

EFICIÊNCIA DE IRRIGAÇÃO EM SISTEMAS PRESSURIZADOS EMPREGADOS NA CAFEICULTURAS EM ÁREAS DE CERRADO DE MINAS GERAIS¹

Robson **BONOMO**², Everardo C. **MANTOVANI**³, Antônio A. **SOARES**⁴

RESUMO: Avaliou-se um total de 21 sistemas de irrigação, localizados em propriedades cafeeiras representativas das regiões cafeeiras do Triângulo e Noroeste de Minas Gerais, abrangendo seis sistemas pivô central, cinco autopropelido, um canhão, um minicanhão, três gotejamento e três tubo de polietileno perfurado. Foram determinados os parâmetros físico-hídricos do solo e os parâmetros de desempenho correspondentes a uniformidade de aplicação de água e eficiência de irrigação, visando caracterizar as condições atuais do uso da irrigação na cafeicultura da região. Observou-se, na maior parte dos sistemas por pivô central e autopropelido, a aplicação de uma lâmina de irrigação inferior à lâmina requerida, já nos sistemas por gotejamento, foram observados excessos de aplicação de água. Os valores da eficiência de irrigação para área adequadamente irrigada de projeto (E_{ip80}) foram, em média: 79,0% para os sistemas por autopropelido e canhão, 79,5% para pivô central, 71,5% para gotejamento e 87,8% para tubo perfurado de polietileno.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência de irrigação; Cafeicultura irrigada

INTRODUÇÃO

Nas áreas de cerrado de Minas Gerais, vários sistemas de irrigação têm sido usados em cafezais, destacando-se a irrigação localizada por gotejamento e tubos de polietileno flexível perfurado, e irrigação por aspersão por autopropelido e pivô central. Porém, o emprego destes sistemas de irrigação nem sempre tem seguido padrões corretos de dimensionamento e manejo. É fundamental que, antes que qualquer estratégia de manejo de irrigação seja implementada, se proceda a uma avaliação de desempenho do sistema de irrigação. A partir daí será possível avaliar a adequação do equipamento, em relação aos requerimentos de água dos cultivos utilizados, e a eficiência de aplicação (SILVA et al., 1998). A avaliação de um sistema de irrigação visa: (a) determinar com qual eficiência de irrigação o sistema vem sendo utilizado; (b) como efetivamente o sistema pode ser operado e se ele pode ser aperfeiçoado; (c) obter informações que vão auxiliar na assistência e elaboração de outros projetos; e (d) obter informações para possibilitar a comparação entre vários métodos, sistemas e procedimentos de manejo, como bases para decisões de ordem econômica (MERRIAM et al., 1983). Este trabalho tem como objetivos gerais avaliar, do ponto de vista da engenharia e do manejo, os principais sistemas pressurizados de irrigação empregados na cafeicultura da região, determinando-se a uniformidade de aplicação de água, a eficiência de irrigação, e a área adequadamente irrigada.

MATERIAL e MÉTODOS

Este estudo foi realizado, no período de julho a setembro de 1998, em um total de 19 sistemas de irrigação localizados em propriedades cafeeiras representativas das regiões cafeeiras do Triângulo e Noroeste de Minas Gerais, abrangendo seis sistemas pivô central, cinco autopropelido, um canhão, um minicanhão, três gotejamento e três tubo de polietileno perfurado. A determinação das propriedades avaliadas foi realizada a partir de um levantamento feito nas associações e cooperativas de cafeicultores da região.

As coletas de amostras de solos para avaliação do manejo da foram realizadas em três locais em cada sistema, e em cada um desses locais foram retiradas amostras de solos em três pontos em relação aos cafeeiros, sendo retiradas amostras, imediatamente antes da irrigação, nas camadas de 0-20, 20-60 e 60-100 cm. A umidade foi determinada pelo método-padrão de estufa. Foram retiradas, também, três amostras por camadas para a determinação da massa específica do solo e da curva de retenção de água, sendo estimados os valores de capacidade de campo e ponto de murcha correspondentes às tensões de 0,3 e 15 Bar, respectivamente.

As metodologias para coleta de lâminas de água e determinação dos distintos parâmetros de eficiência, para os diversos sistemas, foram baseadas em MERRIAM e KELLER (1978); KELLER e BLIESNER (1990); BERNARDO (1995); (TARJUELO MARTÍN-BENITO, 1995); e BURT et al. (1997). Foram determinados

¹ Trabalho financiado pela FAPEMIG e pelo CONSÓRCIO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO CAFÉ.

² Eng. Agrônomo, D.S., Ex-Bolsista PNP&D Café/EMBRAPA; atualmente Professor CAJ/UFV, rbonomo@jatai.ufv.br

³ Eng. Agrícola, D.S, Prof. Titular do DEA/UFV, Bolsista do CNPq, everardo@mail.ufv.br ;

⁴ Eng. Agrícola, PhD. Eng. Agrícola, Prof. Titular do DEA/UFV, Bolsista do CNPq, aasoares@mail.ufv.br

os seguintes parâmetros: eficiência em potencial de aplicação de água (EPa) (exceto para os sistemas de irrigação localizada), eficiência de aplicação (Ea), eficiência de distribuição para área adequadamente irrigada de projeto (EDad), eficiência de irrigação para área adequadamente irrigada de projeto (Eipad), o coeficiente de déficit (Cd) e as perdas por percolação (Pp).

RESULTADOS e DISCUSSÃO

Os resultados referentes aos parâmetros de avaliação do desempenho de irrigação, para sistemas de irrigação por aspersão, são apresentados nos Quadros 1 e 2. Verifica-se, para todos os sistemas por autopropelido testados, à exceção do auto 4, a tendência de aplicação de lâminas de irrigação inferiores às lâminas requeridas, com uma porcentagem de área adequadamente irrigada igual a 0.

Quadro 1 - Resultados dos parâmetros de avaliação de eficiência de irrigação para sistemas por autopropelido e canhão: lâmina de irrigação requerida (IRN), lâmina aplicada (Lapl), coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), porcentagem de área adequadamente irrigada (Pad), eficiência potencial de aplicação (EPa), coeficiente de déficit (Cd), perdas por percolação (Pp), eficiência de condução (Ec), eficiência de distribuição de projeto (ED₈₀), eficiência para área adequadamente irrigada de projeto (Eip₈₀) e eficiência de aplicação (Ea)

Parâmetro	Unidade	Sistema							
		auto 1	auto 2	auto 3	auto 4	auto 5	canhão	minic.	
IRN	mm	47,9	89,3	51,9	19,4	47,1	33,2	31,8	
Lapl	mm	38,3	25,4	26,8	33,3	25,4	76,1	39,5	
CUC	%	79,3	85,2	74,7	89,0	81,4	84,7	78,1	
Pad	%	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0	32,7	
EPa _{Keller}	%	97,6	97,6	97,6	97,6	97,6	97,9	97,8	
EPa _{Bernardo}	%	70,6	84,5	88,8	77,0	93,5	91,8	74,1	
Cd	%	43,5	75,9	54,2	0,0	49,6	0,0	14,5	
Pp	%	0,0	0,0	0,0	24,5	0,0	52,5	7,2	
Ec	%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100	
ED ₈₀	%	78,3	84,5	73,5	88,5	80,5	84,0	77,1	
Eip ₈₀	%	76,4	82,5	71,7	86,4	78,6	82,2	75,4	
Ea	%	70,8	84,6	88,8	58,3	93,3	43,6	68,9	

Quadro 2 - Resultados dos parâmetros de avaliação de eficiência de irrigação para sistemas por pivô central: lâmina de irrigação requerida (IRN), lâmina aplicada (Lapl), coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), porcentagem de área adequadamente irrigada (Pad), eficiência potencial de aplicação (EPa), coeficiente de déficit (Cd), perdas por percolação (Pp), eficiência de condução (Ec), eficiência de distribuição de projeto (ED₈₀), eficiência para área adequadamente irrigada de projeto (Eip₈₀) e eficiência de aplicação (Ea)

Parâmetro	Unidade	Pivô						
		pivô 1	pivô 2	pivô 3	pivô 4	pivô 5	pivô 6	
IRN	mm	18,2	10,4	72,2	25,0	45,0	15,2	
Lapl	mm	22,2	12,7	-	17,9	24,6	15,0	
CUC	%	80,9	80,8	85,7	89,3	83,1	82,5	
Pad	%	68,1	71,7	0,0	0,0	0,1	8,3	
EPa _{Keller}	%	96,6	95,5	95,5	95,6	95,5	96,4	
EPa _{Bernardo}	%	93,2	96,3	-	79,5	87,8	77,6	
Cd	%	4,5	3,9	72,3	43,2	52,1	24,3	
Pp	%	16,4	18,7	0,0	0,0	0,0	2,2	
Ec	%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
ED ₈₀	%	80,0	79,9	85,0	88,8	82,3	81,7	
Eip ₈₀	%	77,3	76,3	81,2	84,9	78,6	78,7	
Ea	%	78,1	78,0	-	79,5	87,8	75,4	

No sistema por canhão avaliado, a lâmina aplicada foi muito superior à lâmina requerida, levando a uma condição de 100% de área adequadamente irrigada (Pad), porém com excessiva perda por percolação. Já no sistema por minicanhão observa-se melhor adequação da lâmina de irrigação, mas com porcentagem de área

adequadamente irrigada (Pad) inferior ao limite recomendado de 80%. Nota-se nas irrigações efetuadas nos pivôs 3, 4 e 5, as percentagens de áreas adequadamente irrigadas (Pad) foram aproximadamente iguais a 0. Isso ocorreu por causa da aplicação de uma lâmina de irrigação menor que a necessária para elevar o solo à capacidade de campo, ao longo de toda a área. Por outro lado, isso implicou alta eficiência de aplicação, devido as perdas por percolação serem nulas. Quanto a eficiência de irrigação (Ei), Observa-se para os sistemas por autopropelido, o seu valor variou de 58,3 a 93,3%, com média de 79,1%; para canhão, de 43,6 a 68,9%, com média igual a 56,2%; e para sistemas por pivô central, de 76,7 a 87,8%, com média igual a 79,5%.

Em virtude dos valores encontrados de EPa_{Keller} , Ec e ED_{80} , determinou-se a eficiência de irrigação para área adequadamente irrigada de projeto (Eip_{80}), considerando-se um ajuste na lâmina aplicada para o valor referente ao déficit de água no solo em 80% da área. Para autopropelido e canhão, os valores de Eip_{80} apresentam-se na faixa de 75,4 a 86,4%, com média de 79,0%. Para pivô central, os valores de Eip_{80} tiveram variação de 76,3 a 84,9%, com média de 79,5%.

Em relação aos sistemas de irrigação localizada (Quadro 3) dois dos sistemas avaliados, Gotejos A e B, a irrigação foi iniciada, com a umidade do solo acima da capacidade de campo, levando a uma perda total da lâmina de irrigação aplicada por percolação profunda. No sistema Gotejo-C, a lâmina aplicada foi muito maior que a lâmina requerida, levando a uma baixa eficiência de aplicação devido a uma altíssima perda por percolação. Os valores obtidos nas avaliações de sistemas por gotejamento indicam, além de falhas na decisão de quando irrigar, a adoção de tempo de irrigação muito grande com elevadas perdas por percolação. Nos sistemas Gotejo-A e Gotejo-C os valores de porcentagem de área molhada estão inferiores ao valor mínimo de 20% para regiões de clima úmido, recomendado por MERRIAM e KELLER (1978). Já para os sistemas de tubo perfurado, os valores de porcentagem de área molhada são superiores a 34,5. Os resultados indicam baixos valores de eficiências de aplicação (Ea) para os sistemas por gotejamento, inferiores a 3,8%, com elevadas perdas por percolação, em razão de a irrigação ser iniciada no momento inadequado e aos excessivos tempos de irrigação empregados. Os sistemas por tubo perfurado, Tubos A e C, apresentaram valores mais elevados de Ea , em razão dos menores valores de perdas por percolação, exceto no sistema Tubo-B. Observou-se que os valores de

Quadro 3 - Resultados dos parâmetros de avaliação de desempenho de irrigação para sistemas por gotejamento e tubo perfurado: pressão média (Pmed), tempo de irrigação (Ti), porcentagem de área molhada (Pam), irrigação real necessária (IRN), lâmina aplicada (Lapl), coeficiente de uniformidade de emissão (CUE), porcentagem de área adequadamente irrigada (Pad), coeficiente de déficit (Cd), perdas por percolação (Pp), eficiência de condução (Ec), eficiência de distribuição de projeto (ED_{80}), eficiência para área adequadamente irrigada de projeto (Eip_{80}) e eficiência de aplicação (Ea)

Parâmetro	Unidade	Sistema por gotejamento			Sistema por tubo perfurado		
		Gotejo-A	Gotejo-B	Gotejo-C	Tubop- A	Tubop- B	Tubop- C
Ti	h	10,0	12,0	47,0	23,0	47,0	23,0
Pam	%	11,8	20,6	16,2	35,7	34,5	40,3
IRN	Mm	0,0	0,0	1,2	18,7	14,0	16,2
Lapl	Mm	5,4	9,2	31,6	17,1	52,5	20,7
CUE	%	53,5	65,0	52,1	91,9	77,2	75,5
Pad	%	100,0	100,0	100,0	12,0	100,0	87,0
Cd	%	0,0	0,0	0,0	8,8	0,0	1,6
Pp	%	total	total	96,2	0,0	73,3	22,7
Ec	%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
ED_{80}	%	69,3	76,9	68,4	94,7	85,0	83,8
Eip_{80}	%	69,3	76,9	68,4	94,7	85,0	83,8
Ea	%	0,0	0,0	3,8	99,8	26,7	77,2

¹ valores correspondentes a 1 metro de tubo perfurado.

eficiência de irrigação (Ei), para os sistemas por gotejamento, variaram de 0 a 3,8%, com média de 1,3%, e, para tubo perfurado, variaram de 26,7 a 99,8%, com média de 67,9%.

A partir dos valores da eficiência de condução (Ec) e da eficiência de distribuição, para uma condição projetada de manejo adequado, com uma área adequadamente irrigada de 80% (ED_{80}), determinaram-se os valores de eficiência (Eip_{80}) que poderia ser utilizada na estimativa da lâmina total de irrigação, para uma condição adequada de manejo em que 80% da área receberia uma lâmina de irrigação igual ou maior que a lâmina requerida. O valor de eficiência de irrigação para uma área adequadamente irrigada de 80% (Eip_{80}) médio obtido para os sistemas por gotejamento foi de 71,5%, refletindo diretamente os baixos valores de

uniformidade de emissão de água observados para este sistema. Os sistemas por tubo perfurado apresentaram E_{ip80} médio de 87,8%, refletindo os melhores valores de uniformidade de emissão de água.

CONCLUSÕES

Observou-se, na maior parte dos sistemas por pivô central e autopropelido, a aplicação de uma lâmina de irrigação inferior à lâmina requerida, proporcionando elevados valores de coeficientes de déficit (Cd). Já nos sistemas por gotejamento, foram observados excessos de aplicação de água, com elevados valores de perdas por percolação profunda. Os valores da eficiência de irrigação para área adequadamente irrigada de projeto (E_{ip80}), considerando-se um ajuste na lâmina aplicada para o valor referente ao déficit de água no solo em 80% da área, foram, em média: 79,0% para os sistemas por autopropelido e canhão, 79,5% para pivô central, 71,5% para gotejamento e 87,8% para tubo perfurado de polietileno. Os valores de eficiência de aplicação (E_a) foram, em média, de: 79,1% para os sistemas por autopropelido, 56,2% para canhão, 79,5% para pivô central, 1,3% para gotejamento e 67,9% para tubo perfurado de polietileno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1995. 596 p.
- BURT, C. M., CLEMMENS, A. J., STRELKOFF, T. S., SOLOMON, K. H., BLIESNER, R. D., HARDY, L. A., HOWELL, T. A. Irrigation performance measures: efficiency and uniformity. **Journal of the Irrigation and Drainage Engineering**, v.123, n.6, p. 423-442, 1997.
- KELLER, J., BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990. 649 p.
- MERRIAM, J. L., KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271 p.
- 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.
- SMITH, M., SEGEREN, A., PEREIRA, L. S., PERRIER, A., ALLEN, R. **Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guideline for prediction of crop water requirements**. Rome: FAO, 1991. 45 p.
- TARJUELO MARTÍN-BENITO, J. M. **El riego por aspersión y su tecnología**. Madrid: Mundi-Prensa, 1995. 491p.

AVISO

ESTA PUBLICAÇÃO PODE SER ADQUIRIDA NOS
SEGUINTE ENDEREÇOS:

FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES

Edifício Sede, s/nº. - Campus Universitário da UFV
Viçosa - MG
Cep: 36571-000
Tels: (31) 3891-3204 / 3899-2485
Fax : (31) 3891-3911

EMBRAPA CAFÉ

Parque Estação Biológica - PqEB - Av. W3 Norte (Final)
Edifício Sede da Embrapa - sala 321
Brasília - DF
Cep: 70770-901
Tel: (61) 448-4378
Fax: (61) 448-4425