

CAFEICULTURA IRRIGADA BASES TECNOLÓGICAS PARA SUSTENTABILIDADE

EVERARDO CHARTUNI MANTOVANI¹

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura irrigada é uma realidade no cenário nacional, ocupando cerca de 8% da sua área plantada, permitindo situar o cafeeiro entre as principais culturas irrigadas do Brasil. Levantamentos preliminares avaliaram um total de quase 200.000 ha irrigados (EMBRAPA, 1999), concentrados principalmente no Norte do Espírito Santo, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba em Minas Gerais e Oeste da Bahia.

Apesar da maior concentração das áreas irrigadas, em regiões onde existem restrições hídricas importantes em períodos extensos do ano, é grande também a implantação de projetos de irrigação em áreas tradicionais de cafeicultura, como as regiões do Sul e da Zona da Mata de Minas Gerais e diversas regiões do Estado de São Paulo.

Um aspecto importante que possibilitou o avanço da cafeicultura irrigada é a disponibilidade dos sistemas de irrigação mais modernos a preços cada vez mais competitivos. Estes sistemas incorporam os grandes avanços técnicos da engenharia de irrigação, cabendo destacar a nova geração de aspersores, diferentes modelos de pivô central e a nova linha de emissores, gotejadores autocompensantes, novos sistemas de filtragem, programadores computadorizados para controle da irrigação, fertirrigação etc.

Para dar suporte ao crescimento e desenvolvimento da cafeicultura irrigada, é necessário o desenvolvimento de um programa de pesquisa, que de forma objetiva e integrada possa trazer respostas efetivas aos diversos problemas enfrentados pelos cafeicultores nas mais distintas regiões produtoras.

¹ Professor Titular do DEA – UFV, Viçosa, MG. Bolsista do CNPq, Pesquisador e Ex-Coordenador Nacional do Núcleo de Cafeicultura Irrigada – PNP&D Café - EMBRAPA - E-mail: everardo@ufv.br. Fone: (0xx31) 3899-1913

2. O NÚCLEO DE CAFEICULTURA IRRIGADA DO CONSÓRCIO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO CAFÉ

Em março de 1997 durante reunião de pesquisadores da área de cafeicultura na cidade de Varginha, MG, foi apresentado o Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, coordenado pela EMBRAPA, instituição esta com a missão de potencializar e coordenar a pesquisa brasileira na cafeicultura. Foram criados diversos núcleos, responsáveis por coordenar a pesquisa na cafeicultura nas diversas áreas de conhecimento, sendo que na oportunidade foi proposto e criado o Núcleo de Cafeicultura Irrigada (NCI).

O Núcleo de Cafeicultura Irrigada nasceu com a missão de potencializar a pesquisa em cafeicultura irrigada, enfocando temas específicos da área e também a interação com as demais áreas de condução da cultura.

Cabe destacar a necessidades do estabelecimento de critérios de aplicação de água na cultura (quando e como irrigar) para as diversas regiões e para os vários sistemas de irrigação, padrões de qualidade mínimos dos equipamentos recomendados para irrigação do cafeeiro e a necessidade de definição de um pacote tecnológico para cafeicultura irrigada, questionando todos os mecanismos, aplicações e recomendações importadas do sistema de cafeicultura não irrigada.

Também é importante ressaltar a necessidade de participar ativamente da condução de trabalhos de conservação do meio ambiente nas áreas de implantação da cafeicultura irrigada, como forma de possibilitar a exploração sustentável dos recursos hídricos existentes, e com isto a manutenção dos benefícios proporcionados pela cafeicultura irrigada.

O Núcleo de Cafeicultura Irrigada tem trabalhado para gerar e adaptar tecnologia de produção de café sob regime de irrigação total ou suplementar, de modo a permitir altas produtividades contínuas e economicamente viáveis sem que haja degradação do meio ambiente.

Nestes anos de atuação do NCI, realizou-se um grande esforço inter-institucional com diversas reuniões e encontros realizados, visando discutir os temas relacionados à cafeicultura irrigada. Neste período também foram

analisados e aprovados cerca de 40 projetos de pesquisas relacionadas ao tema, envolvendo mais de 15 instituições de pesquisa localizadas nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Bahia, Goiás, Rio de Janeiro e do Distrito Federal.

Foram definidas, de comum acordo entre os diversos setores, nove demandas principais de pesquisa para a cafeicultura irrigada, assim discriminadas:

- Determinação das necessidades hídricas da cultura do café em condições de irrigação;
- Manejo da água nas distintas fases fenológicas da cafeicultura irrigada em diferentes ecossistemas;
- Estudo técnico-econômico de sistemas de irrigação para o cafeeiro;
- Estudo de aplicação de defensivos e fertilizantes via água de irrigação;
- Diagnóstico técnico-econômico da cafeicultura irrigada;
- Manejo da cultura em condições irrigadas;
- Levantamento da disponibilidade hídrica (em quantidade e qualidade) de regiões aptas à cafeicultura irrigada;
- Estudo do impacto ambiental decorrente da irrigação na cultura do café;
- Utilização de águas residuárias, dejetos de animais e subprodutos da agroindústria na irrigação;

Um outro avanço que o programa de pesquisa em cafeicultura tem possibilitado é referente à mão de obra especializada para o desenvolvimento da cafeicultura irrigada, tanto em nível de pesquisa quanto ao operacional de campo. Foram disponibilizados recursos para um programa de bolsas, envolvendo profissionais de diversos níveis e também estudantes de graduação, mestrado e doutorado. Estes profissionais, com dedicação exclusiva ao tema da cafeicultura, além de auxiliar na condução dos trabalhos de pesquisas em andamento durante a vigência da bolsa (máximo de dois anos), estão sendo capacitados para assumir importante papel na cafeicultura brasileira.

Do ponto de vista da cafeicultura irrigada, tais esforços permitem vislumbrar um grande avanço nos conhecimentos que permitam responder a curto e médio prazo, as seguintes perguntas:

- Existe viabilidade (técnica, econômica e ambiental) na irrigação do cafeeiro? Como? Quando? Onde?
- Como manejar a irrigação do cafeeiro? Quando e quanto irrigar

- a cultura?
- Quais as recomendações para condução do cafeeiro em condições irrigadas?
 - Como compatibilizar a irrigação do cafeeiro e a preservação do meio ambiente?

3. EFEITOS DA IRRIGAÇÃO NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO E NA QUALIDADE DA BEBIDA

Os primeiros trabalhos consistentes de pesquisa com a cafeicultura irrigada foram apresentados há quase 60 anos. Daker (1984) cita diversos resultados de trabalhos de pesquisa em cafeicultura irrigada realizados nas décadas de 40 e 50, onde destacam-se os trabalhos pioneiros de Lazzarine, Medcalf, Tosello, Reis, Mess no estado de São Paulo, Daniel e Daker em Minas Gerais, que propiciaram o início da irrigação por aspersão no Brasil.

Santinato et al. (1997) citam que apesar dos primeiros trabalhos experimentais terem sido realizados no Instituto Agronômico de Campinas a partir de 1946, somente após 1984 começaram a tomar vulto, conseqüência da invasão de áreas consideradas marginais à cultura quanto ao parâmetro climático de déficit hídrico. Apresentam também resultados de produtividade da cafeicultura irrigada em diversas regiões produtoras do Brasil

Para exemplificar apresentar-se-á algumas informações de resultados de pesquisa para algumas regiões produtoras, com ênfase em áreas com pouca tradição na cafeicultura irrigada. No Quadro 1 apresenta-se a produtividade, em sacas por hectare, de três colheitas e a média destas, de um cafeeiro variedade catuaí com 8 anos na região de Viçosa M-G. Tais resultados permitem verificar diferenças importantes entre o tratamento irrigado e não-irrigado, cuja média dos três anos indica produtividade 80% superior nos tratamentos irrigados.

Resultados semelhantes foram encontrados por Santinato et al. (1996), que comparando a produtividade de cafeeiros irrigados em relação a cafeeiros não irrigados, na região de Mogiana paulista, encontraram produtividades 48% superiores para os tratamentos irrigados.

Quadro 1- Produtividade em sacas (60 kg) de café beneficiado por hectare (12% de umidade), para os tratamentos aplicados durante os anos de 2000 e 2002.

Tratamento	Produtividade (sacas/ha)*			
	2000	2001	2002	Média
Não Irrigado	41,6	54,8	24,5	40.1
Irrigado	75,0	86,8	56,4	72.6

Antunes et al. (2000b) apresentam resultados de pesquisa que vem foram desenvolvida na localidade de Rio Preto, Minas Gerais, com objetivos de acompanhar o desenvolvimento da cultura do cafeeiro irrigado (gotejamento) e não-irrigado. A lavoura de café ocupa uma área de 15 ha (cultivar Catuaí Vermelho), com idade média de oito anos e espaçamento médio de 2,5 x 1,0 m, onde estudou-se comparativamente a produção do cafeeiro antes e depois da adoção da irrigação, além do uso da fertirrigação. O controle foi feito em parcelas experimentais instaladas em pontos representativos da propriedade.

Quadro 2- Valores de produtividade do cafeeiro (catuaí, oito anos de idade e espaçamento médio de 2,5 x 1,0 m para os anos de 1998, 1999 e 2000 para os tratamentos irrigados e não-irrigados em Rio Preto, MG.

Ano	Produtividade (sacos/ha)		
	Não-Irrigado	Irrigado	Irrigado-fertirrigado
1998	25,5	-	-
1999	8,4	-	42,8
2000	35,0	58,0 (66%)	78,0 (123%)

* Os números entre parênteses indicam o percentual de aumento em relação ao tratamento não-irrigado.

Os resultados do primeiro e do segundo ano de pesquisa (Quadro 2) comprovam os reais benefícios da irrigação do cafeeiro e da adoção da fertirrigação, onde se observa para o último ano um aumento de 66 e 123%, respectivamente, para as áreas Irrigada e Irrigada-fertirrigada.

A região Sul de Minas Gerais detém cerca de 22% da área cafeeira nacional e destaca-se pela produção sem a utilização da irrigação. Nestas condições Faria et al. (2000) apresentam resultados de pesquisa em que um dos objetivos foi o de avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação na produtividade do cafeeiro. A cultivar Acaia MG-1474 foi plantada em março/97, em Lavras MG, espaçadas de 3,0 x 0,6 m. Os tratamentos consistiram de lâminas de reposição de água no solo resultantes do produto da evaporação acumulada no tanque Classe A e os fatores 100, 80, 60, 40 e 0 % aplicados pelo método de gotejamento. Os resultados são apresentados na Quadro 3, e conclui-se que a irrigação do cafeeiro produziu efeitos significativos sobre a sua produtividade, com aumento de produtividade da ordem de 25 a 54% na safra 98/99 e 79 a 150% na safra 99/00.

Quadro 3- Produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Acaia MG1474– primeira (1999) e segunda (2000) colheitas. UFLA, Lavras - MG.

Tratamento ¹ (%)	Produtividade (sacos/ha)	
	por safra	
	1998/99	1999/2000
0 (Não irrigado)	47	34
40	59	61
60	62	72
80	59	81
100	72	85

¹ Percentagem em relação a evaporação do tanque classe A.

No Paraná, condições edafoclimáticas possibilitam uma cafeicultura sem irrigação na quase totalidade das áreas produtoras, que correspondem

hoje a 7% da área nacional. Mesmo nestas condições tem surgido experiências de sucesso, como o uso da irrigação na antecipação do plantio, que possibilita a otimização na utilização da mão-de-obra, recursos e com a grande vantagem de antecipação da primeira colheita. A seguir é apresentado um depoimento elucidativo, de um dos cafeicultores mais ilustre do Brasil, e com uma ampla folha de serviços prestados a agropecuária do Brasil.

CAFÉ: PLANTIO IRRIGADO EM OUTUBRO

De todos os sistemas e modificações no trato do café que a equipe da Fazenda Jamaica, em Ribeirão Claro/PR, desenvolveu, talvez o mais simples e de maior resultado, tenha sido plantar café em Outubro, irrigado.

A prática tradicional é plantar em Abril/Maio para escapar dos veranicos e altas temperaturas. Tal café iria produzir a primeira safra dali a 2 1/2 anos ou seja após 2 verões de crescimento. Plantando em Outubro, anterior ao clássico, teremos a safra após os mesmos 2 verões porém um ano antes. Não é pouca coisa.

Tal façanha só é possível pela irrigação. Além disso, na nossa prática, como o café é plantado com tempo seco, cada trabalhador produz cerca de 400 mudas plantadas por dia (inclusive tratorista) contra cerca de 200 mudas em dias de chuva. Também o transporte é muito mais fácil na seca. Plantado, irriga-se.

A porcentagem a replantar é muito menor e a aflição de um veranico, inexistente. A irrigação continua durante todo o tempo necessário e com o aumento de temperatura em Agosto e Setembro do ano seguinte, o desenvolvimento é muito maior do que o normal. Após Setembro muda-se o equipamento para o novo plantio.

É nossa constatação que talhões assim plantados produzem no mínimo 1 a 1,5 litro a mais por pé, ou seja 20/30 sacas beneficiadas por hectare nos espaçamentos de 10.000 pés/hectare.

São, pois, vantagens importantes: a) Um ano mais cedo na colheita; b) Maior rendimento de mão-de-obra no plantio; c) Menor número de replantas; e d) Maior produção na primeira safra. Enfim muito melhor. (Luiz M. S. Hafers - Abril/99)

É importante ressaltar que existem muitas situações e épocas onde

a irrigação do cafeeiro não apresenta viabilidade. Por exemplo Barros e Barbosa. (2000), em estudos comparativos entre épocas de irrigação em relação à testemunha não-irrigada, durante três colheitas em Martins Soares, Zona da Mata mineira, não encontraram diferença estatística entre os tratamentos e a testemunha, para as safras de 1998, 1999 e 2000 e para a média destes anos. Os autores atribuíram essa não-resposta ao balanço hídrico local, que mostrou déficits hídricos significativos apenas em curtos períodos, no decorrer do experimento, e aos solos húmicos, bem corrigidos, apresentando assim boa retenção de água e aprofundamento de raízes.

Não é novidade que a produção do cafeeiro ocorre nos ramos desenvolvidos no ano anterior, e, neste caso, existe uma relação direta entre desenvolvimento, produtividade e crescimento vegetativo, medido em números de entrenós emitidos entre as duas floradas (Soares,2001). Malavolta (1986), chama a atenção para a importante relação entre o número de folhas e o número de gemas reprodutivas, pois uma desfolha acentuada pode afetar a produtividade do ano seguinte.

No Quadro 4 estão os valores medidos de número de entrenós, o número de pares de folhas de um cafeeiro variedade catuaí com 8 anos na região de Viçosa M-G, para os dois anos de aplicação dos tratamentos (Soares,2001). Os valores de retenção de folhas encontrados são considerados bons mesmo para o tratamento não irrigado, pois são comuns níveis de desfolha de até 50%. Os altos valores de retenção podem ser atribuídos ao manejo adequado de pragas e doenças.

Quadro 4- Números de pares de folhas, de entrenós emitidos para os anos 2000 e 2001.

Tratamento	Nº de Pares de Folhas		Nº de Entrenós	
	2000	2001	2000	2001
Não Irrigado	4,31	4,74	4,81	5,10
Irrigado	8.29	7.65	8.83	8.01

Embora as comparações para períodos curtos (dois anos) possam dar indicativos do potencial do uso da irrigação, é importante a continuidade

das medidas para obtenção de séries mais longas que reflitam com segurança o potencial de retorno do investimento. De forma geral conclui-se que a irrigação é um importante instrumento para aumento da produtividade, e juntamente com a fertirrigação possibilita a manutenção em patamares elevados e uniformes.

Assim, como o êxito da cafeicultura deve ser analisado para períodos de vários anos, a adoção da cafeicultura irrigada deve seguir os mesmos princípios, exigindo para isto infra-estrutura e manejo compatíveis. Neste ponto é importante distinguir a cafeicultura irrigada de uma molhação eventual, pois a primeira trata-se de uma atividade continuada, com controles específicos e bem definidos e com análise integrada de fatores, e a segunda uma atividade isolada e sem compromisso com um sistema de produção de longo prazo.

Estudos sobre o efeito da irrigação na qualidade final da bebida do café são escassas e inconclusivas, não existindo informações que permitam associação da irrigação, com qualidade de bebida e qualidade física do café. No entanto, é conhecido que a irrigação está associada a vários aspectos que direta ou indiretamente contribuem para a determinação da qualidade final do produto (qualidade de bebida), uma vez que a água possui importância capital em todas as etapas de desenvolvimento da cultura. Araujo, 1982 verificou que a irrigação, além proporcionar maior produtividade, influenciou para melhora do produto quanto à qualidade de bebida com também no aspecto do café.

Camargo (1987) associou a ocorrência de déficit hídrico na fase de chumbinho até a fase de enchimento de grãos (entre a 10 e 17 semanas após o florescimento) com o tamanho final do grão cereja. Na fase chumbinho ocorre a fase de expansão da membrana, denominada de pergaminho, que terá influência direta no crescimento do fruto afetando drasticamente o tamanho final do grão cereja. Mendes, citado por Rena et al. (1986), relatou que esta fase é extremamente sensível ao déficit hídrico, pois é quando o tamanho do endocarpo (pergaminho) delimita o tamanho da semente.

Karasawa, 2002 estudando o efeito de diferentes épocas de irrigação sobre a qualidade bebida do café, na região de Lavras MG, observou influência na classificação de xícara apenas para irrigação aplicada no período de abril a julho, época da colheita.

Um outro fator que afeta diretamente a qualidade do café, é a uniformidade de florada, porém, o efeito do déficit hídrico sobre a iniciação floral não tem sido investigado sistematicamente, sendo difícil correlacionar os dois fenômenos por meio de observações fenológicas (Rena e Maestri,

1986). No Sudeste do Brasil, Barros e Maestri (1973) constataram que a iniciação floral ocorre à medida que os dias encurtam, a temperatura reduz e a estação seca avança.

A uniformidade da floração é um importante aspecto a ser considerado no manejo da cafeicultura irrigada, pois tem implicações diretas na uniformidade de maturação dos frutos de café, que, por sua vez, terá grande influência na qualidade final do produto. Cannell (1983) afirmou que a uniformidade das floradas e, conseqüentemente, da colheita está intimamente ligada à quebra da dormência floral e à subsequente antese. Do ponto de vista prático, um maior ou menor período de dormência faz com que botões iniciados em diferentes ocasiões possam alcançar o mesmo grau de desenvolvimento, ao final de certo tempo, e com isto estabelecer uma uniformização das floradas gregárias do café (Rena e Maestri, 1986).

Soares (2001) estudando o efeito da irrigação sobre a quebra da dormência do botão floral e conseqüentemente na uniformidade de florada, não observou, para todos os tratamentos, efeitos da irrigação no retorno do crescimento dos botões florais. No entanto, a ocorrência de uma chuva desencadeou o crescimento dos botões florais, visto que 13 dias após a sua ocorrência todos os tratamentos floriram. A influência da chuva provavelmente se deve à redução da temperatura e queda do déficit de pressão de vapor conforme sugerem vários autores (Mes, 1957a; Browning, 1977; Rena e Maestri, 1986).

4. SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

A irrigação do cafeeiro tem sido realizada preferencialmente com uso de sistemas pressurizados por aspersão ou localizados. Inclusive, deve-se destacar que o início da irrigação pressurizada no Brasil ocorreu na década de 50 com a cultura do café, principalmente, no Estado de São Paulo.

Dentre os sistemas de irrigação existentes, destacam-se a irrigação por aspersão convencional, autopropelidos, pivô central e o gotejamento, os quais serão detalhados a seguir.

A definição de sistemas de irrigação mais adequados ou adaptados a um determinado sistema de produção tem sido amplamente discutido. A irrigação do cafeeiro representa importante fatia do mercado de venda de

equipamentos e, muitas vezes interesses comerciais tem sido levado mais em consideração do que razões técnicas e econômicas.

É importante que o cafeicultor tenha conhecimento das diversas possibilidades para que possa definir de maneira adequada qual sistema é o melhor para sua lavoura. A definição deste aspecto deve levar em consideração vários aspectos como área, topografia, qualidade da água, tipo de solo, clima, capacidade de investimento, espaçamento da cultura, mão de obra disponível, assistência técnica, entre outros.

Dentre os sistemas de irrigação existentes, destacam-se a irrigação por aspersão convencional (com aspersores normais e canhão hidráulico), autopropelidos, pivô central e o gotejamento. No caso da cafeicultura de montanha a topografia, juntamente com os fatores climáticos (principalmente distribuição das chuvas) e o tamanho das áreas de produção tem sido os fatores decisivos na definição dos métodos de irrigação mais recomendados, sendo que a irrigação tem sido realizada quase que exclusivamente com sistemas de aspersão convencional e gotejamento.

Considerando o grande volume de água exigido na irrigação e considerando a necessidade de otimizar a utilização, um dos aspectos importantes que está sendo analisado na escolha do método de irrigação é a eficiência com que o mesmo irriga a cultura.

A irrigação por **Aspersão Convencional** é um método de irrigação em que a água é aspergida sobre a superfície do terreno, assemelhando-se a uma chuva, por causa do fracionamento do jato de água em gotas. Estes sistemas são geralmente constituídos de tubulações fixas na linha principal e portáteis nas linhas laterais, com características que as tornem de fácil transporte, instalação e montagem, de tal modo que as operações sejam exequíveis, manualmente. É um sistema de manejo simples, e por este motivo, muito utilizado no meio rural.

As principais vantagens deste tipo de sistema são a sua adaptabilidade aos diversos tipos de topografia e solo, a menor exigência no que diz respeito à qualidade da água, quando comparado ao sistema localizado, e o baixo custo de implantação por área. Como principais desvantagens pode-se destacar a alta exigência de mão de obra no manejo diário da irrigação, os altos custos, em alguns casos, com bombeamento, e a influência de determinadas condições climáticas (Temperatura, Umidade Relativa e Vento) na qualidade da irrigação.

Dependendo do comprimento da linha lateral, a sua mudança de posição pode requerer de vinte minutos à uma hora acarretando em uma

diminuição do tempo útil de irrigação além da mobilização de boa parte da mão de obra disponível para se executar o serviço.

A irrigação por aspersão convencional pode utilizar diferentes tipos de aspersores, que variam de tamanho (pequeno, médio ou canhão), número de bocais (1 ou 2), material (plástico, ferro), vazão, tamanho de gotas etc. Na figura 1 apresenta-se uma vista de um sistema com várias linhas de irrigação em funcionamento.



Figura 1- Sistema de aspersão convencional.

O fato de tal sistema ser muito comum no meio rural tem implicado na importação dos vários problemas, como: instalação de sistemas sem um adequado projeto de engenharia, manejo inadequado do sistema quanto a regulagem da pressão e vazão nos aspersores, mistura de aspersores nas linhas de irrigação, entre outros. É um método exigente em mão-de-obra para mudança das tubulações dos aspersores, sendo que um bom projeto pode otimizar o seu uso, pela escolha adequada do aspersor, utilização de linhas de espera, adequada distribuição dos sistemas no campo, utilização de acessórios adequados etc.

Na implantação deste sistema para irrigação do cafeeiro tem sido comum a utilização de sistemas denominados de portáteis, ou seja, sistemas em que a motobomba, tubulação adutora, principal e laterais, além dos aspersores são movimentadas de um ponto ao outro da fazenda. Tal sistema, apesar do menor custo inicial, tem trazido inúmeros inconvenientes a uma irrigação de qualidade. O fato da total mobilidade tem trazido uma demora na irrigação de várias áreas comprometendo a produtividade da mesma, em

função da dificuldade de transportar os equipamentos rapidamente de uma área a outra, em outras palavras se perde muito tempo na preparação do sistema.

Um exemplo desta ocorrência foi observado em diversas áreas da Zona da Mata em que um veranico acentuado nos meses de janeiro e fevereiro de 2001 não foi adequadamente evitado em várias áreas irrigadas, função da inércia operacional de retirar o conjunto de irrigação dos galpões e montá-los no momento adequado. Na dificuldade e no trabalho necessário para montar todo sistema de irrigação, atrasavam muito o início da irrigação, comprometendo a produção e a qualidade final do produto (peneira e bebida).

Devido aos aspectos levantados, recomenda-se a implantação de sistemas de irrigação por aspersão convencional do tipo semi-portátil, ou seja, a motobomba e as tubulação mais difíceis de montagem rápida (adutora e principal) são fixas e a linha lateral e os aspersores se movimentam. Tal montagem encarece um pouco o custo do projeto (20 a 30%) mas garantem uma irrigação no momento certo, de qualidade e com menos emprego de mão de obra.

Os sistemas de irrigação por aspersão convencional caracterizam-se pela exigência de mão de obra na mudança das linhas e aspersores, o que em muitos sistemas de produção torna-se um fator de limitação do mesmo. Diversas estratégias podem ser utilizadas para minimizar ou eliminar o problema, sendo que cabe ao projetista a escolha da mais adequada para uma determinada situação. Dentre as possibilidades mais comuns podemos citar as seguintes:

- Utilização de canhão hidráulico (maior espaçamento);
- Utilização de mangueiras e tripés;
- Utilização de sistemas fixos enterrados (malha).

O sistema de canhão hidráulico (Figura 2) é uma variação do sistema anterior, em que a modificação é a utilização de aspersores maiores, que possibilitam maior espaçamento entre linhas laterais e aspersores, e com isto menor utilização de mão-de-obra, possibilitando irrigação de áreas maiores. Tais sistemas exigem maior consumo de energia em função da maior pressão necessária para funcionamento do aspersor, embora tenham surgido nos últimos anos aspersores canhões mais eficientes que trabalham com pressões mais baixas.



Figura 2- Sistema de aspersão por canhão hidráulico.

A utilização de mangueiras flexíveis para facilitar a movimentação das linhas de aspersores é um sistema simples, pouco implantado no Brasil, porém bastante utilizado em alguns países da África e na Espanha, apresenta-se com grande potencial de uso na cafeicultura irrigada de montanha.

Trata-se da utilização de mangueiras flexíveis, que utilizadas conectadas à linha lateral em uma extremidade e ao aspersor, sustentado por um tripé, em sua outra ponta de tal modo que com uma posição montada de linha lateral, é possível se fazer 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 (com uma certa folga para facilitar o posicionamento).

As grandes vantagens do sistema com mangueiras flexíveis são:

- Diminuição do número de mudanças da linha lateral, havendo possibilidades em alguns casos, principalmente quando o produtor possuir linhas de espera (sobra), de o sistema tornar-se semifixo;
- Redução no tempo de mudança de posição dos aspersores e diminuição da necessidade de mão de obra para executar tais mudanças;
- Possibilidade de irrigação durante a noite, uma vez que não haverá necessidade de desmontagem e montagem de tubulação, quando em muitos locais a energia apresenta tarifas reduzidas possibilitando assim

uma diminuição nos custos de produção e uma ampliação do tempo diário de irrigação.

- Possibilidade de obtenção de uma melhor uniformidade de aplicação de água em culturas arbóreas (Banana, Goiaba, etc) irrigadas subcopa, devido a maior maleabilidade dos aspersores podendo estes ser mais bem posicionados entre as plantas e conseqüentemente propiciando uma melhor distribuição de água para a cultura.
- Facilidade de adaptação do sistema com mangueiras a um sistema de aspersão convencional comum.

Nas figuras 3, 4 e 5 apresenta-se os esquemas referentes a distribuição do sistema no campo (3), sistema mangueira-aspersor (4) e detalhe do tripé recomendado (5)

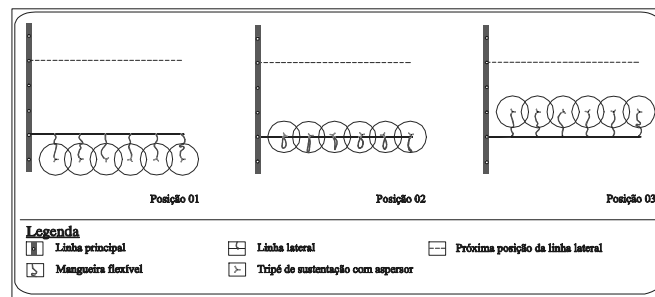


Figura 3- Esquema da distribuição e movimentação do sistema de mangueiras no campo.

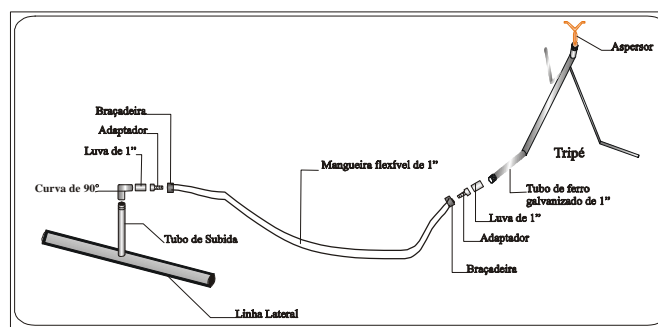


Figura 4- Esquema da conexão na linha lateral, mangueira, tripé e aspersor dos sistema de mangueira.

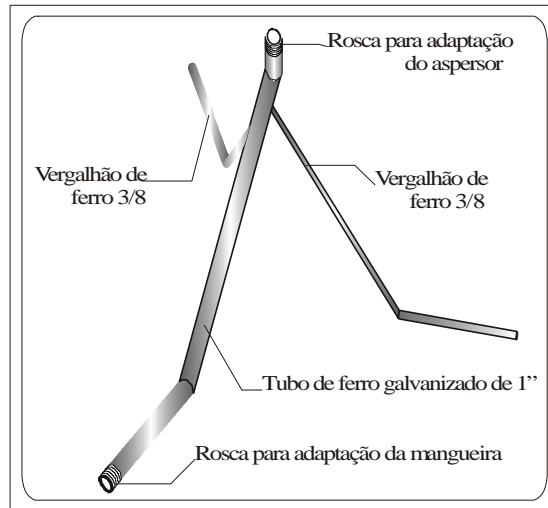


Figura 5- Esquema com detalhe do tripé de suporte do aspersor no sistema de irrigação com mangueiras.

Uma observação final referente a utilização de mangueiras refere-se ao manejo da mesma em condições de terrenos com elevada declividade. Neste caso é possível que a estabilidade do tripé possa ficar comprometida, devendo o usuário alterar o formato do mesmo para adaptar a esta situação.

A irrigação por aspersão do tipo malha refere-se a um tipo de projeto que se caracteriza pela utilização de tubulação de PVC de baixo diâmetro que são enterradas e interligadas em um sistema denominado de malha. Em cada um dos pontos de instalação dos aspersores é instalado um tubo de subida fixo, que é vedado por um simples tampão de PVC, que são retirados manualmente para instalação dos aspersores. Utiliza-se aspersores de diferentes tamanhos, que se movimentam pelos suportes. Nas figuras 6, 7 e 8 apresentam-se detalhes do sistema que podem auxiliar no entendimento do sistema.



Figura 6- Vista de um cafezal novo com sistema de irrigação do tipo malha. Estacas de madeiras são suportes do tubo de subida do aspersor.



Figura 7- Vista de um cafezal irrigado pelo sistema de irrigação do tipo malha.



Figura 8- Detalhe do aspersor em funcionamento em sistema de irrigação do tipo malha.

Trata-se de um sistema muito utilizado em alguns países e que no Brasil teve sua divulgação nos últimos anos na irrigação de pastagem. Tem se adaptado muito bem a irrigação do cafeeiro, irrigando inicialmente áreas pequenas, e atualmente tem sido utilizado para áreas médias e grandes devido as seguintes vantagens (Drumond e Fernandes, 2001):

- Adapta-se a diferentes tipos de terreno;
- Baixo custo de implantação quando comparados a outros sistemas;
- Baixo consumo de energia (0,6 a 1,1 CV por ha irrigado);
- Baixo consumo de mão de obra (sistema fixo que só se movimenta o aspersor, um homem opera uma área de 75 a 100 ha);
- Facilidade de operação e manutenção.

Como todo sistema também apresenta desvantagens, como: impossibilidade de automação, abertura de um grande número de valetas.

Os sistemas autopropelidos mais antigos apresentam mangueiras flexíveis e sistema de movimentação baseado em um sistema de engrenagens, carretel e cabo de aço (Figura 9A). Apresentam menor custo inicial, mas a

durabilidade da mangueira tem sido uma limitação nos custos operacionais. O segundo modelo trabalha com sistema denominado de carretel enrolador e mangueira rígida (Figura 9B).



A



B

Figura 9- Sistema autopropeleto com mangueiras flexíveis e tracionado por sistema de cabo de aço (A) e com sistema de carreta enroladora (B).

O pivô central (Figura 10) tem sido amplamente utilizado na irrigação do cafeeiro, com destaque para as regiões do Triângulo e Alto Paranaíba em Minas Gerais, Norte do Espírito Santo e Oeste da Bahia. Irriga áreas superiores a 50 ha e apresenta custo competitivo, otimizando a utilização da mão-de-obra. É um equipamento que tem permitido a expansão da cafeicultura irrigada em grandes áreas.



Figura 10- Pivô central, irrigando a cultura do café.

Em áreas uniformes e planas uma opção tem sido o plantio circular que permite a utilização de sistemas de distribuição da água sobre a fileira da planta ou sub-copa que permitem maior eficiência na utilização da água e da quimigação (Figura 11). Utilizam emissores do tipo LEPA (**L**ow **E**nergy **P**recision **A**pplication ou aplicação precisa de água com baixo consumo de energia), promovendo redução nas perdas de água durante a aplicação (vento e evaporação) com menor consumo de energia.



Figura 11- Vista de um pivô central com emissores do tipo LEPA e detalhe do plantio circular.

Tais equipamentos são recomendados para áreas planas e com boa capacidade de infiltração devido aos possíveis escoamentos superficiais devido às altas taxa de aplicação ocasionadas pelo pequeno alcance do jato.

Santinato e Fernandes (2002) afirmam que para sanar problemas as perdas de água e crescimento de matos no espaço entre fileiras em cafeeiro com espaçamento superior a três metros, adotou-se o plantio circular de café, com o sistema pivô central equipado com os emissores LEPA. Apresentam as diferenças existentes entre os emissores LEPA e os emissores convencionais, no que diz respeito a perdas de água, e informam que as perdas de água com a utilização do sistema LEPA dificilmente ultrapassam 2 a 3%, contra os 25 a 30% dos emissores (sprays) convencionais.



Figura 12- Irrigação por gotejamento na cultura do café.

A irrigação por gotejamento (Figura 12) apresenta estreita relação de aplicabilidade com a cultura do café, motivo pelo qual vem apresentando uma ampla expansão. Trata-se do sistema que melhor ajusta-se à irrigação do cafeeiro; normalmente é utilizada distribuindo a tubulação de polietileno ao lado da linha de plantio sobre a superfície do solo. Nos últimos projetos vem se debatendo o uso de sistemas enterrados, para não influenciar e não ser influenciado pelos tratos culturais e colheitas. É um sistema que apresenta maior custo por unidade de área e apresenta como principais vantagens a economia de água, a mão-de-obra e a facilidade da fertirrigação. É um sistema que exige filtragem da água para evitar o entupimento dos emissores. Os filtros são instalados no cabeçal de controle, onde também são instalados acessórios de controle de vazão e pressão, sistema de injeção de fertilizantes e outros acessórios de controle. Na figura 13, apresenta-se uma vista de dois cabeçais de controle utilizados na irrigação do cafeeiro, em dois sistemas de distintas complexidades.

A irrigação do café em várias regiões produtoras realizou-se, inicialmente, com adaptação de antigos sistemas de irrigação por aspersão, proporcionando estabilidade na produção e aumento da produtividade. Aspectos relacionados ao manejo, consumo de energia e problemas de disponibilidade hídrica impulsionaram a adoção de sistemas de irrigação

localizada. Todavia, tais sistemas apresentam custos de implantação mais elevados comparativamente aos demais, proporcionados por suas características técnicas que utilizam equipamentos de filtragem e controle, além de ser um sistema fixo permanente. Assim, por iniciativa e criatividade dos cafeicultores, começaram a surgir nesse mercado de irrigação sistemas alternativos, que utilizam emissores adaptados, com custo de produção e implantação, a curto prazo, menores que os sistemas comerciais. O desenvolvimento de tais sistemas também busca menores custos de filtragens e menores índices de obstrução, pela utilização de diâmetros de orifício dos emissores relativamente grandes.

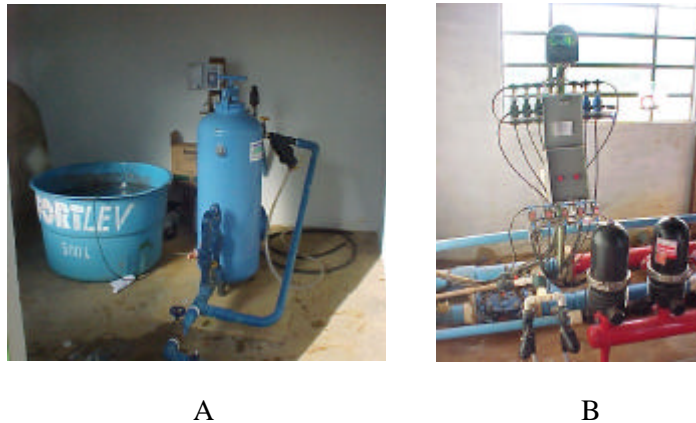


Figura 13 - Vista de dois tipos de cabeçais de controle que utilizam filtro de areia e de anéis (A) e somente filtros de anéis (B).

Um sistema alternativo de irrigação localizada com ampla utilização na cafeicultura irrigada é sistema de tubos perfurados, que ficou conhecido em algumas regiões como “tripa”. Na Figura 14, apresenta-se uma vista da forma de distribuição deste sistema entre as linhas de plantio e a forma de aplicação de água. É um sistema que apesar de demonstrar melhoria sensível dos equipamentos atuais, ainda apresenta problemas relacionados à vida útil menor que quando comparado com outros sistemas localizados, principalmente quando se utilizam sistemas móveis. Sua utilização na cafeicultura de montanha apresenta o inconveniente do menor espaçamento entre linhas que irá encarecer o sistema (como gotejamento) e também em

função da dificuldade de distribuir o sistema em áreas com declive acentuado.

Cada um dos sistemas de irrigação citados apresentam vantagens e desvantagens que devem ser analisadas de forma conveniente, antes de decidir por cada um deles. Diversos fatores afetam a decisão por um ou outro sistema, sendo que um dos que mais afeta é sem dúvida o custo.



Figura 14 - Sistema alternativo de irrigação localizada por tubos flexíveis perfurados.

A seguir apresenta-se no Quadro 5, a faixa de custo médio dos sistemas de irrigação utilizados na cafeicultura irrigada.

Quadro 5 - Faixa de custo médio para os sistemas de irrigação no cafeeiro.

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO	CUSTO (R\$/ha) ¹
Aspersão convencional móvel	1200 – 1800
Aspersão convencional semi fixo	1400 – 2000
Aspersão convencional tipo malha	1400 – 2000
Autopropelido	1500 - 2000
Pivô central	2500 – 3000
Localizado – Gotejamento	3000 – 5000
Localizado – Alternativo	1500 – 3000

¹ Preços médios de setembro de 2002.

5. ETAPAS DA IMPLANTAÇÃO DA IRRIGAÇÃO NO CAFEIEIRO

O sucesso do empreendimento de irrigação do cafeeiro depende de vários aspectos; do ponto de vista da irrigação quatro etapas são fundamentais para o êxito completo do empreendimento:

- Qualidade do projeto;
- Qualidade do equipamento;
- Qualidade da implantação do sistema no campo; e
- Qualidade do manejo do sistema no campo.

Cada uma destas etapas permite uma discussão muito longa sob seus aspectos, sendo que pontualizar-se-á os mais importantes. Com relação à **QUALIDADE DOS PROJETOS** chama atenção a necessidade de considerar a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, as características do conjunto motobomba e sua instalação, o tipo de tubulação utilizada em cada uma das partes que compõem o sistema e o tipo de engate. Também é fundamental a escolha do emissor de aplicação de água (aspersão ou localizado), que o mesmo apresente características técnicas adequadas, que o modelo seja compatível com a topografia, com o tipo de solo, com o clima etc.

Um ponto importante e nem sempre considerado de forma completa é a utilização de acessórios necessários ao bom funcionamento do sistema. Eles aumentam o custo do sistema de irrigação, mas são imprescindíveis para o bom funcionamento do sistema. Deve se ter em conta os acessórios, ou seja, que a redução no custo só pode ser conseguida, optando-se por não utilizar somente aqueles acessórios que não comprometam o funcionamento do sistema. Por exemplo, em um sistema de irrigação localizada, podemos deixar de incluir um sistema automático de início e finalização das irrigações em cada setor, mas nunca de um sistema de controle da pressão. O primeiro exigirá maior envolvimento de mão-de-obra, mas o segundo proporcionará irrigações deficientes e de baixa uniformidade. Nos diversos sistemas de irrigação existem acessórios que comprometem o adequado funcionamento da irrigação, sendo neste caso imprescindíveis. Cabe ao projetista identificá-los adequadamente, pois a classificação de imprescindíveis varia com a situação.

Na figura 15, a seguir, apresenta-se um acessório fundamental e de baixo custo para a aspersão convencional, e inexistente na quase totalidade dos sistemas implantados. Trata-se da instalação de um manômetro após o registro ou válvula de derivação, o qual permitirá o controle da pressão de serviço e conseqüentemente da vazão do aspersor e da intensidade de aplicação. Talvez a falta de controle da pressão de serviço seja um dos principais problemas associados a perdas de água em sistemas de irrigação por aspersão.



Figura 15 - Detalhe da instalação de manômetro para controle na pressão de saída de linhas laterais de aspersão convencional.

Por último, é importante ressaltar a necessidade de que os projetistas analisem a operacionalidade do que está sendo proposto. É fundamental que o sistema de irrigação escolhido apresente características que se adaptem ao sistema de produção no qual serão inseridos. Sem dúvidas a implantação do sistema exigirá mudanças de procedimentos, mas como foi citado, é necessário que a sua operação no dia a dia seja factível.

Do ponto de vista de **QUALIDADE DOS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO**, o cafeicultor brasileiro dispõe para irrigação da sua cultura, o que há de mais moderno e atual no mundo. Apesar desta disponibilidade, sistemas de irrigação por aspersão e localizado desenvolvidos e fabricados, utilizando-se os mais modernos recursos técnicos e industriais, convivem com sistemas que apresentam sérios problemas, que comprometem a qualidade e a durabilidade da irrigação, além de normalmente desperdiçarem

os recursos hídricos disponíveis.

Assim, é importante considerar a qualidade do equipamento ou o sistema a ser utilizado, levando-se em consideração neste ponto, as especificações técnicas dos mesmos, a durabilidade nas condições em que serão empregados e também as possibilidades de uma assistência técnica adequada.

Os pontos considerados anteriormente devem ser acompanhados da **QUALIDADE DA IMPLANTAÇÃO EM CAMPO**. A montagem deve seguir as especificações do equipamento e do projeto, alterando somente o mínimo necessário para poder ajustar as necessidades ou para atender alguma limitação de campo, sempre de acordo com as especificações técnicas.

Também nesta etapa é que se implementam verificações e testes dos equipamentos montados, destacando-se a verificação do funcionamento da motobomba, pressão disponível nos diversos pontos e setores, sistema de filtragem, vazão dos emissores etc. Nesta etapa deve ocorrer uma etapa fundamental para o bom manejo do equipamento, ou seja, a entrega técnica. Por entrega técnica entende-se, além da demonstração de operação dos equipamentos, a entrega da documentação que orienta o usuário, ou seja, os manuais de operação dos equipamentos, de manutenção, de cuidados e de possíveis problemas e soluções. Esta etapa é fundamental e os produtores e empresários mais experientes deixam um percentual significativo do pagamento do sistema de irrigação para após o cumprimento desta etapa, garantindo, assim, um atendimento adequado até o final do processo.

No Brasil devido às características adotadas na comercialização dos sistemas de irrigação, as três primeiras etapas (Qualidade do projeto, equipamento e de implantação) ficam sob responsabilidade das empresas que comercializam os sistemas de irrigação, sendo mais fácil por um lado, atribuir responsabilidades ao não funcionamento dos sistemas de irrigação.

Um aspecto muito importante que resume a possibilidade de controle por parte do produtor com relação aos três pontos anteriores é a exigência do que denominamos de **ENTREGA TÉCNICA**. Neste momento o comprador deve receber todas as informações referentes ao sistema que foi instalado (inclusive manuais técnicos da motobomba, emissor, sistema de filtragem, sistema de programação etc.), receber um treinamento de como operar o sistema com confiabilidade e segurança, informações sobre manutenção preventiva e corretiva do sistema, entre outras. Quando necessário o produtor deverá estar acompanhado de pessoal qualificado

para auxiliá-lo neste processo. Para as firmas qualificadas esta etapa é parte do processo e ocorre naturalmente, mas por garantia é recomendável deixar uma parcela do pagamento para depois desta etapa.

O último ponto a ser tratado refere-se à **QUALIDADE DO MANEJO DA IRRIGAÇÃO**, e será tratado em um item independente a seguir. Mas antes, é importante lembrar que muitos dos pontos anteriores ficam comprometidos por dois aspectos: capacitação técnica da firma que projeta e do equipamento que representa em primeiro lugar, e em segundo, pela política de produtores e empresários de decidirem apenas pelo menor preço. É necessário que a escolha do melhor projeto (no sentido amplo: projeto, equipamento, implantação etc.) seja feita pelo produtor com conhecimento de causa, ou com auxílio de assessoria técnica especializada e independente.

6. MANEJO DA IRRIGAÇÃO NO CAFEIEIRO

Apesar do intenso debate sobre qual método de irrigação é mais adequado para o cafeeiro, não existe uma resposta. Como foi colocado anteriormente, uma série de fatores definirá qual sistema é mais adequado para uma determinada situação. O importante é que hoje o cafeicultor dispõe de uma oferta de métodos e marcas de equipamentos de irrigação, comparada a qualquer produtor dos países mais avançados na área agrícola.

Um dos grandes problemas com que se depara o cafeicultor é como manejar o seu sistema de irrigação. O significado do termo “Manejo da Irrigação” é complexo e tem permitido várias interpretações. Dentro de uma visão localizada é visto como a implantação de uma série de medidas e procedimentos com vistas a responder duas perguntas básicas: quando e quanto irrigar?

Em um contexto mais completo, e atendendo às necessidades e às dinâmicas da agricultura atual, o manejo da irrigação deve ser analisado com uma visão mais ampla, que integre outros conhecimentos e respostas, o que tem sido denominado de visão integrada. Neste caso as perguntas básicas de quando e quanto irrigar estão inseridas dentro de um processo de tomada de decisão mais amplo, que contempla outros aspectos relacionados ao agronegócio.

Na visão integrada o conceito de manejo da irrigação amplia-se para manejo da agricultura irrigada, preocupando-se em definir etapas e possibilidades de forma mais completa, considerando outros pontos importantes relacionados ao manejo da irrigação: avaliação e ajuste do sistema de irrigação, verificação da eficiência de irrigação, possibilidades, etapas e cuidados na implantação da quimigação (fertirrigação e demais aplicações de produtos químicos via água), cultura (espaçamento, tratos culturais, época de plantio, programação da colheita), utilização ampla das informações climáticas, previsão de produtividade etc.

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

A resposta da pergunta de quanto irrigar passa pela definição da lâmina de irrigação necessária para o pleno desenvolvimento da cultura, que é denominada de lâmina líquida de irrigação. A aplicação desta lâmina com os atuais sistemas de irrigação implicam perdas, que variam com as características do sistema de irrigação, com as condições climáticas do momento da irrigação e com a cultura e seu estágio de desenvolvimento. Tais perdas ocorrem durante a aplicação pela evaporação direta e pelo arraste do vento, e também pela forma com que a água se distribui no solo, denominada de uniformidade de irrigação.

A literatura é unânime em destacar a importância e os conceitos de uniformidade da irrigação (Bernardo, 1996; Cuenca, 1989; Doorenbos e Pruitt, 1977; Christiansen, 1942), mas só recentemente tal conceito tem sido considerado de forma mais explícita no cálculo da eficiência de irrigação que transforma a lâmina líquida em lâmina bruta de irrigação (Mantovani, 1993; Keller e Bliesner, 1992; Heermann et al., 1990).

Mantovani et al. (1994) apresentam resultados de simulação da lâmina bruta de irrigação para que a cultura do milho atinja a máxima produtividade em determinada localidade. Observa-se uma variação na lâmina bruta de irrigação de 500 para valores superiores a 1000 mm quando a uniformidade de aplicação de água, calculada pelo método de Christiansen, varia de 95 para 55%.

Bonomo (1999), para cafeicultura irrigada das regiões do Triângulo e Alto Paranaíba de Minas Gerais, e Souza et al. (1999), para a região Norte

do Espírito Santo, avaliaram a uniformidade e eficiência de irrigação. Encontraram, também, valores de uniformidade abaixo do potencial dos sistemas implantados, principalmente por problemas de manejo e manutenção dos sistemas de irrigação. Resultados referentes à adequação da época e lâmina de irrigação indicam problemas na quase totalidade dos sistemas avaliados, refletindo a falta de qualquer sistema técnico de manejo da irrigação.

Quadro 6- Resultados de uniformidade de irrigação para sistemas de irrigação na cafeicultura das regiões do Triângulo e Alto Paranaíba de Minas Gerais (Bonomo, 1999).

NÚMERO DE AVALIAÇÕES	SISTEMA DE IRRIGAÇÃO	CUC (%)
8	Pivô Central	86
5	Autopropelido	83
2	Canhão hidráulico	81
4	Tubo perfurado	80

SOUZA (2000) apresenta resultados de uniformidade de distribuição de água para 31 sistemas de irrigação localizada das regiões do Triângulo e Alto Paranaíba de Minas Gerais e para a região Norte do Espírito Santo (Figura 16). Observam-se valores de uniformidade abaixo do potencial para este sistema de irrigação.

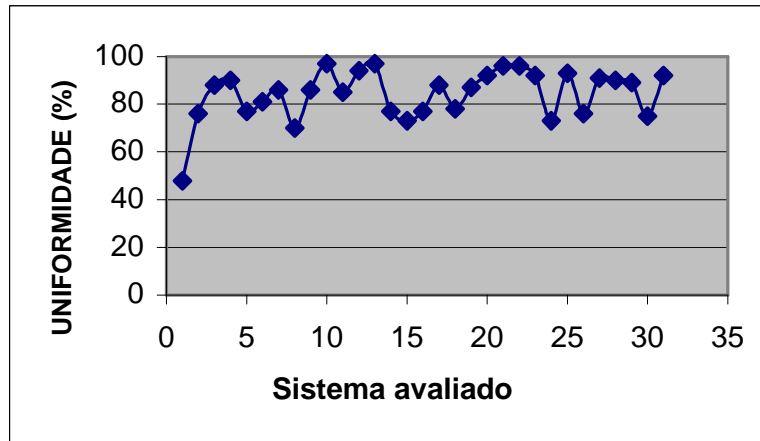


Figura 16 - Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) para os sistemas de gotejamento avaliados na região do Triângulo e Alto Paranaíba de Minas Gerais e para a região Norte do Espírito Santo.

7. PLANEJAMENTO E MANEJO DA IRRIGAÇÃO UTILIZANDO O SISDA

Para que a implantação de um projeto de irrigação atinja seus objetivos, é necessário que além de um projeto adequadamente dimensionado, haja também um manejo eficiente da irrigação e dos diversos fatores a ela relacionados, tais 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 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 especialista, **SISDA (SIstema de Suporte à Decisão Agrícola)**, voltado ao 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 **SISDA** foi desenvolvido com base em dois objetivos: **MANEJO** e **SIMULAÇÃO**. No módulo **MANEJO**, o usuário alimenta periodicamente o programa com as informações climáticas, e o sistema calcula a disponibilidade atual de água para cultura, fornecendo a informação objetiva da necessidade de irrigação (lâmina e tempo de irrigação), relatórios, gráficos e orientações padronizadas e personalizadas.

Na **SIMULAÇÃO** o usuário define para uma determinada cultura as condições a serem simuladas, como época de plantio, localidade etc., e o sistema gera uma base de dados correspondente ao consumo de água, déficit hídrico, probabilidade de ataque de doenças, duração do ciclo da cultura, que são de grande importância no planejamento das atividades agrícolas.

Antes de utilizar o sistema de manejo e a simulação de irrigação o usuário deve fornecer informações básicas sobre o sistema de produção (solo, cultura, sistema de irrigação). O **SISDA** dispõe de 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 **SISDA** utiliza o monitoramento do clima para o cálculo das necessidades hídricas da cultura, que permite a definição do tempo de irrigação. Tal método foi selecionado pela praticidade e operacionalidade; e para correção de possíveis desvios ou erros nesta estimativa o sistema permite ao usuário a entrada de dados de umidade do solo.

O **SISDA** tem sido utilizado com sucesso no manejo de diversas áreas de pesquisa e produção (Antunes et al., 2000a; Antunes et al., 2000b, Soares et al., 2000, Bonomo, 1999, Bonomo et al. 2000, Sousa et al. 2000, Vieira et al. 2000).

8. CONCLUSÕES

A irrigação já é uma realidade na cafeicultura brasileira, ocupando cerca de 10% da área plantada, concentrados no Norte do Espírito Santo, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba em Minas Gerais e no Oeste da Bahia. O uso da irrigação suplementar tem-se mostrado vantajoso também em locais com períodos mais curtos de deficiência hídrica, mas que podem coincidir com as fases críticas da cultura, sendo uma técnica em considerável expansão.

Diversos motivos tem impulsionado a cafeicultura irrigada, destacando-se: maior produtividade, melhor qualidade do produto, ampliação da época de plantio e diminuição do transplântio, além da possibilidade de utilização da fertirrigação (menor custo e maior eficiência na fertilização). Estas vantagens, associadas aos grandes avanços da engenharia de irrigação, têm disponibilizado para as mais distintas áreas produtoras (tamanho, topografia, espaçamento, clima, gerenciamento, mão-de-obra etc.), sistemas de irrigação ajustados a cada realidade.

É importante reforçar que a definição do sistema a ser implantado deve considerar aspectos relacionados a custo, eficiência no uso da água e energia, facilidades operacionais, possibilidade de realização da fertirrigação, aspectos climáticos, entre outros. A utilização de sistemas alternativos de irrigação localizada pode ser uma opção desde que a implantação do sistema (principalmente o comprimento da linha lateral) siga critérios técnicos, e que o produtor tenha consciência das limitações do sistema, principalmente relacionadas à menor vida útil do sistema e à maior necessidade de mão-de-obra e controles.

Para ampliar o êxito com a utilização da irrigação na cafeicultura é fundamental um programa de pesquisa para dar sustentação científica e tecnológica. Na implantação de uma área de cafeicultura irrigada deve-se ter em mente a utilização de um sistema de produção que potencializem os resultados, selecionando de forma adequada o cultivar, espaçamento, tratamentos culturais etc. Deve-se estar atento para quatro pontos básicos da implantação: qualidade do projeto, qualidade do equipamento, qualidade da implantação do sistema no campo e qualidade do manejo do sistema de irrigação. Dos pontos anteriores, os três primeiros estão à disposição do cafeicultor, desde que ele faça opção por firmas e sistemas de irrigação de comprovada

qualidade, e tenha em mente a implantação de sistemas com controles adequados e vida útil elevada. Com relação ao manejo da irrigação, último ponto da lista de qualidade, é necessário maior conscientização da importância do uso eficiente da água, da adoção da técnica da fertirrigação, da utilização, quando possível, da estratégia da interrupção momentânea da aplicação da água para favorecer o desenvolvimento de florações mais uniformes, e por último da adoção de critérios técnicos para definição do momento de irrigar em cada setor do campo, e da lâmina a ser aplicada para suprir de forma eficiente as necessidades do cafeeiro.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, R. C. B., MANTOVANI, E. C., SOARES, A. R., RENA, A. B., BONOMO, R. **Área de observação e pesquisa em cafeicultura irrigada na região das vertentes de Minas Gerais – resultados de 1998/2000**. Anais do Simpósio de Pesquisa de Cafés do Brasil, Poços de Caldas, MG, 2000a.
- ANTUNES, R. C. B., RENA, A. B., MANTOVANI, E. C., ALVARENGA, A. P., COSTA, L. C., DIAS, A S C. **Influência da fertirrigação com nitrogênio e potássio nos componentes vegetativos do cafeeiro Arábica em formação**. Anais do Simpósio de Pesquisa de Cafés do Brasil, Poços de Caldas, MG, 2000b.
- ANTUNES, R.C. B., RENA, A. B., MANTOVANI, E. C., ALVARENGA, A. P., COSTA, L. C., DIAS, A S C. **Influência da fertirrigação com nitrogênio e potássio nos componentes vegetativos do cafeeiro arábica em formação**. Anais do Simpósio de Pesquisa de Cafés do Brasil, Poços de Caldas, MG, 2000c.
- ARÚJO, J. ^a C. **Análise do comportamento de uma população de café Icatu sob condições de irrigação por gotejamento e quebra-vento artificial**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1982. 87p. (Dissertação de Mestrado)
- BARROS, R.B., MAESTRI, M., VIEIRA, M., BRAGA FILHO, L.J. **Determinação da área de folhas do café (*Coffea arábica* L. cv. “Bourbon Amarelo”)**. *Revista Ceres*, v.20, n.107, p.44-52, 1973.
- BARROS, V.U., BARBOSA, C.M. **Irrigação do cafeeiro nas condições**

- edafoclimáticas da Zona da Mata de Minas Gerais.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 26, 2000, Marília. **Anais...** Brasília MARA-PROCAFÉ 2000. p.69-70.
- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação.** 6 ed., Viçosa: Imprensa Universitária UFV, 1996. 596p.
- BONOMO, R. **Análise da irrigação na cafeicultura em áreas de cerrado de Minas Gerais.** Viçosa, 224p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Agrícola). Orientador: MANTOVANI, E.C. – Departamento de Engenharia Agrícola -UFV, 1999.
- BONOMO, R., MANTOVANI, E.C., CAIXETA, G. Z. T. **Comparação de custos para diferentes sistemas de irrigação empregados na cafeicultura irrigada em áreas de cerrado de Minas Gerais.** Anais do Simpósio de Pesquisa de Cafés do Brasil, Poços de Caldas, MG, 2000a.
- BONOMO, R., SOARES, A. R., MANTOVANI, E.C., PEREIRA, A.A., REIS, C.G **Estudo comparativo de variedades de café arábica, na fase de formação, sob condições de irrigação localizada – resultados preliminares.** Anais do Simpósio de Pesquisa de Cafés do Brasil, Poços de Caldas, MG, 2000b.
- BROWING, G. Environmental control of flower bud development in *Coffea arabica* L. In: LANDSBERG, J.J., CUTTING, C.V. (Eds). **Environmental effects on crop physiology.** New York: Academic Press. p.321- 331, 1977.
- BUFON, V. B., MANTOVANI, E.C., BONOMO, R.. **Caracterização técnica dos emissores alternativos utilizados na irrigação localizada da cafeicultura do norte do Estado do Espírito Santo e sul do estado da Bahia.** Anais do Simpósio de Pesquisa de Cafés do Brasil, Poços de Caldas, MG, 2000a.
- BUFON, V. B., MANTOVANI, E.C., BONOMO, R.. **Comprimento máximo de linhas laterais de emissores alternativos utilizados na irrigação localizada da cafeicultura.** Anais do Simpósio de Pesquisa de Cafés do Brasil, Poços de Caldas, MG, 2000^a
- CAMARGO, A. P., MATIELLO, J. B., ANDRADE, I. P. R. **Quantificação climática da rega para café conilon (*Coffea canephora*) nas condições de Linhares - ES.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 14, 1987, Campinas - SP. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ. p 20-24.

- CANNELL, M.G.R. **Exploited plants: coffee.** *Biologist*, v.30, p.257-63, 1983.
- CHRISTIANSEN, E.J. **Irrigation by sprinkling**, Berkeley University of California, 124 p. , 1942 (Bull n^o 670).
- CUENCA, R.H. **Irrigation system design: An eng. approach.** New Jersey, EUA.1989. 552p.
- Daker (1984)
- DAKER, A. **Irrigação e Drenagem.** 3^o Volume da Série A água na agricultura, 6a edição. Rio de Janeiro, Editora Freitas Bastos, 1984. 543 p.
- Doorenbos e Pruitt, 1977;
- DOORENBOS, J., PRUITT, J, O. **Guidelines for predicting crop water requirements.** Rome: FAO, 1977. 179 p. (FAO Irrigation and Drainage, 24).
- DRUMOND, L.C.D., FERNANDES, A.L.T. **Irrigação por aspersão em malha.** Uberaba, 2001. 84p.
- EMBRAPA, 1999. **Relatório da estimativa da safra cafeeira no Brasil safra 1999/2000.** Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento de Café – Embrapa. 6p. Maio 1999
- FARIA, M.A., GUIMARÃES, R.J., SILVA, E.L., ALVES, M.E.B., SILVA, M.L.O., VILELLA, W. M. C., OLIVEIRA, L.A.M., COSTA, H. S. C. **Influência das lâminas de irrigação na maturação e produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) – 1^a colheita.** Anais do Simpósio de Pesquisa de Cafés do Brasil, Poços de Caldas, MG, 2000
- FERERES, E. **Irrigation scheduling: the state of the art.** In: Hellenic Hidrotechnical Congress on water resources and regional development, 4th. Athens: 1990. **Proceedings...** Athens, 1990. p.755-768.
- HEERMANN, D.F., WALLENDER, W.W., BOS, M.G. Irrigation efficiency and uniformity. In: HOFFMAN et al.(Eds.) **Management of farm irrigation systems**, 1990. p.125-149.
- JENSEN, M.E., BURMAN, R. D. ALLEN, R.G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements.** New York.: Am. Soc. of Civil Engineers, 1990. 332p. (Manuals, 70)
- KARASAWA, S.; FARIA, M. A. de, GUIMARÃE, R. J. **Resposta do cafeeiro cv. Topazio MG- 1190 submetido a diferentes épocas de irrigação.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB v. 6, n. 1, p.28-34, 2002

- KELLER, J., BLIESNER, R D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: AVI Book, 1992, 652p.
- KELLER, J., KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Rain bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.
- MALAVOLTA, E. **Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro**. In: RENA, A.B., MALAVOLTA, E., ROCHA, M., YAMADA, T. (Eds.) **Cultura do cafeeiro - Fatores que afetam a produtividade**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, SP, 1986. p.165-264.
- MANTOVANI, E. C. **Desarrollo y evaluación de modelos para el manejo del riego: Estimación de la evapotranspiración y efectos de la uniformidad de aplicación del riego sobre la producción de los cultivos**. Córdoba: ETSIAM, Univ.de Córdoba, 1993. 184p. Tese Doutorado.
- MANTOVANI, E.C. **Atuação do Núcleo de Cafeicultura Irrigada**. Anais do I Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada, p.21-26, Araguari, MG Março de 1998.
- MANTOVANI, E.C., BERENGENA, J. **Evaluación del riego por aspersión convencional en el cultivo de la remolacha azucarera en Andalucía**. Sevilla Espada: Edicion PLAN92-AIMCRA, 1992. 62p.
- MANTOVANI, E.C., COSTA, L.C. **SISDA: Sistema de Suporte à Decisão Agrícola**. Anais do I Congresso da SBIAGR – AGROSOFT, Belo Horizonte, 5p. 1997
- MANTOVANI, E.C., RAMOS, M.M. Manejo da irrigação (Capítulo 5). In: Costa et al. (Eds.). **Quimigação: Aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. EMBRAPA. p: 129-158, 1994.
- MANTOVANI, E.C., VILLALOBOS, F., ORGAZ, F., FERERES, E. **Avaliação do impacto da uniformidade da irrigação na produção das culturas**. In: XXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, Campinas, SP. 1994. p.16
- MERRIAN, J.L. and KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan, Utah: Utah State University, 1978. 270p.
- MES, M.G. **Studies on the flowering of *Coffea arabica* L. The influence of temperature on the initiation and growth of coffee flower buds**. Portugaliae Acta Biológica (Sér. A), Lisboa, 4:328-41, 1956/57 a.
- RENA, A.B., MAESTRI, M. **Fisiologia do Cafeeiro**. In: RENA, A.B., MALAVOLTA, E., ROCHA, M., YAMADA, T. (Eds.) **Cultura do**

- cafeeiro-Fatores que afetam a produtividade.** Piracicaba-SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.13-106.
- SANTINATO, R., FERNANDES, A.L.T. **Cultivo do cafeeiro irrigado em plantio circular sob pivô central.** Uberaba, 2002. 252p.
- SANTINATO, R., FERNANDES, A.L.T., FERNANDES, D.R. **Irrigação na cultura do café.** 1997. 146p.
- SANTINATO, R., LESSI, R., YAMADA, A. **Efeito do triadimenol associado ao dissulfuton (baysiston) e ao alicarb (bayfidan+temik) na recuperação de lavouras irrigadas.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 22, 1996, ÁGUAS DE LINDÓIA. Anais... Brasília: MARA-PROCAFÉ 1996. p. 200-203
- SOARES, R.S., MANTOVANI, E.C., RENA, A.B., SOARES, A.A., BONOMO, R. **Estudo comparativo de fontes de nitrogênio e potássio empregados na fertirrigação do cafeeiro.** Anais do Simpósio de Pesquisa de Cafés do Brasil, Poços de Caldas, MG, 2000.
- SOARES, A.R. **Irrigação, fertirrigação, fisiologia e produção em cafeeiros adultos na região da Zona da Mata de Minas Gerais.** Viçosa, 90p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola -UFV, agosto, 2001.
- SOUSA, M.B.A., MANTOVANI, E.C., FACCIOLI G.G., ANTUNES, R.C.B. **Área de observação e pesquisa em cafeicultura irrigada na região de viçosa em Minas Gerais.** Anais do Simpósio de Pesquisa de Cafés do Brasil, Poços de Caldas, MG, 2000.
- SOUZA, L. O. C., **Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento utilizados na cafeicultura irrigada.** Viçosa. 98p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Orientador: MANTOVANI, E.C. Departamento de Engenharia Agrícola -UFV, 2000.
- SOUZA, L.O.C., MANTOVANI, E.C., SOUSA M.B.A., BUFFON, V.B. **Uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação pressurizados, utilizados na cafeicultura irrigada no norte do Espírito Santo - resultados preliminares.** Anais do II Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada, (no prelo), Araguari, MG Março de 1999.
- VIEIRA, G. H. S., MANTOVANI, E.C., SOUZA, M. B. A., BONOMO, R. **Influência de diferentes lâminas de irrigação nos parâmetros de crescimento do cafeeiro na região de Viçosa, MG.** Anais do Simpósio de Pesquisa de Cafés do Brasil, Poços de Caldas, MG, 2000.