

MANEJO DA IRRIGAÇÃO NA CAFEICULTURA IRRIGADA POR PIVÔ CENTRAL NAS REGIÕES NORTE DO ESPÍRITO SANTO E EXTREMO SUL DA BAHIA

IRRIGATION MANAGEMENT OF COFFEE CROP IRRIGATED BY CENTER PIVOT IN THE NORTH OF ESPÍRITO SANTO AND SOUTH OF BAHIA STATES

**Maurício Bonatto Alves de SOUSA¹; Everardo Chartuni MANTOVANI²;
José Geraldo Ferreira da SILVA³; Marcelo Rossi VICENTE⁴;
Gustavo Haddad Souza VIEIRA⁵; Antônio Alves SOARES⁶**

1. Engenheiro Agrônomo, M.S, Coordenador Regional John Deere Water Brasil. msousa@johndeerewater.com; 2. Engenheiro Agrícola, D.S., Professor Titular, Departamento de Engenharia Agrícola - DEA, Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG, Brasil. everardo@ufv.br; 3. Engenheiro Agrícola, D.S., Pesquisador Incaper; 4. Engenheiro Agrônomo, D.S., Professor do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, campus Salinas, Salinas, MG, Brasil; 5. Engenheiro Agrônomo, Doutorando DEA-UFV, Viçosa, MG, Brasil; 6. Engenheiro Agrícola, Ph.D., Professor Titular, DEA-UFV, Viçosa, MG, Brasil.

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi avaliar as formas de analisar o manejo de irrigação na cafeicultura irrigada por pivô central na região Norte do Espírito Santo e Extremo Sul da Bahia. Em uma primeira etapa, três propriedades 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 das propriedades, determinando-se a umidade do solo antes da irrigação e a lâmina aplicada pelo sistema. Em todas as propriedades avaliadas nessa etapa foram detectadas falhas no manejo de irrigação adotado, com atraso nas irrigações e lâminas aplicadas inferiores às lâminas requeridas, proporcionando elevados valores de déficit. Na segunda etapa, fez-se um acompanhamento do manejo de irrigação em outras três propriedades selecionadas, durante o período de um ano, utilizando-se dados meteorológicos de estações locais e o aplicativo Irriplus. Foram detectadas falhas no manejo de irrigação nas três propriedades avaliadas, com déficits hídricos acentuados em importantes fases da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea Canephora*. Manejo de irrigação. Irriplus.

INTRODUÇÃO

Na agricultura irrigada, a utilização da água de maneira criteriosa e precisa é de fundamental importância, não só visando a otimização da produtividade e da qualidade final do produto, mas também o uso adequado dos recursos hídricos. Pereira et al. (2002) afirmam que a água está se tornando escassa não só em regiões áridas e secas, mas também em regiões onde a chuva é abundante. Sendo assim, torna-se imprescindível a adoção de medidas que viabilizem o uso adequado da água disponível com ênfase na irrigação, procurando-se sempre melhorar a sua eficiência.

Segundo Silva et al. (1998), os benefícios da irrigação para determinada cultura somente podem ser alcançados em toda 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. Uma boa estratégia de manejo da irrigação é fundamental para economizar água sem, no entanto, por em risco o rendimento das culturas (JALOTA et. al., 2006). O consumo de água de uma cultura é função direta da demanda evapotranspirométrica local. Além disso, a

determinação do momento exato para efetuar a irrigação é um dos passos fundamentais para racionalização do manejo de água.

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 a mesma mostre sinais de murchamento ou qualquer outro sintoma visível (GUTIERREZ; MEINZER, 1994). Dardengo et al. (2009) observaram maior crescimento do cafeeiro conilon quando submetido ao fornecimento adequado de água, quando comparado a condições de estresse hídrico.

O estudo detalhado dos elementos meteorológicos, tais como umidade relativa do ar, temperatura do ar, velocidade e direção do vento são extremamente importantes para o cálculo da evapotranspiração de referência do local considerado, que servirá de base para o cálculo do consumo de água da cultura.

O modelo de Penman-Monteith tem sido utilizado com sucesso na estimativa da evapotranspiração de referência, sendo por isto considerado pelos pesquisadores da FAO como o método padrão para este tipo de determinação. No

entanto, também se destaca como um dos modelos mais complexos (BONOMO, 1999).

A utilização de uma forma concisa e objetiva do conhecimento sobre o efeito das variações climáticas de longo prazo e das variações meteorológicas de curto prazo nas atividades agrícolas são fundamentais para o entendimento e planejamento do sistema produtivo (COSTA, 1998) e os aplicativos computacionais são boas ferramentas para resolver estes problemas. Em todo o mundo há expansão do uso da automação e de computadores na coleta de dados, armazenamento e disseminação da informação, inclusive no uso de Estações Meteorológicas (EFE; ADOGBEJI, 2006).

Diante do exposto o presente trabalho teve por objetivo caracterizar e avaliar o manejo

irrigação adotado pelos cafeicultores nas regiões Norte do Espírito Santo e Extremo Sul da Bahia que utilizam o sistema de irrigação por pivô central.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados os manejos de irrigação adotados em seis equipamentos do tipo pivô central equipados com emissores do tipo *spray* com difusor e placa estriada, localizados em seis distintas propriedades de cafeicultores distribuídas nas regiões Norte do Espírito Santo e Extremo Sul da Bahia. Na Tabela 1 são apresentados a localização dos pivôs, os fabricantes e os dados gerais da área de cada sistema.

Tabela 1. Localização, fabricante, área total irrigada pelo equipamento e idade da lavoura para cada sistema.

Equipamento	Localização	Fabricante	Área irrigada (ha)	Idade da lavoura (anos)
Pivô 1	N. Viçosa (BA)	Carborundum	100,3	3,0
Pivô 2	Jaguaré (ES)	Asbrasil	45,0	5,0
Pivô 3	Jaguaré (ES)	Esco	28,0	3,0
Pivô 4	Jaguaré (ES)	Esco	15,0	1,5
Pivô 5	Sooretama(ES)	Carborundum	30,0	5,0
Pivô 6	Linhares (ES)	Carborundum	50,0	6,0

Em análises texturais dos solos das seis propriedades que passaram pelas avaliações de manejo, observou-se características bastante homogêneas, sendo todos os solos analisados classificados como franco-argilo-arenosos.

Na Tabela 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. Os valores de disponibilidade total de água (DTA) variaram de 0,8 a 2,0 mm cm⁻¹ estando, segundo Bernardo et al. (2006), na faixa de disponibilidade para solos de textura média.

Tabela 2. Valores de capacidade de campo (Cc), ponto de murcha (Pm), densidade do solo (Ds), disponibilidade total de água (DTA) e capacidade total de armazenamento (CTA) em cada sistema por pivô central avaliado, sob o ponto de vista de manejo.

Sistema	Cc (%)	Pm (%)	Ds (g cm ⁻³)	DTA (mm cm ⁻¹)	CTA (mm)
Pivô 1	16,3	7,8	1,6	1,4	82,0
Pivô 2	15,6	9,1	1,7	1,1	66,0
Pivô 3	13,5	8,0	1,6	0,9	54,0
Pivô 4	17,9	8,0	1,3	1,3	76,0
Pivô 5	18,4	10,8	1,2	1,2	72,0
Pivô 6	16,0	7,9	1,6	1,3	78,0

Avaliação do manejo e do desempenho da irrigação

Para se caracterizar o manejo de irrigação adotado pelos produtores da região em questão,

inicialmente foram selecionadas três propriedades, denominadas Pivô 4, Pivô 5 e Pivô 6. O manejo da irrigação das propriedades avaliadas era feito com base em informações de projeto, não havendo

critério diferenciado para as fases fenológicas da cultura e a época do ano. Foram realizadas, em cada pivô, avaliações em três irrigações consecutivas sem interferência dos pesquisadores na tomada de decisão, no momento de se irrigar e na quantidade de água a ser aplicada. Desta forma o produtor comunicava à equipe de pesquisa a sua intenção de realizar uma irrigação em determinado dia, para a viabilização das avaliações.

Nas três avaliações consecutivas do manejo de irrigação, realizadas em cada propriedade, determinou-se a umidade do solo, as características hidráulicas do sistema avaliado e a lâmina coletada ao longo do raio do pivô e posteriormente analisou-se o momento da irrigação, a lâmina requerida, a lâmina que era aplicada, a eficiência de aplicação de água, a lâmina armazenada, a lâmina percolada e a porcentagem de área adequadamente irrigada. Na segunda e terceira avaliações coletou-se apenas a umidade do solo imediatamente antes da irrigação. No Pivô 5 realizou-se apenas duas avaliações de manejo, devido à ocorrência de um período prolongado de chuvas na região.

Para a avaliação do manejo, foram escolhidos três pontos de amostragem de solo em uma direção radial, de forma que cada um representasse 1/3 da área coberta pelo equipamento. Em cada um destes pontos foram retiradas amostras de solo em três locais e em três profundidades (0-20, 20-60 e 60-100 cm) 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.

Para determinar a lâmina média aplicada, considerou-se a vazão do sistema. Não sendo

possível efetuar, durante os testes, a medição da vazão na entrada da linha lateral do pivô, seu valor foi considerado como o valor da vazão de projeto do sistema.

A lâmina coletada foi determinada utilizando-se duas linhas de coletores dispostas em paralelo e espaçadas entre si de meio metro, que representaram um único raio. Em cada uma das linhas os coletores foram dispostos ao longo dos pivôs, sendo numerados em ordem crescente, a partir do centro, afastados entre si de cinco metros e apoiados em suportes de 0,4 m de altura. A partir dos dados de precipitação coletados, determinou-se a lâmina média ponderada.

A irrigação real necessária foi determinada a partir dos dados de capacidade de armazenamento de água do solo e da cultura. A partir dos dados de precipitação obtidos ao longo do pivô, onde foram determinados os parâmetros de água no solo, determinou-se o perfil de distribuição das lâminas de irrigação. A porcentagem de área adequadamente irrigada (Pad), a lâmina armazenada (Larm), a lâmina de déficit (Ldef) e a lâmina percolada (Lper) foram determinadas graficamente.

O desempenho da irrigação foi determinado com a estimativa da eficiência de aplicação de água (Ea), calculada pela equação 1, as eficiências em potencial de aplicação de água (EPa) propostas por Bernardo et al. (2006) com a Equação 2 e por Keller & Bliesner (1990) com a Equação 3. Considerou-se o valor de CI = 12 para equipamentos do tipo pivô central de baixa pressão equipados com difusores e placa estriada, conforme recomendado por Keller & Bliesner (1990).

$$Ea = 100L_{arm} \cdot L_{apl}^{-1} \quad (1)$$

$$Epa_B = 100L_{col} \cdot L_{apl}^{-1} \quad (2)$$

$$Epa_K = 0,976 + 0,005ETo - 0,00017ETo^2 + 0,0012Vv - CI(0,00043ETo + 0,00018Vv + 0,000016EToVv) \quad (3)$$

Onde:

Ea = eficiência de aplicação de água, %;

L_{arm} = lâmina média armazenada, mm; e

L_{apl} = lâmina aplicada, mm.

Epa_B = eficiência em potencial de aplicação de água (BERNARDO et al., 2006), %;

Epa_K = eficiência em potencial de aplicação de água (KELLER; BLIESNER, 1990), %;

L_{col} = lâmina média coletada, mm; e

ETo = evapotranspiração de referência, mm d⁻¹;

Vv = velocidade do vento, km h⁻¹; e

CI = coeficiente adimensional que caracteriza o potencial de evaporação e arraste.

A eficiência de distribuição de água para área adequadamente irrigada de projeto (Edad) foi

estimada para uma condição de manejo adequado do sistema, com a aplicação de uma lâmina de irrigação

que possibilitasse atingir uma porcentagem de área adequadamente irrigada preestabelecida de 80%, por se tratar de uma cultura de médio a alto valor econômico e sistema radicular bem desenvolvido. A

Edad foi calculada através da metodologia apresentada por Keller e Bliesner (1990), utilizando-se a Equação 4.

$$Edad = 100 + (606 - 24,9Pad + 0,349Pad^2 - 0,00186Pad^3)(1 - CUC100^{-1}) \quad (4)$$

Onde:

Edad = eficiência de distribuição para área adequadamente irrigada, %;
Pad = porcentagem de área adequadamente irrigada, %; e
CUC = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, %.

A eficiência de irrigação para área adequadamente irrigada de projeto (Eipad), foi estimada a partir dos valores da Edad e EPa obtidos pelo método apresentado por Keller e Bliesner

(1990), utilizando a Equação 5. Segundo os mesmos autores, o valor de Ec deve ser considerado igual a 1 no caso de manejo de irrigação.

$$Eipad = Edad \cdot EPa_K \cdot Ec \quad (5)$$

Onde:

Eipad = eficiência de irrigação para área adequadamente irrigada de projeto, decimal;
Edad = eficiência de distribuição para uma porcentagem de área adequadamente irrigada, decimal;
EPa_K = eficiência potencial de aplicação (Keller), em decimal; e
Ec = eficiência de condução, decimal.

A perda por percolação (Equação 6) é representada pela parte da água que foi aplicada e que se movimenta para baixo da região ocupada pelo sistema radicular da cultura, tornando-se assim indisponível para a mesma. A lâmina percolada foi

determinada com uso do aplicativo Irriplus, considerando-se a lâmina total aplicada, subtraindo-se a lâmina armazenada e a escoada na superfície do solo.

$$Pp = 100L_{per} \cdot L_{col}^{-1} \quad (6)$$

Onde:

Pp = perdas por percolação, %;
L_{per} = lâmina percolada, mm; e
L_{col} = lâmina coletada, mm.

Análise do manejo da irrigação utilizando o aplicativo Irriplus

Visando uma melhor caracterização da maneira que os agricultores estavam realizando o manejo de irrigação do cafeeiro nas diferentes regiões, também foi feito outro trabalho, utilizando-se o aplicativo Irriplus. Nesta etapa, outras três propriedades foram escolhidas sendo denominadas Pivô 1, Pivô 2 e Pivô 3.

Inicialmente, avaliou-se os sistemas de irrigação nessas propriedades, por meio da determinação das uniformidades de aplicação de água e das lâminas de irrigação aplicadas.

Durante um ano, os produtores anotaram todas as irrigações executadas cadastrando as datas e especificando a velocidade de deslocamento do

sistema. Além disso, eram coletadas as precipitações pluviométricas ocorridas em cada propriedade.

Em uma segunda etapa, as propriedades tiveram seus sistemas de irrigação reavaliados, tendo sido utilizada para isto a mesma metodologia do ano anterior. Complementando a avaliação, análises de solo com a determinação das curvas de retenção e densidade do solo foram feitas nas três propriedades em questão, além da coleta de dados de produtividade da cultura.

Após o término da coleta de dados, iniciou-se o trabalho com a utilização do aplicativo Irriplus, utilizando os dados de solo, da cultura (Tabela 3) e dados meteorológicos diários de temperatura do ar máxima, mínima e média, umidade relativa do ar, velocidade do vento e tempo de brilho solar, para o

cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o) diária através da equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). As chuvas anotadas por cada produtor foram cadastradas assim como as

irrigações realizadas e as características de desempenho de cada equipamento em cada propriedade.

Tabela 3. Profundidade do sistema radicular, idade, coeficiente da cultura (Kc), espaçamento de plantio, porcentagem de cobertura do solo e número de plantas por hectare.

Propriedade	Sistema radicular (m)	Idade (anos)	Kc	Espaçamento de plantio (m)	Cobertura (%)	Plantas por hectare (un.)
Pivô 1	0,6	3	0,8	2,5 x 0,8	30	5000*
Pivô 2	0,6	5	0,8	2,5 x 1,5	80	2700
Pivô 3	0,6	3	0,8	3 x 1,2	80	2800

* Na área em questão apenas 50% das plantas (2500 plantas) estão em fase de produção.

Em uma etapa final, o aplicativo gerou um panorama da disponibilidade hídrica para a cultura em cada propriedade, permitindo assim, fazer uma análise mais abrangente do manejo de irrigação adotado pelos irrigantes que utilizam o sistema do tipo pivô central.

(terceiras dos Pivôs 4 e 6) das oito irrigações realizadas, o déficit de água no solo não ultrapassou o limite máximo pré-estabelecido. Isso ocorreu pelo fato de que a textura predominantemente arenosa dos solos fez com que o processo de drenagem ocorresse rapidamente, induzindo os produtores ao erro no que diz respeito ao momento de se realizar as irrigações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Manejo de irrigação

Pode-se observar através dos resultados apresentados na Tabela 4 que em apenas duas

Tabela 4. Resultados dos parâmetros de avaliação de manejo para os pivôs avaliados sob o ponto de vista do manejo: data de realização das irrigações, profundidade efetiva do sistema radicular (Z), capacidade total de armazenamento de água (CTA), umidade atual (Ua), irrigação real necessária (IRN), déficit de água do solo (Def) e lâmina coletada (Lcol)

Irrigação	Data	Sistema	Z (cm)	CTA (mm)	Ua (%)	IRN (mm)	Def (%)	Lcol* (mm)
Primeira	24/07	Pivô 4	60	76	10,0	51,3	67,5	8,9
Segunda	17/08		60	76	10,4	47,7	62,8	16,2
Terceira	25/08		60	76	10,9	44,5	58,5	16,2
Primeira	29/07	Pivô 5	60	72	10,7	56,5	78,4	14,9
Segunda	23/08		60	72	9,0	68,8	95,5	12,4
Terceira	-		60	72	-	-	-	-
Primeira	31/07	Pivô 6	60	78	10,7	52,5	67,3	24,2
Segunda	16/08		60	78	10,8	51,3	65,7	24,2
Terceira	29/08		60	78	11,7	41,8	53,5	24,2

- Lâminas coletadas nas primeiras irrigações e estimadas, a partir dos resultados das primeiras avaliações, nas segundas e terceiras irrigações.

Não se observou boa relação entre as lâminas coletadas e a IRN. A lâmina aplicada variou de 17,3% a 57,9% da irrigação real necessária para se elevar o teor de umidade do solo à capacidade de campo. Desse modo, fica clara a necessidade de um manejo de irrigação, com aplicação de lâminas visando o momento atual e o futuro. Deve-se avaliar se existe a necessidade ou não de se elevar o teor de umidade do solo à capacidade de campo em um

determinado momento do ciclo da cultura, trabalhando-se também com a previsão e possibilidade de chuvas acontecerem em um futuro próximo.

Parâmetros de desempenho de irrigação

Os resultados referentes às avaliações de irrigação para os três sistemas avaliados em irrigações consecutivas são apresentados na Tabela

5. É importante ressaltar que a eficiência de condução, nos três casos, foi considerada boa, adotando-se o valor de 99% para as mesmas.

Tabela 5. Resultados das avaliações de manejo de irrigação referentes aos pivôs 4, 5 e 6: 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 (ED₈₀), eficiência para área adequadamente irrigada de projeto (Eip₈₀), porcentagem de área adequadamente irrigada (Pad), perdas por percolação (Pp) e eficiência de aplicação de água (Ea).

Parâmetro	Unid.	Irrigação		
		1°	2°	3°
Pivô 4				
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
Pivô 5				
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	-
Pivô 6				
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

As três irrigações analisadas no pivô 4 foram realizadas em 24/07, 17/08 e 25/08. Entre a primeira e a segunda irrigação, com turno de rega de 24 dias, ocorreram precipitações que totalizaram aproximadamente 27 mm na região. Já entre a segunda e a terceira irrigação, com turno de rega de 7 dias, ocorreu na região uma precipitação de aproximadamente 2 mm.

As duas irrigações avaliadas no pivô 5 foram executadas nos dias 29/07 e 23/08. As mesmas foram consecutivas existindo entre a primeira e a segunda irrigação um turno de rega de 25 dias sendo que neste intervalo ocorreram precipitações que totalizaram aproximadamente 27 mm.

As irrigações analisadas no Pivô 6 foram realizadas em 31/07, 16/08 e 29/08. Entre a primeira e a segunda irrigação, com turno de rega de 16 dias, ocorreram aproximadamente 19 mm de precipitações. Já entre a segunda e a terceira irrigação, com turno de rega de 13 dias, ocorreram na região duas precipitações que totalizaram aproximadamente 3,6 mm.

Quando se analisou o momento de irrigar, observou-se que no Pivô 4 o produtor tomou tardiamente a decisão de executar a irrigação em duas das três irrigações realizadas, uma vez que, apenas na terceira delas o limite mínimo de disponibilidade de água no solo, que no caso do café é de 50%, segundo classificação proposta por Doorenbos & Kassam (1979), não havia sido ultrapassado. No Pivô 5, verificou-se que o produtor tomou tardiamente a decisão de irrigar nas duas oportunidades, pois em ambos os casos o fator de disponibilidade de água no solo foi ultrapassado, atingindo valores muito altos, sendo 78,4% na primeira irrigação e 95,5% na segunda. Além disso, foi observado que o turno de rega de 25 dias, mesmo com precipitações de 27 mm neste intervalo, neste solo de estrutura arenosa, foi muito extenso, fazendo com que a umidade do solo atingisse valores próximos ao seu ponto de murcha. Assim como ocorreu nas avaliações das duas primeiras propriedades, o produtor tomou tardiamente a decisão de executar a irrigação em duas das três irrigações realizadas, uma vez que, apenas na terceira delas o limite máximo de disponibilidade de água no solo não havia sido ultrapassado.

Avaliando-se a relação entre as lâminas coletadas e a irrigação real necessária para se elevar a umidade do solo à sua capacidade de campo, verifica-se que para o Pivô 4, na primeira irrigação, a lâmina coletada representou 16,6% da lâmina requerida. Na segunda irrigação este percentual aumentou para 37,3% e na terceira irrigação a

lâmina coletada representou 40,0% da IRN. Para o Pivô 5, em todas as irrigações a lâmina aplicada foi considerada baixa. Na primeira irrigação a lâmina coletada representou 26,4% da IRN e na segunda este valor caiu para 16,0%.

No Pivô 6 verificou-se que na primeira irrigação a lâmina coletada representou 45,9% da lâmina requerida. Na segunda irrigação este percentual subiu para 47% e na terceira irrigação a lâmina coletada representou 57,6% da IRN. Estes resultados mostram que nesta propriedade, dentre as três avaliadas, as lâminas de irrigação aplicadas se aproximaram mais daquelas requeridas para se elevar a umidade do solo à sua capacidade de campo.

A eficiência de aplicação de água (E_a) no Pivô 5 para as duas irrigações realizadas foi baixa. Isso pode ter ocorrido por se ter sido utilizado vazão de projeto para se chegar à lâmina aplicada. Provavelmente este sistema apresenta uma vazão menor do que a projetada, fazendo com que os valores da eficiência de aplicação de água e da eficiência potencial de aplicação de água segundo Bernardo ($EP_{a\text{Bernardo}}$) fossem baixos e incomuns para este tipo de situação.

Em decorrência de aplicações de lâminas deficitárias, as porcentagens de áreas adequadamente irrigadas se aproximaram de zero (pivô 6) ou foram iguais a zero (pivôs 4 e 5). Por outro lado altas eficiências de irrigação foram obtidas, à exceção do pivô 5, uma vez que as lâminas aplicadas foram insuficientes, levando as perdas por percolação profunda a serem nulas (pivô 4 e 5) ou bem pequenas (pivô 6).

Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Bonomo (1999), que avaliou este tipo de equipamento no estado de Minas Gerais, mostrando que o manejo de irrigação adotado para sistemas do tipo pivô central na cafeicultura ainda é deficiente.

Desconsiderando os valores de eficiência em potencial de aplicação, calculada na avaliação do Pivô 5, os valores das perdas calculadas, através da metodologia proposta por Bernardo et al. (2006), ficaram na faixa de 90,2 a 92,7%, com as perdas variando de 7,3 a 9,8%. Por outro lado, os valores da eficiência em potencial de aplicação ($EP_{a\text{Keller}}$), estimados a partir da metodologia proposta por Keller e Bliesner (1990), apresentaram valores de 97,8 a 98,1%, ou seja, com perdas por evaporação e arraste pelo vento variando de 1,9 a 2,2% da lâmina aplicada.

Observou-se que a eficiência em potencial de aplicação (EP_a), que representa as perdas por evaporação e arraste pelo vento para os sistemas por

aspersão, apresentou valores maiores quando estimados através da metodologia proposta por Keller e Bliesner (1990), em comparação aos valores obtidos através do método convencional (BERNARDO et al., 2006). Este fato já era esperado em razão da metodologia proposta por Keller e Bliesner (1990), representar as condições médias do dia da avaliação, representando, portanto, um valor mais amplo das condições gerais, enquanto a metodologia proposta por Bernardo et al. (2006) fornece o valor momentâneo para as condições em que o teste foi realizado. Como os testes foram realizados durante o dia, quando as condições proporcionam maiores perdas por evaporação e arraste é normal que a eficiência em potencial de

aplicação, segundo Bernardo et al. (2006), apresente valores menores quando comparados ao método proposto por Keller e Bliesner (1990),.

Nos sistemas avaliados, os valores de Eip80 variaram de 77 a 85,1% significando que a lâmina bruta a ser aplicada nestes sistemas, para que 80% da área seja adequadamente irrigada, deve ser de 1,17 a 1,3 vezes maior que a lâmina requerida.

Manejo da irrigação utilizando-se o software Irriplus

Na Tabela 6 são apresentados resultados gerados pelo aplicativo Irriplus referentes ao período de um ano, compreendido entre os dias 01/06 a 30/06.

Tabela 6. Evapotranspiração diária máxima e mínima da cultura, evapotranspiração média do período, evapotranspiração total da cultura, somatório das irrigações realizadas e somatório das precipitações efetivas ocorridas.

Parâmetro	Un.	Pivô 1	Pivô 2	Pivô 3
ETc diária máxima	mm	4,5	4,6	4,8
ETc diária mínima	mm	0,7	1,0	0,6
ETc média do período	mm	2,4	2,7	2,6
ETc total do período	mm	870,1	1011,7	961,8
Irrigação realizada	mm	100	196,5	136,0
Precipitação efetiva*	mm	808,1	818,7	822,1

*Precipitação efetiva total menos excesso de água no solo

Observa-se que nas propriedades avaliadas, a ETc diária variou de 0,6 a 1,0 mm nos dias de menor demanda e de 4,5 a 4,8 mm nos dias de maior demanda hídrica. Os valores médios de ETc variaram 2,4 a 2,7 mm. As irrigações realizadas totalizaram 100; 196,5 e 136 mm nos pivô de 1 a 3, respectivamente. As precipitações efetivas variaram de 808,1 a 822,1 mm, durante o período de estudo. As precipitações foram bem distribuídas durante o período e em boa quantidade, tendo sido este ano considerado atípico pelos produtores, no que diz

respeito às chuvas. Devido a este fato, a água fornecida via irrigação para as culturas representou apenas 11,0; 19,3 e 14,1% do total de entrada de água nos pivôs de 1 a 3, respectivamente.

Na Tabela 7 são apresentados os resultados de disponibilidade de água para as plantas durante o período crítico para o cafeeiro (florescimento ao final do enchimento de grãos). Neste caso, o período abrangeu sete meses, iniciando-se em setembro e terminando no final de março.

Tabela 7. Déficit médio de água no solo, número de dias com déficit de água no solo superior a 60% (NDDS_{60%}), evapotranspiração da cultura, somatório das irrigações realizadas, somatório das precipitações efetivas ocorridas e produtividade da cultura obtida em cada Pivô.

Parâmetro	Un.	Pivô 1	Pivô 2	Pivô 3
Déficit de água médio	%	39,1	42,6	41,5
NDDS _{60%}	dias	69,0	76,0	73,0
ETc total do período	mm	588,9	694,4	676,7
Irrigação realizada	mm	80,0	108,0	88,0
Precipitação efetiva*	mm	580,8	624,3	623,3
Produtividade da cultura	Sacas /ha	45	65	60

*Precipitação efetiva total menos excesso de água no solo

Observa-se que o déficit médio de água no solo nas três propriedades avaliadas foram semelhantes e não ultrapassaram o fator de

disponibilidade de água no solo (50%). Porém, em todas as propriedades este déficit foi superior a 50%

por mais de dois meses se somarmos todos os dias em que isto ocorreu.

As três propriedades apresentaram boas produtividades, embora o Pivô 1 tenha tido uma produção inferior às demais. Esta propriedade possuía o menor número de plantas em produção por hectare, além de ter o cafeeiro mais jovem, dentre as três propriedades avaliadas. O Pivô 1 apresentou a menor uniformidade de aplicação de

água, com os dois coeficientes abaixo do mínimo recomendado.

Na Figura 1, apresentam-se os gráficos com a variação da umidade do solo, das três propriedades avaliadas, ao longo do período de avaliação. Pode-se notar que a umidade do solo ficou abaixo do mínimo recomendado por vários dias durante o período crítico da cultura.

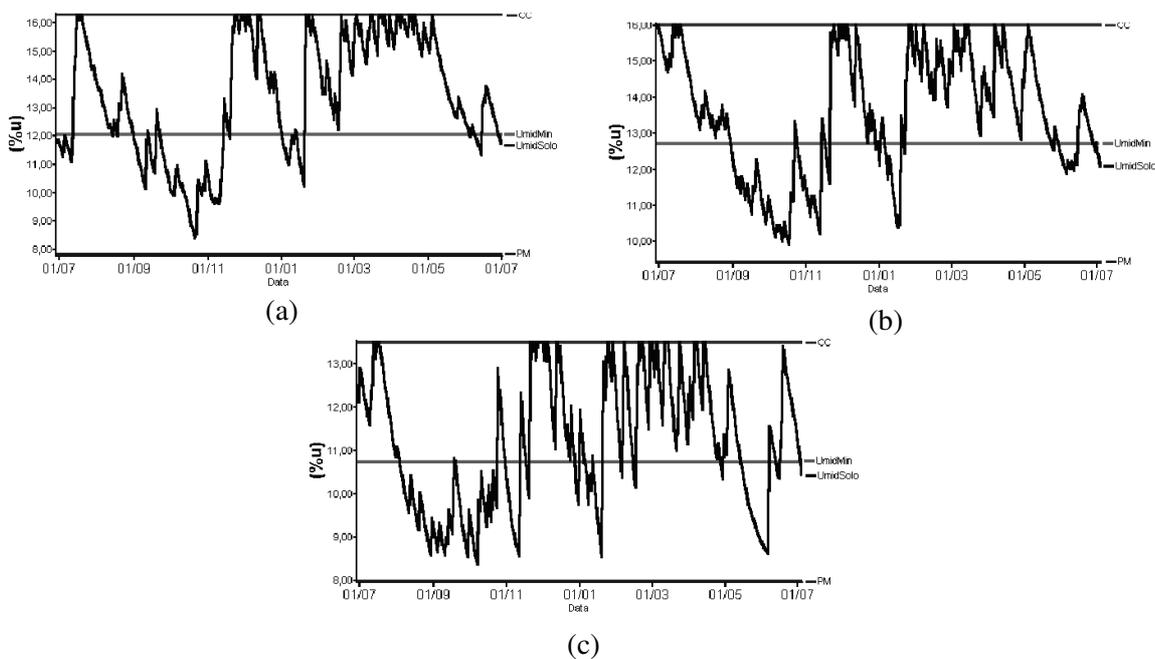


Figura 1. Capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PM), umidade mínima recomendada e teor de umidade do solo (%u) ao longo do período de estudo nos pivôs 1 (a), 2 (b) e 3 (c).

Detectou-se falhas na condução da irrigação durante o período de acompanhamento, com o déficit hídrico elevado em fases importantes do ciclo da cultura, para as três propriedades avaliadas.

CONCLUSÃO

As irrigações foram feitas na maior parte dos casos com atraso; as lâminas de irrigação

aplicadas foram bem menores que as lâminas requeridas para se elevar o teor de umidade do solo à capacidade de campo, a metodologia proposta por Keller para estimar a Epa representa melhor a condição de realização da irrigação em sistemas por pivô central.

ABSTRACT: This study was carried out to analyze the irrigation management in coffee growing irrigated by center-pivots in the South of Bahia and North of the Espírito Santo States. In a first step, three farms were used to study the irrigation management adopted, analyzing the applied depth and the timing of irrigation. It were made three consecutive assessments of management in each of that farms, determining the soil moisture before irrigation and irrigation depth applied by the system. On all farms assessed at this stage were observed failures in the irrigation management, with late in the irrigation and water depths below the required, providing high deficit levels. In the second stage it was made up an irrigation management in three other farms, during the period of one year, with meteorological data from local automatic stations using the software Irriplus. Failures were detected in irrigation management in the three properties examined, with pronounced water deficits at important culture stages.

KEYWORDS: *Coffea Canephora*. Irrigation management. Irriplus.

REFERENCIAS

- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 611 p.
- BONOMO, R. **Análise da irrigação na cafeicultura em áreas de cerrado de Minas Gerais**. 1999. 224 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- COSTA, L. C. Agrometeorologia. In: MANTOVANI, E. C., COSTA, L. C. (ed.). Workshop internacional sobre manejo integrado das culturas e recursos hídricos, 1, **Resumos**. Brasília, p. 3-21. 1998.
- DARDENGO, M. C. J. D.; REIS, E. F. dos; PASSOS, R. B. Influência da disponibilidade hídrica no crescimento inicial do cafeeiro conilon. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 6, p. 1-14, 2009.
- DOORENBOS, J., KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Roma: FAO, 1979. 193p. (irrigation and drainage Paper, 33).
- EFE, S. I.; ADOGBEJI, O. B. The assessment of the use of information and communication technology (ICT) in data storage and information dissemination in Nigerian meteorological stations. **Electronic Library**, v. 24, n. 2, p. 237-242, 2006.
- GUTIERREZ, M. V., MEINZER, F. C. Estimating water use irrigation requirements of coffee in hawaii. **Journal of the American Society of Horticulture Science**, p. 652-657, v 119, n. 3, 1994.
- JALOTA, S. K.; SOOD, A. G. B. S.; CHAHAL, B. U. Crop water productivity of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) – wheat (*Triticum aestivum* L.) system as influenced by deficit irrigation, soil texture and precipitation. **Agricultural Water Management**, v. 84, p. 137-146, 2006.
- KELLER, J., BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990. 649p.
- PEREIRA, L. S.; OWEIS, T.; ZAIRI, A. Irrigation management under water scarcity. **Agricultural Water Management**, n. 57, p. 175-206, 2002.
- 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: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p. 239 - 280.