pelo escoamento superficial, evaporação, deriva e drenagem profunda, maior será a eficiência de irrigação de um sistema. Valores médios de eficiência de irrigação para os diferentes sistemas são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - 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 et al., 1994

A implantação de um programa de manejo de irrigação requer conscientização, com visão integrada, tecnologia de ponta e operacionalidade, além de possibilitar a otimização do uso de insumos, aumento da produtividade, rentabilidade e ampliação da área irrigada em locais com limitação dos recursos hídricos. Ainda contribui para implantação de uma exploração sustentável, preservando o meio ambiente pela utilização adequada da água e energia, não promovendo percolação profunda, lixiviação de produtos químicos e contaminação do lençol freático. Neste ponto, torna-se importante conhecer a Lei nº 9.433 de 08/01/97, que define a Nova Política Nacional de Recursos Hídricos.

É importante frisar que implementar um programa de manejo significa, entre outras coisas, implantar um sistema de monitoramento, que pode ser via solo, clima, planta ou associação entre dois deles. Como será detalhado posteriormente, a proposta está relacionada com o monitoramento climático (balanço hídrico), com medidas de ajuste, via determinação (esporádicas) da umidade do solo.

4.2. O Modelo IRRIGA para manejo da irrigação

Para a determinação da necessidade hídrica em tempo real, com o objetivo de se realizar um correto manejo da irrigação, é necessário considerar vários fatores que interferem no processo. Para facilitar a decisão de quando e quanto irrigar, é desejável que se utilizem sistemas computacionais associados à estações agrometeorológicas, sendo mais adotado o uso de

planilhas eletrônicas (de difícil configuração em especial quando são necessárias alterações nos parâmetros utilizados) ou softwares, especificamente desenvolvidos para esta finalidade.

Para manejo de irrigação, também são utilizados outros processos que integram os fatores envolvidos no processo como os tensiômetros e o tanque classe “A”. Entretanto, eles apresentam alguns problemas operacionais, além de não poderem ser utilizados para outras finalidades (a utilização de software permite o planejamento de diversas atividades através de simulações e previsão de ocorrência de doenças).

Para que a implantação de um projeto de irrigação atinja seus objetivos, é necessário, além de um projeto adequadamente dimensionado, manejo eficiente da irrigação e dos diversos fatores a ela relacionados, como: nutricionais, fitopatológicos, edáficos, climáticos e fitotécnicos. O conceito de manejo eficiente da irrigação é complexo e no seu sentido mais amplo relaciona tanto o aspecto do manejo da água como também o manejo do equipamento, com o objetivo de adequar a quantidade de água a ser aplicada e o momento certo desta aplicação. O manejo adequado da irrigação não pode ser considerado como uma etapa independente dentro do processo de produção agrícola, tendo por um lado, o compromisso com a produtividade da cultura explorada e por outro, o uso eficiente da água, promovendo a conservação do meio ambiente.

A agricultura irrigada representa o maior consumidor de água dentre os diversos usuários finais deste recurso natural, chegando em muitos países a totalizar 80% do consumo. No Brasil, estima-se que metade da água consumida ocorra na agricultura irrigada. Estes números indicam que qualquer política ou trabalho relacionado ao manejo dos recursos hídricos deve considerar a irrigação como um componente fundamental.

Dentro deste contexto e considerando a necessidade de uma utilização mais eficiente da água, desenvolveu-se um sistema informatizado, o IRRIGA, voltado para o monitoramento de áreas irrigadas, visando dar sustentabilidade à irrigação em áreas agrícolas, possibilitando um uso mais eficiente dos recursos hídricos e racionalizando o uso da água em lavouras irrigadas.

O Irriga, cuja tela principal está apresentada na Figura 8, é um sistema de apoio à decisão na área da agricultura irrigada, com módulos voltados para o manejo do sistema de irrigação (Avalia), da água (Manejo e Decisão), simulações de cenários como ferramenta de planejamento (Simula), da fertirrigação (NPK) e da rentabilidade da área irrigada (Lucro). No momento, os quatro primeiros sistemas já estão à disposição e outros dois em fase de elaboração, além de novas idéias que estão em fase de estudos.

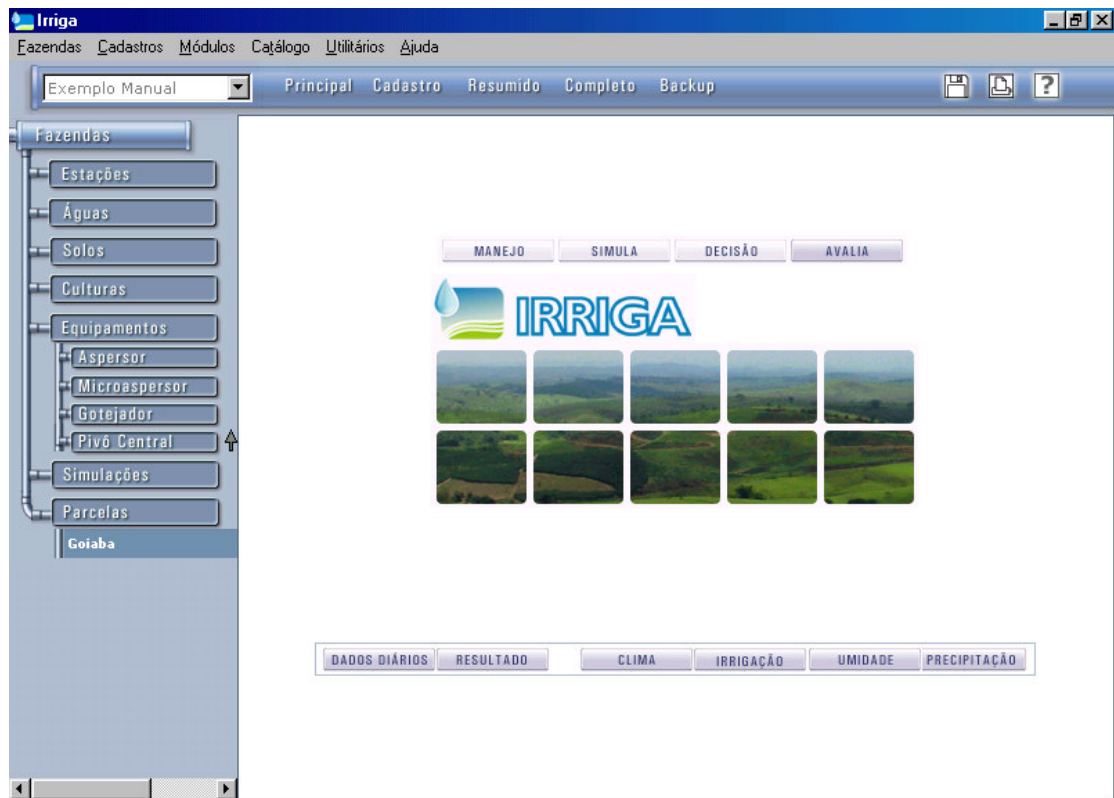


Figura 8 – Tela principal do programa IRRIGA.

Desenvolvido no âmbito do GESAI (Grupo de Estudos e Soluções para Agricultura Irrigado) do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, coordenado pelo Prof. Everardo Chartuni Mantovani, o IRRIGA está inserido dentro de uma política de parceria e de solução para o grave problema associado à falta de manejo da irrigação em condições de campo. Incorpora uma visão técnica, sem perder de vista a operacionalidade necessária no dia-a-dia.

O programa é parte de uma filosofia de trabalho que vem sendo desenvolvida nos últimos 10 anos, envolvendo uma solução efetiva para qualquer sistema de irrigação pressurizado, cultura, tamanho de área, região, solo, clima, topografia e outras fontes de variação, consistindo num agrupamento de ferramentas para o gerenciamento da irrigação. Desde que foi criado, o IRRIGA é atualizado anualmente. Em 2003, porém, ele ganhou uma nova versão com novo design e implementação de melhorias.

Algumas características dos módulos do IRRIGA:

Decisão

Indica por parcela, a severidade do déficit de água no solo, a lâmina de irrigação e o tempo de irrigação em cada uma das parcelas do campo, por meio de uma escala de cores (azul, amarelo e vermelho). É de fácil acesso para ser utilizado no dia-a-dia pelo pessoal de campo ou escritório.

Manejo

Indica o déficit, momento, lâmina de irrigação e cerca de outras 50 variáveis, por meio de gráficos e relatórios padronizados ou personalizados. É mais indicado para técnicos visando analisar cada parcela de forma detalhada.

Simula

Ferramenta de planejamento usada para a definição da lâmina de projeto, déficit hídrico, veranico, horas de irrigação, consumo de energia e uma infinidade de variáveis na forma de gráficos e relatórios. Dispõem de dados climáticos diários de mais de 500 estações meteorológicas de todo o Brasil, permitindo utilização de critérios de probabilidade de forma muito simples.

Avalia

Permite avaliação dos diversos sistemas de irrigação, possibilitando os cálculos de eficiência de irrigação por diversas metodologias (uniformidade e outras perdas).

O IRRIGA já foi implantado em escala de produção em diversas propriedades do País, com diferentes culturas e características edafoclimáticas, em pequenas e grandes propriedades e diferentes sistemas de irrigação pressurizados, sendo, portanto, ajustável às mais diversas necessidades de uso.

Maiores informações sobre o software e outros produtos e serviços prestados pelo GESAI podem ser obtidas no site www.irriga.com.br ou pelo e-mail irriga@irriga.com.br.

No programa, antes de utilizar o sistema de manejo e simulação de irrigação, o usuário deve fornecer informações básicas sobre o sistema de produção (solo, água, cultura, sistema de irrigação). Com a base de dados climáticos abrangendo todo território nacional, quando o usuário identifica a localidade onde está o cultivo, o sistema identifica as estações meteorológicas mais próximas, para que o usuário selecione uma ou mais estações para o cálculo da evapotranspiração.

O IRRIGA utiliza o monitoramento do clima para o cálculo das necessidades hídricas da cultura, o que permite a definição do tempo de irrigação. Tal método foi selecionado pela praticidade e operacionalidade. Para correção de possíveis desvios ou erros nesta estimativa, o sistema permite ao usuário, a entrada de dados de umidade do solo.

4.3. Considerações técnicas do Irriga

O sistema IRRIGA permite auxílio à tomada de decisão em diversos níveis em uma propriedade rural, sendo especialmente indicada a sua utilização para manejo de irrigação.

A estimativa do consumo de água (evapotranspiração) das culturas utilizando o software IRRIGA se baseia no modelo descrito pela Equação 6.

$$ET_c = ET_o \times K_c \times K_s \times K_l \quad (6)$$

em que :

ET_c = Evapotranspiração da cultura;

ET_o = Evapotranspiração de referência;

K_c = Coeficiente de cultura;

K_s = Coeficiente que depende da depleção da água no solo e

K_l = Coeficiente de redução para irrigação localizada.

A evapotranspiração da cultura (ET_c) é parâmetro fundamental para a tomada de decisão no manejo de irrigação juntamente com outros parâmetros calculados pelo sistema IRRIGA e com a experiência do irrigante.

A evapotranspiração de referência (ET_o) padrão é o método Penman-Monteith parametrizado pela FAO para uma cultura hipotética e representa a demanda atmosférica, sendo que o sistema IRRIGA pode utilizar diferentes equações ajustadas aos parâmetros meteorológicos disponíveis. Os demais coeficientes de ajuste utilizados pelo modelo serão mais bem discutidos posteriormente.

O K_c é o coeficiente que corrige e ajusta a ET para as condições da cultura. O valor do K_c é estabelecido em função da cultura, fase fenológica, do clima, manejo, estande de plantas (espaçamento, adensamento), entre outros. O método FAO divide a cultura em quatro fases, cada qual com um K_c específico, conforme se verifica no Quadro 3.

Na fase I, o K_c é definido principalmente pela evaporação na superfície do solo e continua influenciando na primeira parte da fase II, que é gradativamente substituída pela transpiração da cultura, aumentando de forma linear. Na fase III, a cobertura do solo atinge seu máximo e o K_c é definido pela transpiração da cultura. Na última fase IV, o K_c decresce linearmente até a colheita.

A determinação da evapotranspiração da cultura dependerá da evapotranspiração de referência e de coeficientes de ajustes determinados experimentalmente. Dessa forma, a determinação da ET_o é passo necessário para o cálculo da evapotranspiração da cultura.

Quadro 3 - Coeficiente da cultura (Kc) em função do estágio de desenvolvimento

| Estádio de desenvolvimento | Caracterização do estágio | Kc |
|---|--|--|
| Inicial | Da germinação, até a cultura cobrir 10% da superfície do terreno ou 10% a 15% do seu desenvolvimento vegetativo | 0,2 a 1,0 |
| Secundário ou de desenvolvimento vegetativo | Do final do primeiro estágio, até a cultura cobrir de 70% a 80% da superfície do terreno ou atingir de 70% a 80% do seu desenvolvimento vegetativo | Varia linearmente entre os valores no primeiro e terceiro estádios |
| Intermediário ou de produção | Do final do segundo estágio, até o início da maturação, também denominado estágio de produção | 0,9 a 1,25 |
| Final ou de maturação | Do início da maturação, até a colheita ou final da maturação. | Varia linearmente entre os valores do terceiro estágio e 0,3 a 1,0 |

Fonte: Doorembus & Kassan (1979)

A seguir, no Quadro 4, são apresentados valores de Kc para os diferentes estádios de desenvolvimento da goiabeira, recomendados pela FAO.

Quadro 4 - Valores de Kc para os diferentes estádios de desenvolvimento para a cultura da goiaba

| Kc inicial | Kc desenvolvimento | Kc final |
|------------|--------------------|----------|
| 0,45 | 0,75 | 0,64 |

Fonte: ALLEN, 1998

No Quadro 5, são apresentados valores de kc para a cultura da goiabeira, adaptados da cultura da videira na Região do Submédio do Vale do São Francisco (Gonzaga Neto, 2001).

Quadro 5 – Coeficientes de cultura para a goiabeira, adaptados da cultura da videira na Região do Submédio do Vale do São Francisco

| Fase fenológica | Duração (dias) | Kc |
|-------------------------|----------------|------|
| Repouso após a colheita | 20 a 30 | 0,20 |

| | | |
|--|----|-------------|
| Repouso que antecede à poda | 10 | 0,70 |
| Brotação das gemas e desenvolvimento inicial dos ramos | 30 | 0,40 a 0,50 |
| Floração e desenvolvimento dos ramos | | 0,60 |
| Floração e desenvolvimento inicial dos frutos | | 0,70 |
| Desenvolvimento dos frutos | | 0,80 |
| Desenvolvimento dos frutos e colheita | | 0,80 |

Fonte: Gonzaga Neto, 2001

O coeficiente de umidade do solo (K_s) no programa pode ser calculado de três maneiras distintas, sendo que a primeira (Equação 7) foi proposta por Bernardo (1996) e a segunda (Equação 8) é utilizada para algumas situações, como por exemplo em casos de irrigação de alta frequência ou irrigação em solos muito arenosos. A Equação 9 é utilizada em situações muito limitadas.

$$K_s = \frac{\text{Ln}(LAA + 1,0)}{\text{Ln}(CTA + 1,0)} \quad (7)$$

$$K_s = 1 \quad (8)$$

$$K_s = \frac{Ua - PM}{CC - PM} \quad (9)$$

em que:

- K_s – coeficiente de umidade do solo, adimensional;
- Ln – logaritmo neperiano;
- LAA – lâmina atual de água no solo, mm;
- CTA – capacidade total de armazenamento de água no solo, mm;
- Ua – umidade atual do solo (mm);
- PM – ponto de murcha permanente (mm), e
- CC – capacidade de campo (mm).

Em irrigação localizada (gotejamento, microaspersão ou pivô do tipo LEPA), somente uma parte da superfície do solo é molhada, em conseqüência, a evaporação direta de água deste solo será menor e o efeito da alta frequência de aplicação de água, mantendo o solo sempre próximo à capacidade de campo, favorece o aumento da transpiração. No balanço, supõe-se uma diminuição na evapotranspiração da cultura (ET_c), cuja magnitude depende de várias características das partes transpirantes das plantas, como: massa foliar, superfície total das folhas, volume da copa, entre outras (Hernandez et al., 1987; Pizarro, 1987). Assim, em irrigação

localizada, é necessário fazer uma correção na evapotranspiração da cultura (ETc), determinada para os diferentes sistemas de irrigação.

Numerosos procedimentos têm sido propostos para corrigir a ETc, devido ao efeito da localização. Entre eles, têm sido selecionados como mais práticos, aqueles que se baseiam na percentagem de área sombreada, que é definida como “a fração da superfície do solo sombreada pela cobertura vegetal ao meio-dia no solstício de verão, em relação à superfície total” (Pizarro, 1987). Assim, a correção devido à localização, consiste em multiplicar ETc por um coeficiente de localização, denominado de Kl, cujo valor depende da percentagem de área sombreada definida anteriormente.

Um dos fatores importantes a considerar no cálculo de um projeto de irrigação localizada é a proporção da superfície ou volume de solo que deve ser umidecido em relação à superfície total ou ao volume de solo que pode estar ocupado pelas raízes. Essa proporção é designada percentagem de área molhada (Pw) (Keller e Karmeli, 1975).

Diversos autores têm estudado a relação entre Kl e a percentagem de área sombreada ou molhada, obtendo as mais variadas equações. Na literatura, encontram-se várias equações propostas por diversos autores, sendo o programa IRRIGA, disponibiliza as de Keller (1978) (Equação 10) e Fereres (1981) (Equações 11, 12 e 13), citadas por Lopez et al. (1992).

$$\text{Keller } Kl = P + 0,15(1 - P) \quad (10)$$

Fereres

$$\text{Se, } P \geq 65\% \rightarrow Kl = 1,0 \quad (11)$$

$$\text{Se, } 20\% < P < 65\% \rightarrow Kl = 1,08667P + 0,2998889 \quad (12)$$

$$\text{Se, } P \leq 20\% \rightarrow Kl = 1,94P + 0,1 \quad (13)$$

Em todas as equações, *P* representa o valor da percentagem de área sombreada ou molhada, em decimal, devendo sempre utilizar a que fornecer o maior valor. Apesar de não existirem resultados de pesquisas conclusivas, utilizam-se o métodos de Fereres para culturas com maior espaçamento (fruteiras como a goiabeira) e de Keller para culturas com maior densidade de plantio, como olerícolas e café adensado.

Na determinação da percentagem de área molhada (Pw), há dois casos a considerar: (i) quando se irriga uma faixa contínua do solo, o que é mais comum nos cultivos com menores espaçamentos entre plantas; (ii) quando se irriga por árvore, ou seja, não se formará uma faixa

molhada contínua, mas sim áreas molhadas distintas por árvore. Este processo é usado em cultivos com maiores espaçamentos entre covas, como pomares (Bernardo, 1996).

De acordo com Pizarro (1987), valores elevados de P_w aumentam a segurança do sistema, sobretudo em caso de avaria na instalação ou situações de extrema evapotranspiração, já que o volume de solo explorado pelas raízes permite a estas, extrair mais água do solo e resistir por mais tempo. Por outro lado, ao aumentar-se o P_w , aumenta-se também o custo de implantação do sistema. Enfim, pode-se dizer que quanto maior o intervalo entre irrigações, maior o risco no caso de um valor de P_w muito próximo do mínimo.

A percentagem de área molhada depende do volume e da vazão em cada ponto de emissão, do espaçamento entre emissores e do tipo de solo que está sendo irrigado (Keller e Karmeli, 1975; Keller e Bliesner, 1990; Pizarro, 1987).

Para efeito de dimensionamento, é necessário usar um valor mínimo absoluto, estabelecido para a percentagem de área molhada. Segundo Pizarro (1987), valores de P_w da ordem de 30 a 40% podem ser suficientes. Com valores menores, corre-se o risco de os mesmos serem insuficientes em relação ao consumo de água pela planta. Acima desta faixa de valores, a situação é mais segura, porém o custo de implantação do sistema torna-se mais elevado.

Keller e Bliesner (1990) aconselham para árvores, valores de P_w superiores a 20% em zonas com altas precipitações e solos de textura média a argilosa, onde a irrigação é aplicada durante os períodos de seca (geralmente curtos), e entre 33 e 50%, em zonas com baixas precipitações. Já San Juan (1988) afirma que é comprovado o aumento de produção quando se irriga mais de 50% do volume ocupado pelas raízes.

Para plantios mais espaçados como é o caso de videiras e arbustos, Keller e Bliesner (1990), recomendam valores de P_w entre 33 e 67% e afirmam que em regiões com considerável suprimento de chuvas, valores menores que 33% são aceitáveis para solos de textura média a argilosa. Os mesmos autores consideram que valores de P_w superiores a 33% promovem um desenvolvimento satisfatório do sistema radicular das plantas.

4.4. Exemplo de manejo de irrigação da goiabeira utilizando o IRRIGA

Para o caso de culturas perenes com repetição de ciclo produtivo, como é o caso da cana-de-açúcar, da pastagem rotacionada e de culturas sujeitas a podas como a goiaba, a nova versão do IRRIGA possibilita, de forma iterativa, o acompanhamento, a determinação e o ajuste das necessidades hídricas das culturas, de acordo com o sistema de condução da lavoura.

A planta da goiabeira destinada à produção de frutos para consumo in natura ou à industrialização deve apresentar uma copa adequada e funcional, que facilite os diversos tratamentos culturais necessários à obtenção de frutas com o padrão de qualidade que o mercado consumidor exige. Dessa forma, é indispensável que desde cedo, na fase da produção da muda, e principalmente após o plantio em local definitivo, sejam realizadas podas de formação para orientar a copa da goiabeira no sentido da arquitetura desejada e visando a frutificação.

Quanto à época de poda, pode-se dizer que, havendo temperatura, luminosidade e irrigação, a goiabeira poderá ser podada em qualquer período do ano e é isso que tem ocorrido na maioria dos projetos de irrigação do Nordeste, que cultivam a goiabeira (Gonzaga Neto, 2001).

Esta situação gera uma infinidade de fases fenológicas diferentes ao longo do ano. Uma poda implica em mudança de fase fenológica com demanda de evapotranspiração diferente. Estas informações devem ser fornecidas no cadastro de culturas. No cadastro da cultura, além de serem informados os coeficientes de cultura, a duração, a profundidade do sistema radicular e a porcentagem da área sombreada de cada fase, devem-se informar também a próxima fase do ciclo, o número de repetições de ciclos para a cultura e se ocorre mudança de ciclo nesta fase, situação que corresponde à poda (Figura 9).

Para o programa ajustar a lâmina recomendada automaticamente, basta informar a data em que houve mudança de fase. Estas alterações podem ser feitas no cadastro simplificado, utilizando-se a ficha Ciclo (Figura 10).

O IRRIGA oferece o recurso de visualização do gráfico do kc (Figura 11) e da porcentagem da área sombreada (Figura 12), entre outros, ao longo do ciclo produtivo da goiabeira. Caso o valor adotado para kc para uma determinada fase não esteja adequado para as condições locais onde a cultura está implantada, é possível fazer ajustes do kc para mais ou para menos, de acordo com o déficit ou o excesso de água para a goiabeira, monitorado pela determinação periódica da umidade no solo.

Para o IRRIGA, parcela é uma área irrigada que tem as mesmas características de solo, água, cultura e equipamento de irrigação. Nas Figuras 13 e 14, são apresentadas as telas do cadastro de informações sobre a parcela com a cultura da goiabeira e as configurações do manejo. Confirmadas as informações, o programa está pronto para ser usado para manejar a irrigação.

Para realizar o manejo completo, basta clicar no botão Manejo da barra de tarefas horizontal e o programa apresenta várias opções de gráficos e relatórios, entre eles o apresentado na Figura 15, com informações da umidade do solo.

Para calcular o manejo simplificado pelo módulo Decisão, basta clicar sobre o botão Resultado na tela principal do programa e aparece um relatório como o da Figura 16, que indica

por parcela e subparcela, o déficit e sua severidade em escala de cores, sendo que o azul indica umidade satisfatória, o amarelo requer irrigação imediata e o vermelho indica que a cultura está com problemas causados por déficit hídrico. Outras informações importantes também podem ser visualizadas.

Cadastro de Cultura [Exemplo Manual]

Nome / Variedade:

Fator de disp. hídrica: Valor de mercado:

Temperatura basal (°C): Temperatura ótima (°C): Salinidade máxima (dS/m):

Fases:

| Nome | Duração (dias) | Duração (graus dias) | Kc | Kc constante | Profundidade raiz (m) | Área sombreada (%) | Próxima fase do ciclo | Número de ciclos | Mudança de Ciclo |
|--------------------------|----------------|----------------------|-----|-------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|------------------|-------------------------------------|
| Inicial | 30 | 300 | 0,4 | <input checked="" type="checkbox"/> | 0,2 | 1 | | | <input type="checkbox"/> |
| Desenvolvimento | 690 | 6900 | 0,8 | <input type="checkbox"/> | 0,4 | 45 | | | <input type="checkbox"/> |
| Desenvolvimento Pós-Poda | 30 | 300 | 0,5 | <input type="checkbox"/> | 0,6 | 1 | | | <input type="checkbox"/> |
| Floração | 30 | 300 | 0,6 | <input type="checkbox"/> | 0,6 | 25 | | | <input type="checkbox"/> |
| Frutificação | 60 | 600 | 0,8 | <input type="checkbox"/> | 0,6 | 45 | | | <input type="checkbox"/> |
| Colheita | 30 | 300 | 0,8 | <input checked="" type="checkbox"/> | 0,6 | 45 | | | <input type="checkbox"/> |
| Repouso | 20 | 200 | 0,2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 0,6 | 45 | | | <input type="checkbox"/> |
| Desenvolvimento | 100 | 3600 | 0,8 | <input type="checkbox"/> | 0,6 | 45 | 3 | 10 | <input checked="" type="checkbox"/> |

| Nome | Disp. Hídrica | Valor de Mercado | Temp. Basal | Temp. Ótima | Salin. Máx. |
|------------------------------------|---------------|------------------|-------------|-------------|-------------|
| Manga / Hadden / Tommy - L29M / C2 | 0,5 | Alto | 20 | 26 | 10 |
| Goiaba / Paluma - L29M / C2 | 0,5 | Alto | 20 | 26 | 10 |
| Goiaba do exemplo | 0,5 | Alto | 12 | 27,5 | 1,5 |
| Goiaba sem mudança | 0,5 | Alto | 20 | 26 | 10 |

Registro 3 de 4 Selecionar: " Ordenar: " Procurar: em Nome ...

Figura 9 – Tela de cadastro de cultura do programa IRRIGA para o exemplo de manejo de irrigação para a cultura da goiabeira

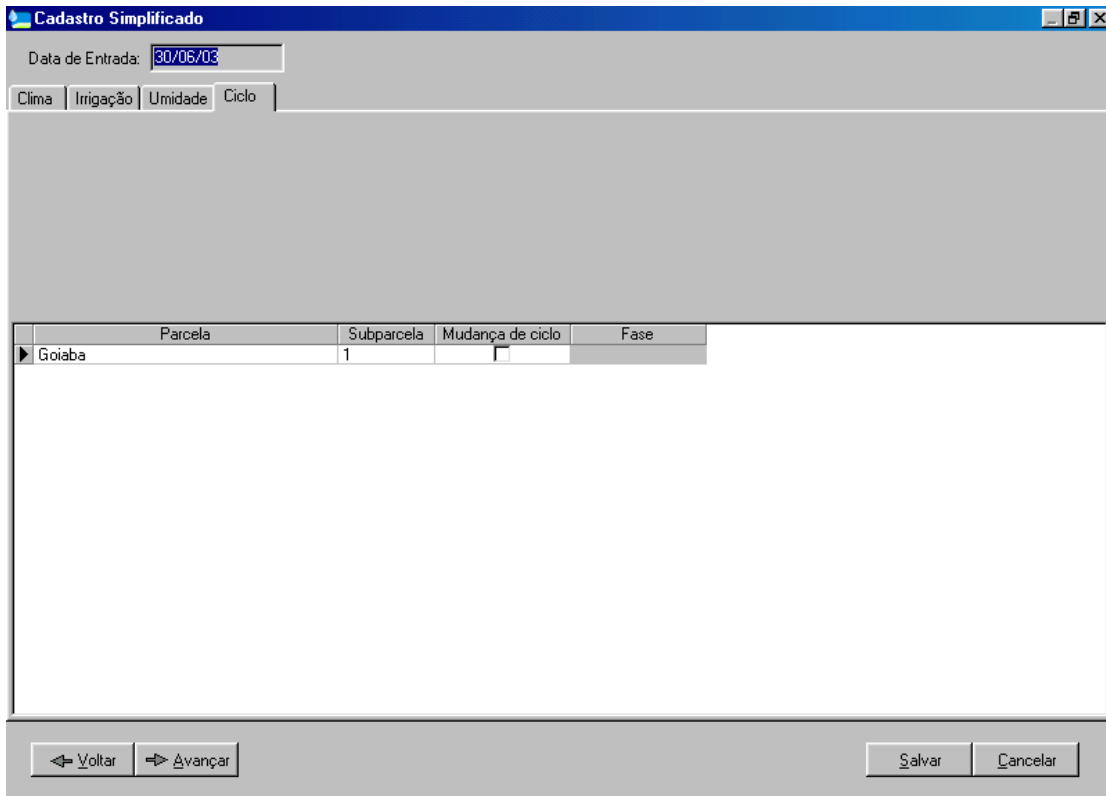


Figura 10 – Tela de cadastro simplificado do módulo Decisão, apresentando a ficha para cadastro de mudança de ciclo

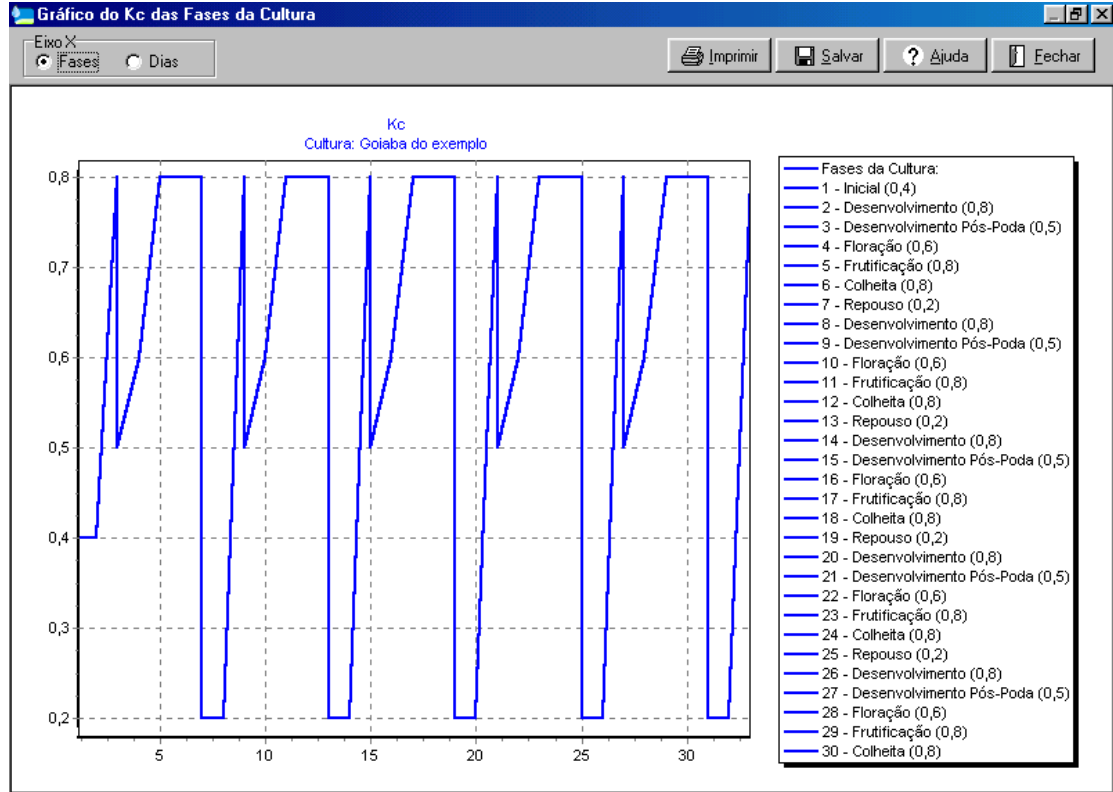


Figura 11 – Gráfico do kc das fases de cultura para a goiabeira

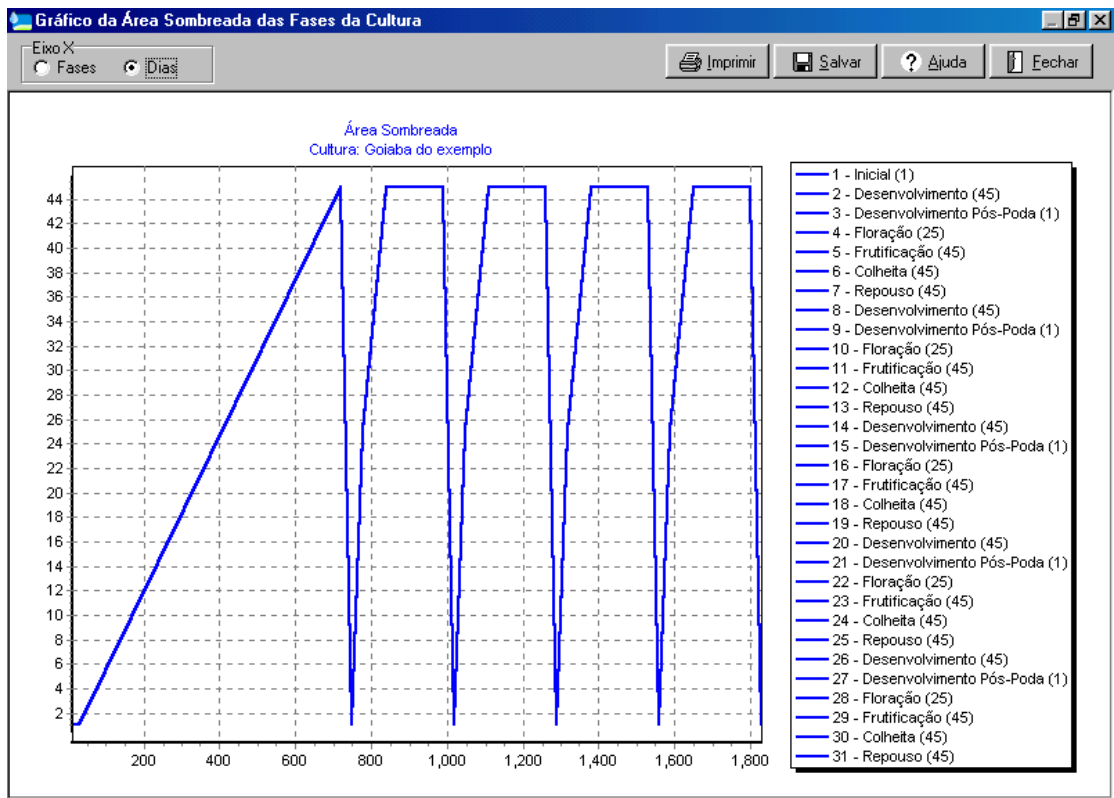


Figura 12 – Gráfico da área sombreada das fases da cultura da goiabeira

Figura 13 – Tela das informações referentes à parcela cultivada com goiabeira

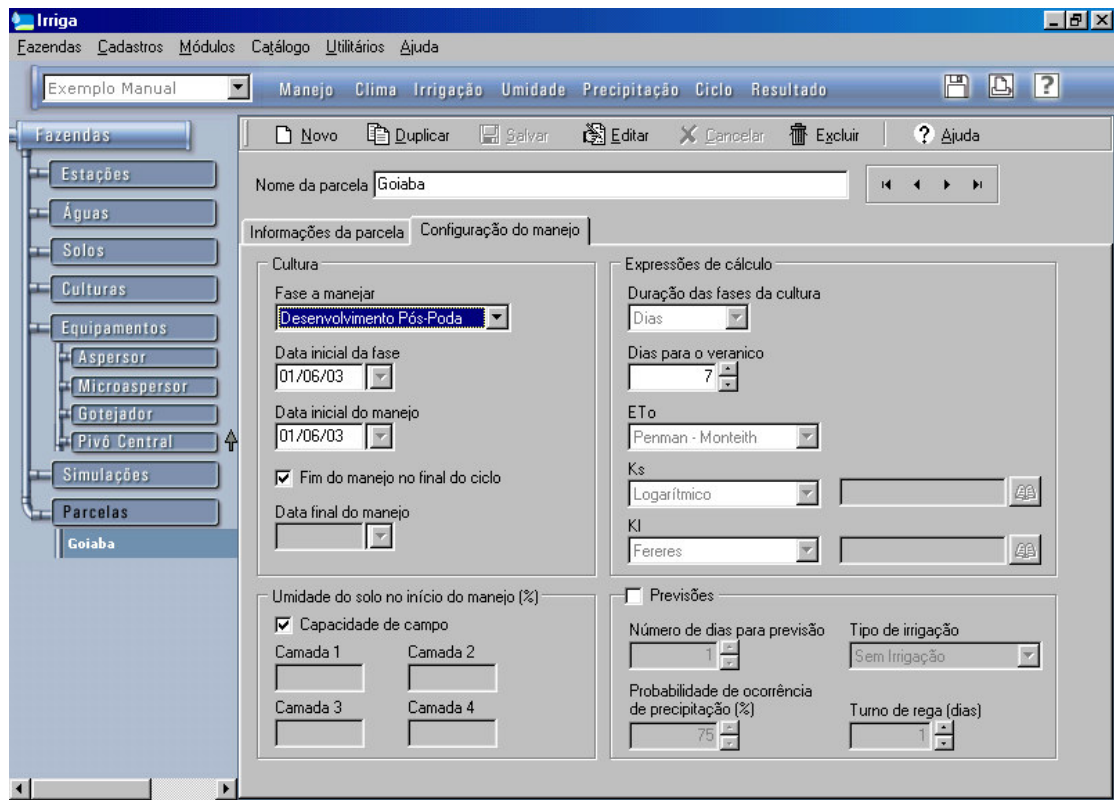


Figura 14 – Tela da configuração do manejo referente à parcela cultivada com goiabeira

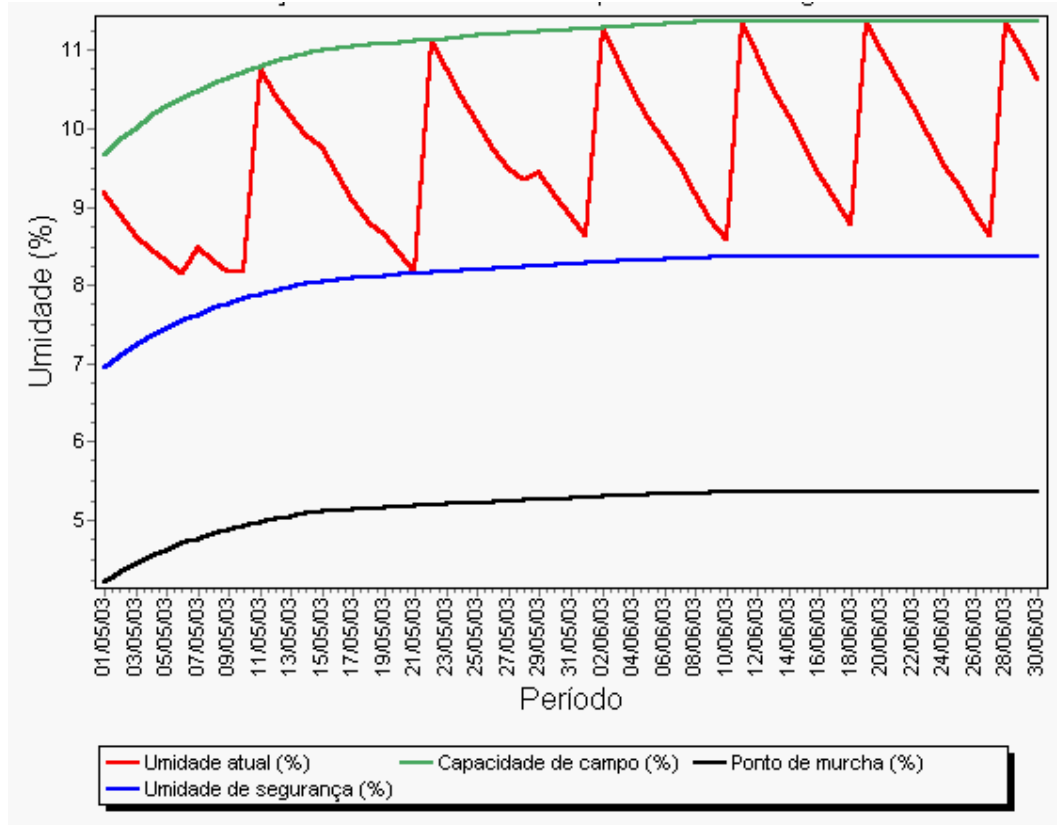


Figura 15 – Gráfico da umidade do solo

The screenshot shows a software window titled 'Resultado Decisão'. At the top, there is a dropdown menu for 'Irigante' set to 'Todos'. Below it are several buttons: 'Exibir', 'Relatório', 'Severidade', 'Detalhado', 'Ajuda', and 'Fechar'. The main area contains a table with the following data:

| | Parcela | Subparcela | Irigante | Data | Déficit (mm) | Eficiência (%) | Kc | Severida |
|---|---------|------------|----------|----------|--------------|----------------|------|----------|
| ▶ | Manga | 1 | | 30/06/03 | 5,85 | 93 | 0,4 | Blue |
| | Manga | 2 | | 30/06/03 | 2,65 | 93 | 0,4 | Blue |
| | Café | 1 | | 30/06/03 | 15,23 | 90 | 0,45 | Yellow |
| | Café | 2 | | 30/06/03 | 2,31 | 90 | 0,45 | Blue |
| | Café | 3 | | 30/06/03 | 2,31 | 90 | 0,45 | Blue |
| | Café | 4 | | 30/06/03 | 2,31 | 90 | 0,45 | Blue |
| | Milho | 1 | | 30/06/03 | 40,99 | 81 | 1,15 | Red |

Figura 16 – Tela com o resultado do módulo decisão para diferentes culturas e severidade de déficit hídrico

4.5 Conclusões sobre o uso do IRRIGA

Diante do exposto, pode-se verificar a importância de um bom programa de manejo da irrigação. Com um sistema bem manejado, pode-se reduzir o número de irrigações e economizar água, de acordo com as diferentes necessidades hídricas de cada fase da cultura a manejar.

O manejo de irrigação utilizando o programa IRRIGA possibilita a obtenção de níveis satisfatórios de rendimento das fruteiras, como é o caso da goiabeira, e o uso racional de água, indicando as necessidades hídricas das culturas e minimizando a percolação de água além da camada de solo considerada, entre outros recursos disponíveis neste programa, para suporte à decisão num processo de cultivo sob irrigação.

5. Resultados de pesquisa sobre eficiência e manejo de irrigação em fruteiras

Em trabalho realizado por Almeida (1997), avaliando sistemas de irrigação pressurizados bem como o manejo da água da cultura da banana no projeto Gorutuba - MG, obtiveram-se

parâmetros técnicos, com o objetivo de contribuir para adequada operacionalização, dimensionamento e manejo dos sistemas de irrigação, podendo servir inclusive de referência para outras áreas a serem implantadas ou em funcionamento. Com o estudo realizado, observou-se um excesso de aplicação de água na maior parte dos lotes irrigados por microaspersão, excesso em um lote e déficit no outro na miniaspersão e perda por percolação na aspersão subcopia, devido à pequena capacidade de retenção dos solos, associado ao turno de rega semanal. Ocorreu, na maioria dos sistemas, excesso de aplicação de água, proporcionando assim, perda por percolação. O tempo de irrigação projetado para o sistema em condições de máxima exigência da cultura é adotado durante o ano todo, independente das condições climáticas.

Quaresma Filho (1999), estudando os parâmetros físico-hídricos dos solos, parâmetros hidráulicos dos sistemas de irrigação e também informações sobre os projetos e seu manejo, observou déficit de aplicação de água em todos os lotes avaliados no Projeto Gorutuba. Já no Projeto Jaíba, observaram-se tanto excesso de aplicação, de água como também déficit na aplicação nos diversos lotes avaliados, caracterizando um completo descontrole no manejo das práticas de irrigação. Isto mostra a importância para ambos os projetos, do controle da lâmina aplicada através do monitoramento constante das condições de umidade do solo, além da demanda evapotranspirométrica da cultura.

Camboim Neto (2002) constatou que o número de frutos por planta e por cacho foi influenciado pelos valores de percentagem de área molhada, em estudo sobre a influência de diferentes lâminas de irrigação e de porcentagens de área molha no desenvolvimento na produção e nos parâmetros físicos-químicos do fruto de coqueiro anão, para a região de Muriaé, MG.

Silva (1999), ao estudar parâmetros de crescimento em diferentes níveis e frequência de irrigação no norte do Espírito Santo, verificou uma taxa maior de crescimento para altura de planta, diâmetro de caule, diâmetro de copa e número de folhas na planta, para uma reposição de 120 % da ETo, com uma frequência de irrigação de três dias, e menor desenvolvimento vegetativo para intervalos de dois dias, sem diferença para reposições de 40 e 60 % da ETo.

Em um outro estudo relacionando diferentes reposições de lâminas na cultura do mamoeiro na região Norte Fluminense, no Estado do Rio de Janeiro, Almeida (2000) verificou que o tratamento, em que se considerou 160 % de reposição da ETo, apresentou maior produção, ou seja, foi o que teve maiores valores nos parâmetros fenológicos avaliados. Ocorreu também uma certa relação entre a reposição da Eto, e crescimento e produção, em todos os outros tratamentos.

6. Fertirrigação da cultura da goiabeira

761. Introdução

A Irrigação teve avanço considerável nas últimas décadas, tanto no que diz respeito ao aprimoramento de novos métodos, quanto no incremento de novas áreas irrigadas. Dentre as vantagens da irrigação está aquela que possibilita utilizar este sistema como meio condutor e distribuidor de produtos químicos, como fertilizantes, inseticidas, herbicidas, nematicidas, reguladores de crescimento, simultaneamente com a água de irrigação, prática conhecida como quimigação.

A fertirrigação é o mais eficiente meio de fertilização e combina dois fatores essenciais no crescimento e desenvolvimento das plantas: água e nutrientes. É definida como sendo a aplicação dos fertilizantes via água de irrigação. Sua introdução agrega vantagens como melhoria da eficiência e uniformidade de aplicação de adubo, desde que o sistema de irrigação também tenha boa uniformidade, possibilidade de redução na dosagem de nutrientes com a aplicação dos nutrientes no momento e na quantidade exatos requeridos pelas plantas, maior aproveitamento do equipamento de irrigação, menor compactação e redução dos danos físicos às plantas com a redução do tráfego de máquinas dentro da área, redução de contaminação do meio ambiente devido ao melhor aproveitamento dos nutrientes móveis no solo quando aplicados via irrigação localizada, diminuição da utilização de mão-de-obra, dentre outras. Esta técnica, quando utilizada racionalmente, pode proporcionar melhor desenvolvimento das goiabeiras e qualidade dos frutos, proporcionando aumento na competitividade do fruticultor.

Inserida no contexto da agricultura sustentável, a fertirrigação é o sistema mais racional de aplicação de fertilizantes. A possibilidade de distribuir os nutrientes em cada fase do desenvolvimento fenológico permite sincronizar o suporte nutricional no solo com a exportação realizada pela planta. Na fertirrigação, tanto a irrigação quanto a fertilização afetam o comportamento do vegetal, podendo os ajustes em um dos fatores determinar limites impostos pelo outro. Para se obter o desempenho vegetativo e reprodutivo ideal nas plantas via fertirrigação, todos os fatores que contribuem para o incremento da irrigação-fertilização devem ser balanceados de modo que nenhum deles imponha limite significativo.

Em contrapartida, há limitações ao emprego da fertirrigação, como a necessidade de conhecimentos técnicos dos adubos e cálculos das dosagens, treinamento de pessoal para manuseio dos adubos e injetores, danos ambientais com procedimentos inadequados, corrosão dos equipamentos de irrigação, toxidez ao agricultor, toxidade e queima das folhas das plantas,

custo inicial elevado do sistema de irrigação e aumento das perdas de carga no sistema de irrigação.

Alguns fatores devem ser considerados para se ter uma fertirrigação adequada, como seleção adequada dos adubos e o seu parcelamento, a nutrição e a classificação das plantas, o tipo de solo, a qualidade da água, o tipo de injetor, a sua posição e a taxa de injeção, o tempo, a quantidade e a uniformidade de aplicação dos produtos na água de irrigação. Deve ser observada a relação custo/benefício em função da adoção desta técnica.

6.2. Levantamento de informações para planejamento da fertirrigação

6.2.1. Dados gerais da propriedade e históricos

Para o início do planejamento da fertirrigação, é fundamental a aquisição de todos os detalhes que possam ser fornecidos pelo proprietário ou pelo gerente agrícola da propriedade, como localização, área, identificação das culturas, localização das fontes de água e dados históricos de cultivos anteriores. Essas informações são de extrema importância para o engenheiro agrícola ou agrônomo delinear a execução do projeto.

6.2.2. Características químicas e físicas do solo

O conhecimento das condições químicas e físicas do solo, atuais e anteriores, orienta o engenheiro responsável sobre a evolução da estruturação do solo sob intensa prática agrícola e sua fertilidade. Com esta informação, é possível utilizar a fertirrigação para corrigir ou manter as condições atuais do solo, oferecendo ao cultivo, ambiente mais propício ao desenvolvimento.

O processo de fertirrigação é complexo, por envolver aspectos físicos, químicos e, principalmente, biológicos (Carrizo et al., 1999). Portanto, é necessário entendimento dos componentes que envolvem o processo para o aproveitamento de todos os benefícios da prática da fertirrigação.

Entre as análises requeridas para o solo, destaca-se a de fertilidade do solo, sendo que os fatores mais considerados são o pH, a condutividade elétrica, os teores de cálcio e magnésio trocáveis, a matéria orgânica e a CTC total.

De grande importância para a definição do sistema de irrigação, são a adubação de base, o tamanho da cova e o manejo da irrigação e fertirrigação. Deve ser feita também a análise textural do solo, com a determinação dos teores de argila, areia e silte. A determinação da curva de retenção de água no solo e a densidade determinam a capacidade de armazenamento de água, importante para fins de projeto e manejo.

6.2.3. Características químicas e biológicas da água de irrigação

A avaliação da qualidade da água a ser utilizada na irrigação das culturas é indispensável e de primordial importância, sobretudo quando se trata de projetos de irrigação ou exploração das áreas em regiões áridas e semi-áridas, visto que, na falta de informações relevantes para a qualidade da água e o manejo adequado, essas áreas podem se tornar improdutivas devido à salinização e sodificação, causando enormes prejuízos sócio-econômicos (Gheyi et al., 1995).

A qualidade da água influencia o processo de fertirrigação. A solubilidade dos fertilizantes altera-se em função de variações de pH e alguns nutrientes podem até se precipitar, quando combinados aos sais naturalmente presentes na água, exigindo controle da lâmina de irrigação e da concentração de nutrientes na calda de fertirrigação (Nielsen et al., 1995).

A amostragem da água para fins de irrigação deve ser representativa e observar alguns detalhes: se a fonte é poço, a amostra deve ser coletada depois da bomba e 30 minutos após seu funcionamento; no caso de lagos, rios ou reservatórios, as amostras deverão ser coletadas próximas da sucção e abaixo da lâmina d'água. A qualidade das fontes de água está sujeita a variação sazonal. Portanto, deve ser analisada periodicamente (ao menos duas vezes no ano) (Campos, 2001).

Para a goiaba, a condutividade elétrica tolerável na solução do solo é de até 2,1 dS/m e de até 1,5 dS/m na água. Acima destes valores, pode haver decréscimo na produtividade (Ayers e Westcot, 1991).

6.2.4. Sistema de irrigação

A implantação e manutenção corretas dos sistemas de irrigação são condições básicas para o adequado fornecimento de fertilizantes via água de irrigação, aliadas ao dimensionamento preciso e à uniformidade de aplicação de água, respeitando-se condições específicas para melhor aproveitamento dos sistemas, como textura, densidade, permeabilidade, pH e condutividade elétrica do solo. A desuniformidade no fornecimento de água resulta em enormes variações na quantidade aplicada de fertilizantes na área com menor vazão de água, colocando a uniformidade de aplicação de fertilizantes como dependente direta da correta e uniforme aplicação de água.

Segundo Antunes & Bueno (2003), atualmente a fertirrigação é mais frequentemente utilizada nos sistemas de irrigação localizada, como o gotejamento e microaspersão (Quadro 6).

A fertirrigação localizada é a que melhor distribui os adubos, contemplando maior número de raízes absorventes sob a copa, o que não se obtém com quaisquer outros sistemas de aplicação, exceto o LEPA e o de área total sob pivô (Antunes et al., 2001).

Quadro 6 – Diferenças entre sistemas de irrigação com relação à aplicação de fertilizantes

| Características | Localizada | Aspersão | Superfície |
|----------------------------|-------------------|------------------------|------------------|
| Uso da água | Maior eficiência | Maior eficiência | Menor eficiência |
| Frequência de aplicação | Maior | Menor | Menor |
| Distribuição de água | Homogênea | Homogênea ¹ | Não homogênea |
| Distribuição de adubo | Próxima Às raízes | Área total | Varia na área |
| Variações climáticas | Menor limitação | Maior limitação | Maior limitação |
| Qualidade da água | Maior limitação | Menor limitação | Menor limitação |
| Solubilidade dos produtos | Maior limitação | Menor limitação | Menor limitação |
| Desenvolvimento das raízes | restrito | Sem restrição | Sem restrição |

Fonte: Villas Boas et al., 1999

¹ Sistema de pivô central

6.2.5. Caracterização da cultura da goiabeira e aspectos agronômicos

Para uma adequada programação da fertirrigação, são necessárias informações técnicas como variedade utilizada, profundidade média do sistema radicular na condição de cultivo, data de plantio, espaçamento e densidade de plantio, duração total do ciclo produtivo, duração média das fases da cultura e períodos de maior exigência nutricional, porcentagem de área sombreada por fase de desenvolvimento da cultura, época ou data da colheita, taxa de absorção de macro e micronutrientes e potencial de produtividade. Todas essas observações são importantes para o planejamento da fertirrigação.

A goiabeira (*Psidium guajava* L.), que pertence à família Myrtaceae, é um arbusto que pode chegar de 3 a 6 m de altura, quando conduzida sem poda. As folhas caem após a maturação. O sistema radicular apresenta raízes adventícias primárias, que se concentram a uma profundidade de 30 cm do solo. Das raízes primárias, saem as adventícias secundárias, que podem chegar até 4 ou 5m, quando propagadas por semente, apresentando também raiz pivotante. Nas plantas propagadas por mudas de estaca, ocorrem apenas raízes secundárias, que não atingem grandes profundidades. Frequentemente, a frutificação começa no 2º ou 3º ano após o plantio em local definitivo, quando o pomar é implantado por mudas propagadas por semente. Quando as mudas são feitas por enxerto ou estacas, as florações começam até 7 ou 8 meses após transplante, devendo ser essa primeira florada eliminada, para não sacrificar as plantas neste estágio juvenil. Num trabalho realizado na Índia por Rathore, citado por Gonzaga Neto (2001), o fruto da goiabeira apresentou 3 períodos de crescimento distintos. O primeiro, de crescimento acelerado, inicia-se após a abertura das flores e prossegue por 45 a 60 dias, dependendo das condições climáticas. O segundo, mais lento, dura de 30 a 60 dias, quando

ocorreu o amadurecimento e o endurecimento das sementes. No terceiro ocorre um crescimento exponencial do fruto, durando em torno de 30 dias. Para a variedade Paluma, no Vale do Submédio do São Francisco, 120 a 130 dias após a florada, colheu-se o fruto de vez. O tempo entre a poda e a colheita varia de 6 a 8 meses, dependendo do sistema de manejo adotado no pomar.

As variedades diferem entre si pelo formato da copa (eretas ou esparramadas), produtividade, época de produção (precoce, meia estação e tardia), número, tamanho e formato do fruto, coloração da polpa (branca, rosada ou vermelha) e destino da produção (consumo in natura, doces, suco, etc., para mercado interno ou externo). Entre as variedades para consumo in natura de polpa branca, destacam-se as seguintes: Kumagai, Ogawa n° 1 branca, Iwao, White Selection of Florida e Pentecoste. De polpa vermelha: Ogawa n° 1, Ogawa n° 3, Rica, Paluma, Pedro Sato e Sassaoka. Para o mercado interno: Paluma, Rica, Pedro Sato e Sassaoka. Para exportação: Kumagai, Ogawa n° 1 branca, Iwao, White Selection of Florida e Banaras.

Os espaçamentos usados no Nordeste são retangulares de 8 x 5 m ou 6 x 5 m e quadrados de 5 x 5 m ou 4 x 4. Para frutas in natura, é comum usarem-se espaçamentos menores como 4 x 4 m e até 3 x 3 m. Para isso, o produtor tem que dominar bem as técnicas da poda de formação e frutificação, visando maior quantidade de árvores por área, menor quantidade de frutos e melhor qualidade.

Pomares não irrigados, quando bem conduzidos, produzem em média, a partir do 6° ano, de 20 a 60 kg/planta/ano. A média histórica de produção irrigada está acima de 120 kg/planta/ano. No Nordeste, a produção da goiabeira conduzida com poda e irrigação, além de apresentar uma elevada produtividade inicial, 10 t/ha após a primeira poda e 40 t/ha em produção plena, produz durante todo o ano.

6.3. Equipamentos utilizados para fertirrigação

Para a correta utilização da fertirrigação, são necessários alguns equipamentos e acessórios que variam de acordo com o sistema de irrigação utilizado (Antunes et al., 2001). Para a escolha dos equipamentos, devem ser considerados o volume a ser aplicado, a capacidade, a precisão ou fidelidade de funcionamento, a forma de operação e a mobilidade do equipamento e a diluição dos fertilizantes.

Os tanques de soluções fertilizantes podem ser de diversos materiais, considerando-se a característica não corrosiva destes. O tamanho e o formato são função da estratégia agrônômica da produção, tamanho do pomar, da capacidade de injeção e da solubilidade do adubo utilizado. Pela Equação 14, determina-se a capacidade do tanque de fertilizantes:

$$V_t = (Q_p \cdot q_i \cdot P) / (C_a \cdot Q) \quad (14)$$

em que:

V_t = capacidade do tanque, m^3 ;

Q_p = quantidade de produto a ser colocado no tanque, g;

q_i = taxa de injeção do produto, m^3/h ;

P = porcentagem do nutriente no adubo, %;

C_a = concentração desejada da solução na tubulação de irrigação, g/cm^3 , e

Q = vazão do sistema de irrigação, m^3/h .

Os principais tipos de injetores de fertilizantes são os tanques pressurizados, o injetor Venturi, os dosificadores hidráulicos e as bombas de injeção direta.

Tanques pressurizados são metálicos com tampas herméticas, que são conectados em dois pontos da tubulação principal do sistema de irrigação. Para haver injeção da solução fertilizante que está dentro do tanque é necessário que haja um diferencial de pressão entre o ponto de entrada da água do sistema no tanque, e o de saída da solução. A solução é incorporada na tubulação de descarga do sistema de irrigação através da segunda tubulação que sai do reservatório. Um registro de fechamento lento é instalado entre os pontos de entrada e saída das duas tubulações citadas, justamente para criar o diferencial de pressão, que permite o funcionamento do tanque pressurizado, que faz com que a água seja desviada em maior ou menor volume, para o interior do tanque. A tubulação de entrada conduz a água limpa para o tanque que contém a solução a ser aplicada e, após a diluição, ela passa a ser conduzida pela tubulação de saída e introduzida na tubulação principal do sistema de irrigação. São baratos, de fácil operação, porém com baixa uniformidade de aplicação do produto.

Os injetores Venturi são peças plásticas ou metálicas, ocas, em forma de “T”, que possuem uma seção convergente gradual, seguida de um estrangulamento com grande restrição interna no diâmetro e de uma seção divergente gradual com o mesmo diâmetro da tubulação ao qual está conectado, instalados em “by-pass” com a tubulação principal (Figura 17). Seu princípio de funcionamento é baseado na pressão negativa causada pela mudança brusca de velocidade do fluxo de água ao atravessar a restrição, com a conseqüente sucção do fertilizante contido num reservatório aberto e incorporação na água de irrigação que passa pelo injetor. Seu custo é baixo, possui grande capacidade de injeção para pressões e vazões bem definidas, tem possibilidade de controle da taxa, usando-se apenas um registro, podendo ser usado para outros tipos de produtos na quimigação. É de fácil manutenção, mas pode sofrer variação na taxa de injeção do produto. As perdas de carga podem alcançar de 20 a 30% da pressão de serviço, sendo

mais acentuadas, quando instalados em série na tubulação do sistema de irrigação, segundo Pinto (2001).

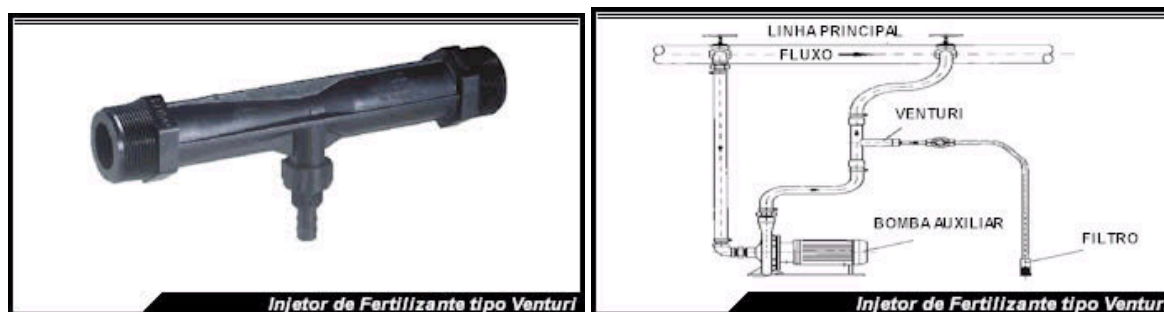


Figura 17 – Injetor tipo venturi e esquema de montagem

Dosificadores hidráulicos são sistemas complexos de material plástico ou de aço inox, tendo como principal vantagem o uso da energia hidráulica para seu acionamento (Figuras 18). Seu princípio de funcionamento é semelhante ao do carneiro hidráulico, ou seja, a pressão da rede aciona o movimento do eixo vertical que comprime um diafragma de borracha, para que ocorra a injeção do fertilizante. São mais precisos, têm alto preço e capacidade de injeção limitada.



Figura 18 – Injetor de fertilizante com acionamento hidráulico para fertirrigação

As bombas de injeção direta são outra possibilidade para uso em fertirrigação (Figuras 19 e 20). Têm boa precisão, podem ser de pistão ou diafragma. Necessitam de fonte auxiliar de energia para seu funcionamento. As de diafragma são confeccionadas com materiais resistentes à pressão. As de pistão podem ter um ou mais pistões acoplados em blocos metálicos que se movimentam impulsionados por meio de sistemas tipo bielas ou acoplados em roldanas. No início de cada ciclo, tem-se a abertura de uma válvula de aspiração que deixa passar para o

interior da câmara um volume da solução proveniente de um reservatório. Quando o pistão executa o movimento em sentido contrário, a válvula de aspiração se fecha e a válvula propulsora se abre. O aumento da pressão no interior do cilindro provoca a abertura da válvula de descarga, que deixa passar o volume de solução anteriormente aspirada, e daí, esta solução passa a ser injetada na tubulação de irrigação. Estas bombas podem ter capacidade de injeção ilimitada, dependendo do seu tamanho. O custo é elevado e varia em função da taxa de injeção devido ao tamanho da bomba, podendo inviabilizar seu uso para pequenas áreas. Requerem materiais anticorrosivos e manutenção periódica.



Figura 19 – Injetor de fertilizante tipo bomba hidráulica e esquema de instalação

O injetor tipo Pitot informado por em um tanque metálico semelhante ao tanque pressurizado, só que neste caso, o desvio de parte da água de irrigação para o interior do tanque se dá com o uso de dois Pitot inseridos no interior de um tubo que é acoplado à tubulação do sistema de irrigação. É necessário um registro instalado entre a tubulação de entrada e de saída da água, para criar o diferencial de pressão entre os dois pontos. No injetor tipo Pitot, leva-se em consideração o aumento de velocidade da água do tubo de entrada para fazer com que ela seja inserida no interior do reservatório contendo a solução a ser aplicada.

Para o correto manejo da fertirrigação, alguns acessórios como filtros são necessários. É recomendado que o injetor de fertilizantes seja instalado no sentido do fluxo de água, após o filtro de areia e antes dos filtros de discos ou tela. Também se pode fazer uso de misturadores da solução fertilizante, de medidores de vazão, de válvulas de abertura e fechamento automáticos, de manômetros e de sensores de pH e condutividade elétrica.



Figura 20 - Sistema de injeção de fertilizantes para fertirrigação com bomba de injeção e pá misturadora.

6.4. Principais fertilizantes utilizados em fertirrigação

6.4.1. Características desejáveis

Existem diferentes fontes de fertilizantes e cada produto deve ser escolhido em função do sistema de irrigação, da cultura, do tipo de solo, da solubilidade do produto e do seu custo.

Os fertilizantes a serem utilizados em fertirrigação podem ser líquidos, comercializados em forma de solução pronta para aplicação, ou sólidos, que devem ser dissolvidos antes da aplicação e apresentar alta solubilidade, para evitar entupimentos nos emissores e diferenças na concentração aplicada. A pureza do fertilizante pode interferir na sua solubilidade em água, pois esta é calculada a partir de produtos puros e os valores tabelados devem ser aplicados apenas a fertilizantes com alto grau de pureza. No Quadro 7, são listados os principais fertilizantes tradicionais utilizados na fertirrigação e suas características.

Segundo Pinto (2001), os fertilizantes ricos em nitrogênio, potássio e micronutrientes são, na sua maioria, solúveis em água e não apresentam problemas de uso. Já os fosforados, por serem na sua maioria insolúveis em água e apresentarem disponibilidade lenta, quando aplicados no solo, são mais problemáticos para serem utilizados em fertirrigação. Embora existam alguns fertilizantes fosforados solúveis, como o fosfato de amônio, alguns apresentam perigo de serem utilizados em águas com elevado teor de cálcio, pois pode ocorrer precipitação, como fosfato de cálcio, que é insolúvel, levando a obstruções nas tubulações e emissores.

Produtos contendo cálcio devem ser evitados por causa da precipitação, devendo restringir-se aos solos muito ácidos e com alto teor de sódio. A fonte de cálcio mais recomendada é o nitrato de cálcio, adubo mais solúvel em água. Como alternativa, pode-se usar o cloreto de cálcio. Alguns fertilizantes com concentração de cálcio superior a 6 meq/L podem precipitar-se no sistema de irrigação, assim como concentrações de bicarbonatos acima de 5 meq/L.

Quadro 7 - Principais fertilizantes tradicionais utilizados na fertirrigação e suas características

| Fertilizantes | N (%)) | P (%)) | K (%)) | Outros nutrientes (%) | Solubilidade (g/L água 20° C) | Índice parcial de salinidade (%) | Índice de acidez/basicida de |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|--------------------------|-------------------------------------|--|------------------------------------|
| Nitrato de amônio | 34 | - | - | 28% CaO | 1180 | 2,99 | 110 |
| Nitrato de cálcio | 14 | - | - | 7% CaO; 3% MgO | 1020 | 4,41 | -20 |
| Nitrocálcio | 27 | - | - | 59% SO ₃ | 1000 | - | 26 |
| Sulfato de amônio | 20 | - | - | - | 710 | 3,25 | 110 |
| Uréia | 45 | - | - | - | 780 | 1,62 | 71 |
| Nitrato de potássio | 13 | - | 44 | - | 320 | 1,30 | -115 |
| Nitrato de sódio | 16 | - | - | - | 73 | 5,34 | - |
| Ácido fosfórico | - | 54 | - | - | 46 | - | 110 |
| MAP | 9 | 48 | - | - | 380 | 0,53 | 60 |
| DAP | 16 | 45 | - | - | 700 | 0,56 | 88 |
| KCl branco | - | 60 | -- | 40% Cl | 340 | 1,94 | 0 |
| Sulfato de potássio | - | - | 48 | 16% S | 110 | 0,96 | 0 |
| Sulfato duplo K e S | - | - | 22 | 18% MgO; 22% S | 290 | - | - |
| Ácido bórico | - | - | - | 18% B | 63 | - | - |
| Sulfato de zinco | - | - | - | 22% Zn | 965 | - | - |

Fonte: Antunes et al., 2001

A alteração do pH da água pela solução fertilizante pode causar precipitado, sendo aconselhável manter esse pH entre 5,0 e 6,0, utilizando-se um peagâmetro para aferição. A aplicação de amônia anidra não é recomendada, devido à possibilidade de aumento dos níveis de pH da água de irrigação. Quando o pH for maior que 7,5, o Ca e o Mg podem se acumular nos filtros, nas tubulações e nos emissores, contribuindo para sua obstrução, principalmente quando o valor de saturação do carbonato de cálcio for maior que 0,5 e a concentração da solução for maior que 30 meq/L.

Um dos problemas causados pela adoção da fertirrigação é a corrosão dos equipamentos do sistema de irrigação, sendo necessária a utilização de componentes plásticos ou inoxidáveis e cuidados na aplicação de fertilizantes ácidos.

Quanto à uniformidade de aplicação de nutrientes, ela ocorrerá somente quando a uniformidade do sistema de irrigação for satisfatória.

O parcelamento dos produtos na água da fertirrigação deverá ser maior nas regiões de chuva intensa e solos arenosos, para evitar perda do adubo pela lixiviação, trazendo maior eficiência e segurança na fertirrigação.

Por serem utilizados produtos tóxicos na fertirrigação, cuidados especiais devem ser tomados para evitar a contaminação do meio ambiente. Caso haja uma parada imprevista no sistema de irrigação, a solução contida nos tubos pode retornar e parar na fonte de água, principalmente nos sistemas com injetores venturi ou quando a sucção da solução for feita através da própria tubulação de irrigação, casos em que se trabalha com pressão negativa nos sistema de injeção. Dispositivos de segurança são imprescindíveis para evitar estes riscos, como registros e válvulas de controle.

A possibilidade de automação, além de minimizar as perdas dos produtos e reduzir a mão-de-obra, evita o risco de contaminação do operador do sistema e melhora sua eficácia. Existem sistemas computadorizados que permitem que os produtos sejam aplicados separadamente de acordo com a necessidade das culturas, na época da demanda (Bauerle et al., citado por Pinto, 2001).

6.4.2. Compatibilidade entre fertilizantes utilizados em fertirrigação

A compatibilidade entre os adubos deve ser considerada visto que alguns íons são incompatíveis entre si (Quadro 8). Utilizando-se misturas de compatibilidade desconhecida, deve-se proceder ao “teste da jarra”, misturando os fertilizantes em um recipiente de vidro, na proporção a ser utilizada e aguardar duas horas. O ânion sulfato é incompatível com o cálcio e os fosfatos, com o cálcio e o magnésio. Caso ocorra a formação de precipitados, há possibilidade de

ocorrer entupimentos nos sistema de filtragem e nos emissores, como é o caso da aplicação de cálcio na água rica em bicarbonatos, que formam precipitados de gesso.

A injeção do cloreto de potássio aumenta a salinidade da água de irrigação e pode causar problemas de intoxicação nas culturas. A mistura de sulfato de amônia reduz significativamente a solubilidade do fertilizante no tanque.

Quadro 8 – Grau de compatibilidade de alguns fertilizantes

| | U | NA | SA | NC | NP | CP | SP | SF | QF | SM | AF | AS | AN | MAP | DAP |
|--------------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| Uréia – U | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nitrato de amônio – C NA | C | | | | | | | | | | | | | | |
| Sulfato de amônio – C AS | C | C | | | | | | | | | | | | | |
| Nitrato de cálcio – C NC | C | C | I | | | | | | | | | | | | |
| Nitrato de potássio – C NP | C | C | C | C | | | | | | | | | | | |
| Cloreto de potássio – C CP | C | C | C | C | C | | | | | | | | | | |
| Sulfato de potássio – C SP | C | C | S | I | C | S | | | | | | | | | |
| Sulfato Fe, Zn, Cu, Mn – SF | C | C | C | I | C | C | S | | | | | | | | |
| Quelato Fe,Zn,Cu, Mn – QF | C | C | C | S | C | C | C | C | | | | | | | |
| Sulfato de magnésio – SM | C | C | C | I | C | C | S | C | C | | | | | | |
| Ácido fosfórico – AF | C | C | C | C | C | C | C | I | S | C | | | | | |
| Ácido sulfúrico – AS | C | C | C | I | C | C | S | C | C | C | C | | | | |
| Ácido nítrico – NA | C | C | C | C | C | C | C | C | I | C | C | C | | | |
| MAP | C | C | C | I | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | |
| DAP | C | C | C | I | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | |

Fonte: Antunes et al., 2001

6.5. Manejo eficiente da fertirrigação

A nutrição mineral pode afetar bastante o desenvolvimento da planta, sua produtividade e a qualidade de seus frutos. A aplicação eficiente de fertilizantes via água de irrigação deve seguir as recomendações de período de aplicação, frequência, doses e fontes, assegurando, desta maneira, uma adequada disponibilidade de água e nutrientes na zona radicular da planta.

A irrigação localizada, mais especificamente o gotejamento, tem uma influência marcante na cultura da goiabeira, por proporcionar uma elevada concentração das raízes num volume de solo relativamente inferior ao reservado para a planta, em comparação com os resultados obtidos para irrigação por aspersão ou sulco. Esse aspecto determina uma alta frequência de irrigação, bem como a aplicação localizada e parcelada de fertilizantes ao longo do ciclo fenológico da goiabeira, o que proporciona maior eficiência de aproveitamento de fertilizantes, em comparação com os resultados conseguidos com a adubação convencional.

Os procedimentos adequados à aplicação de fertilizantes via água de irrigação compreendem três etapas distintas. Durante a primeira etapa, deve-se pôr a funcionar, o sistema de irrigação, para equilibrar hidraulicamente, as sub-unidades, com cerca de $\frac{1}{4}$ do tempo total programado para a irrigação. Na segunda etapa, faz-se a injeção dos fertilizantes no sistema de irrigação por um período que corresponda a dois quartos do tempo total de irrigação. Na terceira etapa, o sistema de irrigação deverá continuar funcionando, para completar o tempo total de irrigação, lavar completamente o sistema de irrigação e carrear os fertilizantes da superfície para camadas profundas do solo.

Algumas recomendações importantes sugeridas por Gonzaga Netto (2001) para a preparação e injeção dos fertilizantes: conhecer o volume do tanque de solubilização dos fertilizantes;

- ✓ Usar 75 % da solubilidade recomendada pelo fabricante;
- ✓ Observar os graus de compatibilidade dos fertilizantes, para reduzir a possibilidade de formação de precipitados;
- ✓ Quantificar os fertilizantes a serem injetados de acordo com o planejamento da Fertirrigação por unidade de rega;
- ✓ Adicionar água ao tanque de dissolução, colocar o fertilizante e iniciar o processo de agitação com pá motorizada ou rodo;
- ✓ Desmanchar os torrões de fertilizantes remanescentes e prosseguir com a agitação;
- ✓ Seguir as recomendações de cada fertilizante quanto ao tempo de agitação e repouso da solução;
- ✓ Transferir a solução para o tanque de sucção, realizando uma pré-filtragem com uma peneira de malha fina, sem agitar a solução;
- ✓ Iniciar a injeção, provocando um gradiente de pressão de acordo com a vazão de injeção requerida;

- ✓ Não agitar a solução durante a injeção, para evitar que impurezas ou resíduos de fertilizantes sejam injetados;
- ✓ Para uréia ou sulfato de amônio, recomendam-se 20 minutos de agitação e 10 minutos de repouso no tanque de dissolução;
- ✓ Para o cloreto de potássio, recomendam-se 20 minutos de agitação, quebrar os torrões, reiniciar o processo de agitação por mais 20 a 30 minutos, enquanto se procede à retirada da espuma gelatinosa sobrenadante;
- ✓ Para o MAP, recomendam-se 20 minutos de agitação, quebrar os torrões, reiniciar a agitação por mais 40 minutos e deixar em repouso, no mínimo, por seis horas. O ideal é preparar a solução um dia antes da aplicação;
- ✓ Para o nitrato de cálcio, devem-se seguir os mesmos procedimentos recomendados para o MAP, além de retirar o gel sobrenadante;
- ✓ Para os demais fertilizantes, à exceção dos líquidos, as maneiras de preparação das respectivas soluções deverão enquadrar-se num dos procedimentos descritos acima, com alguns ajustes.

No Quadro 9 estão apresentados os níveis de N, P₂O₅ e K₂O assinalados para a goiabeira.

Quadro 9 – Níveis de N, P₂O₅ e K₂O assinalados para a goiabeira.

| Nutrientes no solo | Implantação | | Ciclo de produção | | |
|---|-------------|-------------|---|-----|--------------|
| | Plantio | Crescimento | 1° | 2° | 3° em diante |
| Nitrogênio (não analisado) | | | g/planta de N | | |
| | 0 | 100 | 150 | 200 | 250 |
| Fósforo (mg/dm³ de P) | | | g/planta de P₂O₅ | | |
| < 10 | 100 | | 90 | 100 | 100 |
| 10 – 20 | 80 | | 70 | 90 | 90 |
| 21 – 40 | 60 | | 50 | 70 | 80 |
| > 40 | 40 | | 30 | 50 | 70 |

| Potássio (cmol/dm ³ de K) | | g/planta de K ₂ O | | | |
|--------------------------------------|----|------------------------------|-----|-----|-----|
| < 12 | 60 | 90 | 120 | 180 | 210 |
| 0,12 – 0,23 | 40 | 60 | 90 | 90 | 150 |
| 0,24 – 0,40 | 20 | 30 | 60 | 60 | 120 |
| > 0,40 | 0 | 0 | 30 | 30 | 90 |

Fonte: Pinto, 2001

Algumas informações complementares sobre a fertirrigação na cultura da goiabeira são citadas por Pinto (2001) e apresentadas a seguir:

1. Esterco de curral – Usar 20 a 30 litros/planta no plantio e antes de cada poda de frutificação. No caso de podas contínuas, aplicar uma vez ao ano.
2. Nitrogênio – Na fase de crescimento (até um ano) a dose de N deve ser parcelada em cinco aplicações ao ano, em solos argilosos, e em dez aplicações ao ano, em solos arenosos, iniciando 30 dias após o plantio. Na fase de produção, 30% do N deve ser aplicado antes da poda, 40% após o pegamento dos frutos, 20% na fase intermediária de crescimento do fruto e 10% na fase final de crescimento do fruto (antes da maturação).
3. Fósforo – Aplicações únicas, seis meses após o plantio e antes de cada poda de frutificação. No caso de podas contínuas, aplicar uma vez ao ano.
4. Potássio – Na fase de crescimento, o K deve ser parcelado da mesma forma que o nitrogênio. Na fase de produção, 30% do potássio deve ser aplicado antes da poda, 15% após o pegamento dos frutos, 25% na fase intermediária de crescimento dos frutos e 30% na fase final de crescimento dos frutos (antes da maturação).

6.6. Considerações finais

A fertirrigação é o meio mais eficiente e racional de fertilização. Sua introdução agrega vantagens como melhoria da eficiência e uniformidade de aplicação atrelada à uniformidade do sistema de irrigação. Esta técnica pode proporcionar melhor desenvolvimento das goiabeiras e qualidade dos frutos, possibilitando aumento na competitividade do fruticultor. A aplicação

eficiente de fertilizantes via água de irrigação deve seguir as recomendações de período de aplicação, frequência, doses e fontes, assegurando desta maneira, uma adequada disponibilidade de água e nutrientes na zona radicular da planta.

É importante fazer uma seleção adequada dos adubos em função de sua compatibilidade e solubilidade, definir o seu parcelamento em função das necessidades da planta e das características do solo e do clima e buscar informações sobre a nutrição e a classificação das plantas. A decisão sobre a adoção desta técnica, atendidos os requisitos ambientais, agrônômicos e operacionais, deve satisfazer também a relação custo/benefício.

7. Bibliografia

ALI, S. M. A.; BAREFOOT, A. D. **Low trajectory sprinkler patterns and evaporation loss.** (Paper, 81-2085) St. Joseph: ASAE, 1981, 24p.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAIS, B.; SMITH, M. Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements (FAO Irrigation and Drainage, Paper 56). Rome: FAO, 1998. 310 p.

ALMEIDA, F. T. Avaliação dos sistemas de irrigação pressurizados e do manejo da água na cultura da banana no Projeto Gorutuba. Viçosa, MG: UFV, 1997. 100p. Tese (Mestrado em Eng. Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.

ALMEIDA, F. T. Respostas do mamoeiro (*Carica papaya* L.) “do grupo solo” a diferentes lâminas de irrigação no Norte Fluminense. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos do Goytacazes, RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense. – UENF. 112 p. 2000.

ANDRIGUETO, J. R. Marco legal da produção integrada de frutas no Brasil. Brasília, MAPA/SARC, 2002.

ANTUNES, R.C.B., RENA, A.B.; MANTOVANI, E.C. Fertirrigação na cultura do cafeeiro arábica. Engenharia na Agricultura. Boletim técnico, 5. Viçosa: Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais/UFV/DEA, 2001. 39p.

ANTUNES, R.C.B.; BUENO, A.C. In: ZAMBOLIM, L. Manejo Integrado de Doenças e Pragas: Produção Integrada Fruteiras Tropicais. 5º encontro sobre Manejo Integrado de Doenças e Pragas de fruteiras tropicais, Viçosa, MG, 2003, p.381-456

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. Qualidade da água para a agricultura. Estudos FAO - Irrigação e Drenagem 29. Revisado 1991. 218p.

AZEVEDO, J.A., SILVA, E.M., REZENDE, M., GUERRA, A.F. Aspectos sobre o manejo da irrigação por aspersão para o cerrado. Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1988. 53p.

BERNARDO, S. Manual de irrigação. 6. ed. Viçosa:UFV/ imprensa Universitária, 1996. 657 p.

BONOMO, R. Análise da irrigação na cafeicultura em áreas de cerrado de minas Gerais. Viçosa: UFV, 1999. 224p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Agrícola) – UFV, 1999.

CAMBOIM NETO, L. F. Coqueiro anão verde: influência de diferentes lâminas de irrigação e de porcentagens de área molhada no desenvolvimento, na produção e nos parâmetros físico-químicos do fruto. Viçosa: UFV, 2002. 122 p. (Doutorado em Engenharia Agrícola) – UFV, 2002.

CAMPOS, C.M.M. A qualidade da água para fertirrigação – parte1. In: FOLEGATTI, M.V.; CASARINI, E.; BLANCO, F. F.; BRASIL, R. P. C.; RESENDE R. S. (Coords.). Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2001. vol 2. p. 105-112.

CARRIJO, O. A.; SILVA, W. L. C.; MAROELLI, W. A.; SILVA, H. R. Tendências e desafios da fertirrigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M.V.(Coord.) Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Ed. Agropecuária, 199. p. 155-169.

CEMIG. Estudo de Otimização Energética. Belo Horizonte, 1993. 22p.

CHRISTIANSEN, J. E.; DAVIS, J. R. Sprinkler irrigation systems. In: HAGAN, R. M.; HAISE, H. R.; EDMINSTER, T. W. (Eds.). Irrigation of agricultural lands. 3. ed. (Agronomy number 11) Madison: American Society of Agronomy, 1974. p. 884-904.

CHRISTOFIDIS, D. Os recursos hídricos e a prática de irrigação no Brasil e no mundo. Revista Item, n. 49, p. 8-13. 2001.

DOORENBOS, J. e KASSAN, A. H. Yeld response to water. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33). Rome: FAO, 1979. 193p.

EDLING, R. J. Kinetic energy, evaporation and wind drift of droplets from low pressure irrigation nozzles. Transaction of the ASAE, St. Joseph, v.28, n.5, p. 1543-1550, 1985.

- GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; SOUZA, J. R. A qualidade da água de irrigação. In: FOLEGATTI, M.V.(Coord.) Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Ed. Agropecuária, 199. p. 155-169.
- GONZAGA NETO, L. Cultura da goiabeira. Petrolina, PE: Embrapa – CPATSA, (Embrapa – CPATSA. Circular técnica, 23). 1990. 26p.
- GONZAGA NETO, L. Goiaba – Produção: Aspectos Técnicos. Embrapa – Semi-Árido (Petrolina, PE) – Brasília: Embrapa – Informação Tecnológica, 2001, 72p.
- HEERMANN, D. F.; KOHL, R. A. Fluid dynamics of sprinkler system. In: JENSEN, M.E.(ed.) Design and operation of farm irrigation systems. St. Joseph: ASAE, (Monograph, 3).1983. p. 581-618
- HERNANDEZ. A. J. M.; RODRIGO LOPEZ, J.; PEREZ REGALADO, A.; GONZALEZ HERNANDEZ, F. El riego por goteo. Madrid, 1987. 317 p.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. Sprinkle and trickle irrigation. Van Nostrand Reinold, New York, 1990. 652p.
- KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design. Rain bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.
- KINCAID, D. C.; SOLOMON, K. H.; OLIPHANT, J. C. Drop size distributions for irrigations sprinklers. Transaction of the ASAE, St. Joseph, v.39, n.3, p.839-845, 1997.
- LÓPEZ, J. R.; ABREU, J. M. H.; REGALADO, A. P.; HERNÁNDEZ, J. F. G. Riego Localizado. Madrid, España: Mundi-Prensa, 1992. 405p.
- MANTOVANI, E. C. A Irrigação do Cafeeiro. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada, Araguari-MG, Universidade Federal de Viçosa – Resumos Expandidos (Boletim Técnico n.4). Viçosa, MG. 2001 p. 2-23.
- MANTOVANI, E. C. Apostila : Manejo da Irrigação (Agronomia de Irrigação de Sistemas Pressurizados) In: I Curso de Atualização em irrigação na visão do agronegócio Fortaleza – CE , 2002 59p.
- MANTOVANI, E.C.; ESPÍNDULA NETO, D.; SIMÃO, F.R. Irrigação de Fruteiras Tropicais: Utilização do Sistema “Irriga” In: ZAMBOLIM, L. Manejo Integrado de Doenças e Pragas: Produção Integrada Fruteiras Tropicais. 5º encontro sobre Manejo Integrado de Doenças e Pragas de fruteiras tropicais, Viçosa, MG, 2003, p.331-380

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. Manejo de irrigação em hortaliças. EMBRAPA – SPI, Brasília – DF, 1994, p. 60.

MARTÍN-BENITO, J. M. T. El riego por aspersión y su tecnologia. Madrid, España: Mundi-Prensa, 1995. 491p.

NEILSEN, G. H.; HOYT, P. B.; NEILSEN, D. Soil chemical changes associated with NP-fertigated and drip irrigated high-density apple orchards. Canadian Journal of Soil Science, n.75, p.307-310, 1995.

PAZ, V. P. S. Condições ótimas de operação de sistemas de irrigação por aspersão. Piracicaba, SP: ESALQ, 1995. 124p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, 1995.

PAZ, V. P. S. Perdas de água e uniformidade de distribuição na irrigação por aspersão. Viçosa, MG: UFV, 1990. 59p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1990.

PINTO, J. M. Fertirrigação em fruticultura irrigada – p.14-23. In: Irrigação e Tecnologia Moderna – ITEM. n.49, ABID,2001, 82p.,

PIZARRO, C. F. Riegos localizados de alta frecuencia. Madrid: Mundi-Prensa, 1987. 461 p.

POLÍTICA NACIONAL DE RECURSO HÍDRICOS. Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Gráficos Charbel. 1997. p. 35.

QUARESMA FILHO, M. I. M. Avaliação dos sistemas de irrigação por microaspersão na fruticultura dos projetos Gurutuba e Jaíba. Viçosa, MG: UFV, 1999. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.

RUGGIERO, C.; et al. Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção. Brasília: EMBRAPA, (Publicação técnica da FRUPEX, 19). 1996. 64 p.

SAN JUAN, J. A. M. Riego por gotejo. Teoria y practica. 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1988. 256 p.

SILVA, J. G. F. da (1999) Efeitos de diferentes lâminas e freqüências de irrigação sobre o desenvolvimento e a produtividade do mamoeiro (*Carica papaya* L.). Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV. 90 p.

SIMÃO, A. H. Influência da percentagem de área molhada no desenvolvimento da cultura da bananeira irrigada por microaspersão. Viçosa – M. G., 2002 80p. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, 2002.

SOARES, J.M. Irrigação In: GONZAGA NETO, L. Goiaba Produção: Aspectos Técnicos - Embrapa Semi-Árido (Petrolina, PE), 2001. p.44-64.

SOUZA, E. F., BERNARDO, S., COUTO, F.A. A. Influência da irrigação na goiabeira (*Psidium guajava* L. var. Ogawa III). II: Florescimento e vingamento dos frutos. In: Simpósio Brasileiro sobre a Cultura a Goibeira, 1., 1997, Jaboticabal. Anais...Jaboticabal: UNESP-FCAV/FUNEP/GOIABRAS, 1997. p.170.

VEIHMEYER, F. J.; HERDRICKSON, A. H. Soil moisture in relation to plant growth. *Annes. Rev. Plant. Physiol.*, v. 1, p. 223 – 304. 1950.

VILLAS BÔAS, R. L.; BULL, L. T.; FERNADES, D. Fertilizantes em fertirrigação. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). *Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças*. Guaíba: Ed. Agropecuária, 1999. p.293-320.