

ANÁLISE DO MANEJO DA IRRIGAÇÃO EM SISTEMAS POR PIVÔ CENTRAL UTILIZADOS NA CAFEICULTURA IRRIGADA NO NORTE DO ESPÍRITO SANTO¹

SOUSA, M.B.A.²; MANTOVANI, E.C.³; CORDEIRO, E.A.⁴; SOARES, A.A.⁵ e SILVA, J.G.F.⁶

¹ Trabalho financiado pelo Programa de Pesquisa e Desenvolvimento do Café EMBRAPA/Café; ² Eng.-Agrônomo, M.S. Bolsista PNP&D/Café, Departamento de Engenharia Agrícola, DEA, UFV, Av. P.H. Rolfs s/n, <mbonatto@alunos.ufv.br>; ³ Prof. Titular, D.S., Departamento de Engenharia Agrícola, DEA, UFV, Av. P.H. Rolfs s/n. <everardo@correio.ufv.br >; ⁴ Lic. em Ciências Agrícolas, Estudante de M.S. Engenharia Agrícola, DEA, UFV, Av. P.H. Rolfs s/n, <ms40136@correio.cpd.ufv.br>; ⁵ Eng. Agrícola, Ph.D., Prof. Titular do DEA/UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, DEA, UFV, Av. P.H. Rolfs s/n, <aasoares@correio.ufv.br>; ⁶ Eng. Agrícola, D.S., Pesquisador INCAPER/ES, Linhares/ES, <jgeraldo@incaper.com.br>.

RESUMO: O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo geral de analisar tecnicamente a cafeicultura irrigada por pivô central na região norte do Espírito Santo, caracterizando o manejo de irrigação adotado pelos irrigantes. Três propriedades, localizadas nos municípios de Jaguaré, Linhares e Sooretama, foram utilizadas para estudar o manejo de irrigação adotado, analisando-se a lâmina aplicada e o momento da irrigação. Para isso foram feitas três avaliações consecutivas de manejo em cada uma destas propriedades, determinando-se o teor de umidade do solo antes da irrigação e a lâmina aplicada pelo sistema. Em todas as propriedades avaliadas foram detectadas falhas no manejo, com atraso nas irrigações e lâminas aplicadas inferiores às lâminas requeridas, proporcionando elevados valores de déficit.

Palavras-chave: irrigação, pivô central, manejo.

ANALYSIS OF IRRIGATION MANAGEMENT IN CENTER PIVOT SYSTEMS USED IN IRRIGATED COFFEE CROP IN THE NORTH OF ESPÍRITO SANTO

ABSTRACT: The present work was developed with the general objective of analyzing the coffee growing technically irrigated by center pivot in Espírito Santo North area, characterizing the irrigation management adopted by the farmers. Three properties, located in the municipal districts of Jaguaré, Linhares and Sooretama, they were used to study the irrigation management adopted, and studding if the applied depth and the moment of the irrigation. For this they were made three consecutive evaluations of management in each one of these properties, being determined the tenor of humidity of the soil before the irrigation and the applied depth for the system. In all the appraised properties flaws were detected in the

management, with delay in the irrigations and inferior depths the requested depths, providing high deficit values.

Key words: irrigation; center pivot; management.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de café, e a sua importância socioeconômica para a nação se mostra ao longo de nossa história. Responsável pelo desenvolvimento de diversas regiões do nosso país, a atividade cafeeira é hoje fundamental para o mercado de trabalho brasileiro, gerando mais de quatro milhões de empregos (MATIELLO, 1991). A cafeicultura irrigada, presente em uma vasta extensão da cafeicultura nacional, surgiu com o avanço desta atividade para áreas com excelentes condições climáticas para a produção do café em quantidade e qualidade, mas que apresentam déficit hídrico em vários meses do ano. Destacam-se nestes casos a região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, em Minas Gerais, o norte do Espírito Santo e as regiões sul e oeste da Bahia. No período de 1985 a 1987 houve grande corrida para a irrigação de café Conilon na região norte do Espírito Santo, porém foi na década de 90 até o ano 2000 que os produtores, motivados pelos preços elevados do café, passaram a se utilizar maciçamente da irrigação na cafeicultura da região. Entretanto, em face da ausência de resultados de pesquisa, a implantação e, principalmente, o manejo dos sistemas de irrigação foram realizados de forma empírica e desordenada, havendo, assim, a necessidade de se estudar o real benefício desta prática e as melhores alternativas de manejo (DADALTO e PREZOTTI, 1995).

Estimativas precisas das necessidades hídricas do cafeeiro são essenciais, uma vez que a falta de água pode reduzir de maneira expressiva o crescimento da planta, sem que esta mostre sinais de murchamento ou qualquer outro sintoma visível conseqüente da baixa umidade no solo (GUTIERREZ e MEINZER, 1994). A baixa quantidade de chuvas e a sua distribuição irregular ao longo dos anos (CAMARGO et al., 1987) são problemas conhecidos da região norte do Espírito Santo, os quais a cada período de estiagem, tornam-se mais graves, comprometendo a produtividade da cafeicultura não-irrigada na região. Segundo MATIELLO (1991), a deficiência hídrica é prejudicial ao cafeeiro, principalmente na fase de frutificação, quando a irrigação passa a ser necessária. CAMARGO (1989) afirma que, nesta fase, deficiências hídricas elevadas afetam o crescimento dos grãos; se ocorrerem na fase de granação, quando os frutos estão se solidificando internamente, eles poderão ficar chochos ou mal granados. Nessas condições, a utilização da irrigação tem dado bons resultados. O manejo da água de irrigação está

diretamente relacionado com as necessidades hídricas das culturas, com as características hidráulicas do sistema de irrigação selecionado e com a capacidade de retenção de água pelo solo na profundidade efetiva da raiz de uma cultura específica (SOARES et al., 1998).

No Brasil, a grande maioria dos usuários da agricultura irrigada não utiliza qualquer estratégia de uso e manejo racional da água de irrigação. A aplicação da água de irrigação em excesso pode levar à poluição de rios, lagos e lençol freático, devido à lixiviação de elementos tóxicos e nutrientes, e, em quantidade insuficiente, pode resultar em estresse hídrico da cultura e afetar o crescimento normal das plantas. De acordo com SILVA et al. (1998), os benefícios da irrigação para uma determinada cultura só podem ser alcançados em toda a sua plenitude quando o sistema de irrigação for utilizado com critérios de manejo que resultem em aplicações de água em quantidades compatíveis com as necessidades de consumo da cultura. Os mesmos autores afirmam ainda que a base de qualquer estratégia de manejo de irrigação está alicerçada nas curvas de consumo de água das culturas. O consumo de água de uma cultura é função direta da demanda evapotranspirométrica local, do conteúdo de água presente no solo e da capacidade da planta à perda de água através das folhas. Além disso, eles afirmam também que a determinação do momento exato para efetuar a irrigação é um dos passos fundamentais para racionalização do manejo de água na agricultura irrigada. Apesar da disponibilidade de vários métodos de manejo, os irrigantes não têm sido muito receptivos a qualquer método em particular. Segundo JENSEN (1983), os principais fatores que colaboram para que isto ocorra são o fato de o custo da água de irrigação ser muito baixo, comparado ao custo de implantação de um programa de manejo, e também o fato de que a redução da produtividade por atraso na irrigação, fertilização imprópria e irrigação excessiva não pode ser facilmente reconhecida e quantificada.

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente foi feita a escolha das três propriedades avaliadas, baseando-se em informações obtidas no IBGE e outras entidades que atuam na área em questão como INCAPER (Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural) e EBDA (Empresa Baiana de Desenvolvimento Agropecuário), tendo sido feito um levantamento relacionado com a distribuição da produção de café entre os municípios da região em estudo, sendo posteriormente selecionadas as propriedades que foram avaliadas, seguindo critérios relacionados com a representatividade quanto à área, ao emprego de irrigação, à produção, entre outros.

Para atingir os objetivos do trabalho, foram feitas três avaliações consecutivas do manejo, em cada propriedade, não havendo interferência dos pesquisadores na tomada de decisão, no momento de se irrigar

e na quantidade de água a ser aplicada. Dessa forma, o produtor comunicava à equipe de pesquisa a sua intenção de realizar uma irrigação em um determinado dia, para viabilização das avaliações. Nessas avaliações foram analisados vários parâmetros, como o momento em que está se fazendo a irrigação, a lâmina requerida, a lâmina que está sendo aplicada, a eficiência de aplicação de água, a lâmina armazenada, a lâmina percolada e a porcentagem de área adequadamente irrigada. As três avaliações consecutivas do manejo de irrigação, em cada propriedade, foram realizadas com base nos resultados da primeira avaliação, em que foram determinadas, além da umidade do solo, todas as características hidráulicas do sistema avaliado, com a determinação da lâmina coletada ao longo do raio do pivô. Na segunda e na terceira irrigação foram coletadas apenas as umidades do solo imediatamente antes da irrigação, sendo as lâminas aplicadas calculadas a partir dos resultados da primeira avaliação. Em uma das três propriedades selecionadas realizaram-se apenas duas avaliações de manejo, devido ao fato de se ter iniciado um período prolongado de chuvas na região, inviabilizando-se assim uma terceira avaliação.

Três locais de coleta de amostras de solos foram escolhidos em uma direção radial, de forma que cada um dos locais representasse 1/3 da área coberta pelo equipamento. Em cada um destes locais foram retiradas amostras de solos em três pontos, sendo o primeiro a 1/6 da metade da distância entre as fileiras do cafeeiro, tomado a partir da linha de cafeeiros; o segundo, a 3/6; e o terceiro, a 5/6. Em cada ponto de amostragem foram retiradas, com o auxílio de um trado tipo holandês, amostras de solos, imediatamente antes da irrigação, nas camadas de 0-20, 20-60 e 60-100 cm, sendo o teor de umidade do solo determinado pelo método-padrão de estufa. Em cada um dos pontos de amostragem e em cada camada foram retiradas subamostras de solo, a fim de formar uma amostra composta por camadas, para determinação da curva de retenção de água, utilizando-se para atingir este objetivo o aparelho denominado Extrator de Richards. Também foram retiradas amostras indeformadas das três camadas em questão, extraídas com o auxílio da sonda tipo Uhland, para determinação da massa específica do solo (Me).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1 são apresentadas as características texturais dos solos dos sistemas avaliados. A determinação da capacidade de campo foi estimada a partir da curva de retenção de água, tendo sido adotada a tensão de 0,1 atm para se determinar a umidade correspondente à capacidade de campo, uma vez que os solos das áreas analisadas possuem características texturais arenosas. Observa-se no Quadro 1 que o solo da região em estudo tem características bastante homogêneas, uma vez que solos coletados em três diferentes municípios apresentaram análises texturais bastante semelhantes.

No Quadro 2 são apresentados os valores dos parâmetros físico-hídricos dos solos das propriedades que tiveram seus sistemas avaliados sob o ponto de vista de manejo. A capacidade de campo variou de 12,6 a 24,8%, e o ponto de murcha, de 6,7 a 13,1%. Os valores de massa específica encontrados variaram de 1,2 a 1,7 g cm⁻³, podendo estes ser considerados altos. A natureza pedogenética destes solos faz com que esses adensamentos naturais ocorram, sendo estes altos valores de massa específica uma característica comum em toda a região. Os valores de disponibilidade total de água (DTA) variaram de 0,9 a 2,0 mm cm⁻¹, estando, segundo BERNARDO (1995), na faixa de disponibilidade para solos de textura média. Na avaliação de manejo de irrigação, dois aspectos devem ser analisados: se a irrigação foi feita no momento certo; e se a lâmina aplicada foi adequada para atender as necessidades hídricas da cultura.

Quadro 1 - Análise textural dos solos das propriedades avaliadas sob o ponto de vista do manejo

Sistema	Camadas (cm)	Areia grossa (%)	Areia fina (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classificação textural
Pivô 1	0 - 20	51	24	1	24	Franco-argilo-arenoso
	20 - 40	47	24	3	26	Franco-argilo-arenoso
	40 - 60	44	25	3	28	Franco-argilo-arenoso
Pivô 2	0 - 20	56	17	1	26	Franco-argilo-arenoso
	20 - 40	39	20	3	38	Argilo-arenoso
	40 - 60	35	19	4	42	Argilo-arenoso
Pivô 3	0 - 20	57	21	2	20	Franco-arenoso
	20 - 40	50	25	1	24	Franco-argilo-arenoso
	40 - 60	43	23	4	30	Franco-argilo-arenoso

Quadro 2 - Valores de capacidade de campo (Cc), ponto de murcha (Pm), massa específica do solo (Me) e disponibilidade total de água (DTA) para diferentes camadas amostradas, em cada sistema avaliado, sob o ponto de vista de manejo, por pivô central

Sistema	Camadas (cm)	Cc (%)	Pm (%)	Me (g.cm ⁻³)	DTA (mm.cm ⁻¹)
Pivô 1	0 - 20	19,9	7,2	1,3	1,6
	20 - 40	16,9	7,9	1,3	1,2
	40 - 60	16,9	9,0	1,3	1,0
Pivô 2	0 - 20	15,6	7,9	1,2	0,9
	20 - 40	21,3	11,3	1,2	1,2
	40 - 60	18,3	13,1	1,3	1,5
Pivô 3	0 - 20	12,6	6,7	1,5	0,9
	20 - 40	13,9	7,5	1,6	1,0
	40 - 60	21,6	9,5	1,7	2,0

Para avaliar a necessidade ou não da realização da irrigação em um determinado momento, pode-se fazer uso do fator de disponibilidade de água no solo (f), que no caso do cafeeiro não deve ultrapassar o limite máximo de 60%, conforme metodologia adotada por BONOMO (2000). Pode-se observar, através dos resultados expostos no Quadro 3, que em apenas duas das nove irrigações avaliadas sob o ponto de

vista do manejo o déficit de água no solo não havia ultrapassado o limite máximo preestabelecido. Isto pode ser explicado pelo fato de que, apesar de as disponibilidades totais de água dos solos avaliados não serem baixas, a textura predominantemente arenosa destes faz com que o processo de drenagem ocorra rapidamente, induzindo os produtores ao erro no que diz respeito ao momento de realizar as irrigações. As avaliações denominadas primeira, segunda e terceira em uma mesma propriedade foram consecutivas, mostrando assim a tendência do comportamento das irrigações executadas por cada produtor. Analisando ainda o Quadro 3, observa-se que a relação entre as lâminas coletadas e a IRN foi baixa. A lâmina aplicada variou de 17,3 a 57,9% da irrigação real necessária para se elevar o teor de umidade do solo à sua capacidade de campo. Esse fato mostra a dificuldade no manejo de irrigação quando se utiliza o sistema por pivô e a necessidade de aplicar lâminas elevadas, uma vez que neste tipo de sistema a aplicação destas lâminas demanda muito tempo e dificulta a operacionalidade de uma ação como esta. Dado o exposto, fica clara a necessidade de um manejo de irrigação, quando se utiliza este tipo de sistema, com aplicação de lâminas visando o momento atual e o futuro.

Quadro 3 - Resultados dos parâmetros de avaliação de manejo para os pivôs avaliados sob o ponto de vista do manejo: profundidade efetiva do sistema radicular (Z), capacidade total de armazenamento de água (CTA), irrigação real necessária (IRN), umidade atual (Ua), déficit de água do solo (Def) e lâmina coletada (Lcol)

Irrigação	Sistema	Z (cm)	CTA (mm)	IRN (mm)	Ua (%)	Def (%)	Lcol (mm)
Primeira	Pivô 1	60	76	51,3	10,0	67,5	8,9
Segunda		60	76	47,7	10,4	62,8	16,2
Terceira		60	76	44,5	10,9	58,5	16,2
Primeira	Pivô 2	60	72	56,5	10,7	78,4	14,9
Segunda		60	72	68,8	9,0	95,5	12,4
Terceira		60	72	-	-	-	-
Primeira	Pivô 3	60	78	52,5	10,7	67,3	24,2
Segunda		60	78	51,3	10,8	65,7	24,2
Terceira		60	78	41,8	11,7	53,5	24,2

Os resultados referentes às avaliações de irrigação para os três sistemas avaliados em irrigações consecutivas são apresentados nos Quadros 4, 5 e 6. No sistema pivô 1, como as três irrigações foram deficientes, a lâmina deficitária, que representa a diferença entre a lâmina armazenada na zona radicular e a lâmina necessária para se elevar o teor de umidade do solo à sua capacidade de campo, existiu nas três irrigações executadas nesta propriedade. Seu valor foi de 42,8 mm na primeira irrigação, 29,9 mm na

segunda e 26,7 mm na terceira, demonstrando assim que o volume de água aplicado nestas irrigações foi bem menor que o necessário para se elevar a umidade do solo à sua capacidade de campo.

No sistema 2, como as irrigações foram deficientes, a lâmina deficitária existiu nas duas irrigações executadas nesta propriedade. Na primeira irrigação, o valor deste déficit foi de 41,6 mm, subindo para 57,9 mm na irrigação subsequente. Estes valores, assim como as relações entre as lâminas coletadas e as IRN, mostram que nesta propriedade a deficiência na irrigação foi ainda maior quando comparados estes resultados com os da propriedade denominada pivô 1. Outro fator importante constatado nas avaliações desta propriedade foi em relação à vazão do sistema em questão. Como pode ser observado no Quadro 5, a eficiência de aplicação de água (E_a) em ambas as irrigações foi baixa. Este resultado não condiz com as características das irrigações realizadas, uma vez que estas foram deficientes e, conseqüentemente, não houve perdas de água por percolação. Além disso, as características climáticas no momento em que estas irrigações foram realizadas também não justificam esta baixa eficiência. A explicação para esses resultados pode estar no fato de terem sido utilizados dados da vazão de projeto para se chegar à lâmina aplicada. Provavelmente este sistema está na realidade com uma vazão bem menor do que a que foi projetada para ele, fazendo com que os valores da eficiência de aplicação de água, assim como os da eficiência em potencial de aplicação de água segundo Bernardo ($E_{Pa_{\text{Bernardo}}}$), fossem baixos e incomuns para este tipo de situação. Como ocorreu nas outras duas propriedades avaliadas, a lâmina deficitária existiu em todas as irrigações executadas. Pode-se notar que todas as irrigações executadas nas três propriedades foram deficientes, com a aplicação de uma lâmina de água bem menor do que a necessária para se elevar o teor de umidade do solo à sua capacidade de campo. Em decorrência desse fato, as porcentagens de áreas adequadamente irrigadas tenderam a zero (pivô 3) ou foram iguais a zero. Por outro lado, altas eficiências de irrigação foram obtidas, uma vez que as lâminas aplicadas foram insuficientes, fazendo com que as perdas por percolação profunda fossem nulas (pivôs 1 e 2) ou bem pequenas (pivô 3).

Quadro 4 - Resultados das avaliações de manejo de irrigação referentes ao pivô 1: irrigação real necessária (IRN), lâmina aplicada (Lapl), lâmina coletada (Lcol), lâmina armazenada (Larm), lâmina deficitária (Ldef), lâmina percolada (Lper), eficiência potencial de aplicação (EPa), eficiência de distribuição de projeto (ED_{80}), eficiência para área adequadamente irrigada de projeto (Eip_{80}), porcentagem de área adequadamente irrigada (Pad), perdas por percolação (Pp) e eficiência de aplicação de água (Ea)

Parâmetro	Unid.	Pivô 1		
		1ª irrigação	2ª irrigação	3ª irrigação
IRN	mm	51,3	47,7	44,5
Lapl	mm	9,6	19,2	19,2
Lcol	mm	8,9	17,8	17,8
Larm	mm	8,9	17,8	17,8
Ldef	mm	42,8	29,9	26,7
Lper	mm	0	0	0
EPa _{Keller}	%	97,8	98,1	98,0
EPa _{Bernardo}	%	92,7	-	-
ED ₈₀	%	79,4	79,4	79,4
Eip ₈₀	%	76,9	77,1	77,0
Pad	%	0	0	0
Pp	%	0	0	0
Ea	%	92,7	92,7	92,7

Quadro 5 - Resultados das avaliações de manejo de irrigação referentes ao pivô 2: irrigação real necessária (IRN), lâmina aplicada (Lapl), lâmina coletada (Lcol), lâmina armazenada (Larm), lâmina deficitária (Ldef), lâmina percolada (Lper), eficiência potencial de aplicação (EPa), eficiência de distribuição de projeto (ED_{80}), eficiência para área adequadamente irrigada de projeto (Eip_{80}), porcentagem de área adequadamente irrigada (Pad), perdas por percolação (Pp) e eficiência de aplicação (Ea)

Parâmetro	Unid.	Pivô 2		
		1ª irrigação	2ª irrigação	3ª irrigação
IRN	mm	56,5	68,9	-
Lapl	mm	25,8	19,0	-
Lcol	mm	14,9	11,0	-
Larm	mm	14,9	11,0	-
Ldef	mm	41,6	57,9	-
Lper	mm	0	0	-
EPa _{Keller}	%	97,8	98,0	-
EPa _{Bernardo}	%	57,7	-	-
ED ₈₀	%	81,6	81,6	-
Eip ₈₀	%	79,0	79,2	-
Pad	%	0	0	-
Pp	%	0	0	-
Ea	%	57,7	65,2	-

Quadro 6 - Resultados das avaliações de manejo de irrigação referentes ao pivô 3: irrigação real necessária (IRN), lâmina aplicada (Lapl), lâmina coletada (Lcol), lâmina armazenada (Larm), lâmina deficitária (Ldef), lâmina percolada (Lper), eficiência potencial de aplicação (EPa), eficiência de distribuição de projeto (ED_{80}), eficiência para área adequadamente irrigada de projeto (Eip_{80}), porcentagem de área adequadamente irrigada (Pad), perdas por percolação (Pp) e eficiência de aplicação (Ea)

Parâmetro	Unid.	Pivô 3		
		1ª irrigação	2ª irrigação	3ª irrigação
IRN	mm	52,5	51,3	41,8
Lapl	mm	26,7	26,7	26,7
Lcol	mm	24,1	24,1	24,1
Larm	mm	23,6	23,5	23,3
Ldef	mm	28,4	27,1	17,7
Lper	mm	0,5	0,6	0,8
EPa _{Keller}	%	97,9	98,0	98,1
EPa _{Bernardo}	%	90,2	-	-
ED ₈₀	%	87,6	87,6	87,6
Eip ₈₀	%	84,9	85,1	85,1
Pad	%	0,2	0,2	0,3
Pp	%	2,1	2,2	3,4
Ea	%	88,4	88,0	87,3

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos, nas condições em que os trabalhos foram conduzidos, possibilitaram as seguintes conclusões: nas avaliações, as irrigações foram feitas na maior parte dos casos com atraso, uma vez que o limite máximo recomendado de disponibilidade de água no solo, que é de 60% para o cafeeiro, já havia sido ultrapassado quando o produtor tomou a decisão de executar a irrigação; e observou-se, em todos os três sistemas em que foram avaliados o manejo, que as lâminas de irrigação aplicadas eram bem menores que as lâminas requeridas para se elevar o teor de umidade do solo à sua capacidade de campo, proporcionando, assim, baixa porcentagem de área adequadamente irrigada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1995. 596p.
- 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.
- CAMARGO, A. P. Necessidades hídricas do cafeeiro. **III Curso Prático Internacional de Agrometeorologia**. 22p. 1989.
- 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 CAFEIRAS, 14, 1987, Campinas - SP. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ. p.20-24.
- DADALTO, G. G. , PREZOTTI, L. C. Irrigação do café. In: COSTA, E. B.(Coord.). **Manual técnico para a cultura do café no estado do Espírito Santo**. Vitória: SEAG-ES, 1995.
- GUTIERREZ, M. V., MEINZER, F. C. Estimating water use irrigation requirements of coffee in hawaii. **Journal of the American Society of Horticulture Science**. 1994.119(3), p.652-657.
- JENSEN, M. E. **Design and Operation of Farm Irrigation Systems**. St. Joseph, Madison, ASAE, 1983. 829p.
- MATIELLO, J. B. **O café - do cultivo ao consumo**. São Paulo. Globo. 1991. 320p.
- SILVA, E. M., AZEVEDO, J. A., GUERRA, A. F., FIGUERÊDO, S. F., ANDRADE, L. M., ANTONINI, J. C. A.. Manejo de irrigação para grandes culturas. In: FARIA, M. A., SILVA, E. L., VILELA, L. A. A., SILVA, A. M. (Eds.) **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p.239-280.

SOARES, J. M., COSTA, F. F., SANTOS, C. R. Manejo de irrigação em fruteiras. In: FARIA, M. A., SILVA, E. L., VILELA, L. A. A., SILVA, A. M. (Eds.) **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p281-310.