

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA DO CAFEIEIRO, NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO PLANALTO DE ARAXÁ, MG

André Luís Teixeira Fernandes¹, Tiago de Oliveira Tavares², Felipe Santinato³,
Rodrigo Ticle Ferreira⁴, Roberto Santinato⁵

(Recebido: 28 de setembro de 2015; aceito: 01 de fevereiro de 2016)

RESUMO: Na região do planalto de Araxá, tradicionalmente se produz café economicamente sem a necessidade da irrigação. Porém, nos últimos anos, com as alterações climáticas, foram verificados anos com déficits hídricos superiores a 150 mm, afetando o desenvolvimento vegetativo e produtivo da cultura. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar irrigações complementares para aumento da produção e da lucratividade do cafeeiro cultivado no planalto de Araxá, comparado com o cultivo de sequeiro e com o tratamento de irrigação plena, durante o ano todo. O trabalho foi implantado em Araxá, MG, em 2006, e conduzido por 9 anos, e foram avaliados diferentes períodos de déficits hídricos (desde abril até novembro), comparando-se com a irrigação plena e a testemunha. Após 6 safras consecutivas, pode-se concluir que a irrigação suplementar promoveu aumento da produtividade no cafeeiro cultivado, nas condições do Planalto de Araxá, principalmente em anos de déficit hídrico. Com relação ao desempenho econômico (R\$/ha ano⁻¹), a irrigação plena promoveu ganhos de 279% comparando-se com o tratamento sem irrigação.

Termos para indexação: *Coffea arabica* L., cafeicultura irrigada, gotejamento.

TECHNICAL AND ECONOMIC VIABILITY OF DRIP IRRIGATION OF COFFEE IN ARAXÁ, MG

ABSTRACT: In the region of Araxá highlands, the economical production of coffee is traditionally made without irrigation. Notwithstanding in recent years, with climate change, water deficit of 150 mm have been verified, affecting the vegetative and productive development of the culture. Within this context, the aim of this study was to evaluate supplementary irrigation to increase production and profitability of the coffee grown in the highlands of Araxá, compared to a non-irrigated and irrigated cultivation throughout the year. The work was implemented in Araxá, Minas Gerais in 2006 and carried out throughout the period of nine years. Different periods of water stress (from April to November) were evaluated, compared with irrigation throughout the year and the witness. After 6 consecutive harvests, it can be concluded that supplemental irrigation promoted an increased productivity in the coffee grown under the conditions of the Araxá Plateau, especially in years of drought. With regard to economic performance, the process of irrigation applied throughout the year promoted profits of 279% (R\$/ha year⁻¹) compared to the treatment without irrigation.

Index terms: *Coffea arabica* L., irrigated coffee, drip irrigation.

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro produz café de excelente qualidade devido às suas condições climáticas propiciarem duas estações bem definidas - verão chuvoso e inverno seco - garantindo suprimento hídrico nas fases de desenvolvimento dos frutos e clima seco durante a colheita (FERNANDES et al., 2012); Devido ao seu relevo plano-ondulado, apto à mecanização, obtém-se colheita mecanizada de café (ORTEGA; JESUS, 2011), o que garante produtividade superior à média do Brasil. Em razão da má distribuição de chuvas na região do cerrado de Minas Gerais e da ocorrência de período seco durante a estação fria, a maioria

das lavouras é irrigada sem interrupção durante o ano (RONCHI et al., 2015). Entretanto, algumas pesquisas têm apontado que a irrigação plena, sobretudo no período que antecede à florada, pode atrasar o desenvolvimento do botão floral, em relação à lavouras não irrigadas (DaMATTA et al., 2007; SILVA et al., 2009). Na região do planalto de Araxá, que pertence ao Cerrado, tradicionalmente se produz café comercial, sem a necessidade da irrigação, devido à média histórica de déficits hídricos ser inferior a 100 mm anuais. Porém, nos últimos anos, devido às mudanças climáticas, têm sido verificados anos com déficits hídricos superiores a 150 mm, afetando o desenvolvimento vegetativo e produtivo da cultura.

¹Universidade de Uberaba/ UNIUBE - Pró Reitoria de Pesquisa, Pós Graduação e Extensão - Bloco R - Av. Nenê Sabino, 1801 Bairro Universitário - 38.055-500 - Uberaba - MG - andre.fernandes@uniube.br

^{2,3}Universidade Estadual Paulista/UNESP - Campus de Jaboticabal - Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n - Vila Industrial - Jaboticabal - SP - 14.884-900 - tiagooltavares@hotmail.com, fpsantinato@hotmail.com

⁴EDUCAMPO/CAPAL - Rua Maria Rita de Aguiar, 172 - Centro - 38183-000 - Araxá - MG - rodrigoticle@yahoo.com.br

⁵Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/ MAPA - Rodovia Heitor Penteado - Km 3 - Bairro Palmeiras - 13.092-543 Campinas - SP - roberto.santinato@agricultura.gov.br

A irrigação visa atender à demanda de água das plantas nos períodos críticos, e é necessário aplicá-la em quantidade e momento correto. Sua utilização propicia que áreas antes consideradas marginais para a produção de café arábica se tornem aptas para o cultivo, além de promover incremento na produção de lavouras já instaladas. Esses incrementos promovidos pela irrigação são bem descritos na literatura, como observado por Fernandes et al. (2012). Da mesma forma, Bonomo et al. (2008) afirmam que a irrigação dobrou a produtividade do cafeeiro. Silva, Teodoro e Melo (2008) descrevem incrementos de até 150% na produção de café, em relação ao tratamento não irrigado. Gomes, Lima e Custódio (2007), destacaram a lâmina de 60% da ECA, com a qual a produção total acumulada foi de 225,6 sc e a média anual de 45,12 sc ha⁻¹, acréscimo de 119% na produtividade do cafeeiro comparado ao tratamento não irrigado, que produziu, em média, 22,5 sc ha⁻¹ ano⁻¹.

Conforme Santinato e Fernandes (2012), o rendimento do cafeeiro é sensivelmente afetado pela limitação hídrica, que é capaz de elevar em 45% o índice de grãos malformados (chochos) quando a deficiência coincide com a fase de granação, o que reduz significativamente o crescimento vegetativo e a produção seguinte. Segundo o modelo fenológico-climático proposto por Camargo e Camargo (2001), após a fecundação, ocorrem os chumbinhos e a expansão dos frutos, etapa que compreende quatro meses, de setembro a dezembro. Havendo estiagem forte nessa fase, o estresse hídrico poderá prejudicar o crescimento dos frutos e resultar na ocorrência de baixo rendimento. A fase de granação dos frutos ocorre em pleno verão, de janeiro a março. As estiagens severas nessa fase poderão resultar no chochamento de frutos.

É importante ter cuidado com o suprimento hídrico do cafeeiro, pois, pequenas reduções na disponibilidade da água podem diminuir substancialmente o crescimento, ainda que não se observem murchas nas folhas ou quaisquer outros sinais visíveis do déficit hídrico. O uso da irrigação tem se tornado cada vez mais frequente para a cultura do café, porém, nem sempre, seguindo padrões corretos de dimensionamento e manejo (FERNANDES et al., 2007). Portanto, a geração e a adaptação de tecnologias de produção de café sob regime de irrigação plena e suplementar são imprescindíveis, de modo a permitir altas produtividades contínuas e econômicas, sem que haja degradação do meio ambiente.

Dentro deste contexto, desenvolveu-se um trabalho com o objetivo de avaliar os efeitos de irrigações suplementares sobre a produtividade e rentabilidade do cafeeiro cultivado no planalto de Araxá.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em janeiro de 2006, no Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, no município de Araxá, MG, cujas coordenadas geográficas são latitude 19° 33' 21" S e longitude 46° 58' 08" W, altitude de 960 m. O cultivo foi realizado em Latossolo Vermelho distroférico, com as seguintes características físico-hídricas: densidade de 1,14 g cm⁻³; porosidade total de 60,16 %, condutividade hidráulica de 138 mm h⁻¹, umidade na capacidade de campo de 22% e no ponto de murchamento permanente de 10%. A topografia local é de 3% de declive, e o relevo é plano-ondulado. O clima da região é classificado como Cwa, pelo método de *Koppen*, sendo a precipitação média anual de 1574 mm e a temperatura média anual é de 20,4 °C. A cultivar utilizada no experimento foi a Catuaí Vermelho IAC 144, plantada no espaçamento 4,0 x 0,5 m, (5.000 plantas ha⁻¹). O experimento foi conduzido por oito anos, sendo dois anos destinados à formação da lavoura, somado a seis safras consecutivas. O balanço hídrico normal para a região em estudo encontra-se na Figura 1. Verifica-se que a região tem déficit hídrico moderado, com somatória de 63 mm anuais, somando-se os excedentes e subtraindo-se os déficits hídricos, mês a mês.

O ensaio teve o desenho experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições e parcelas de 30 metros, sendo considerados úteis os 6 metros centrais. Os tratamentos foram: 1) Irrigação o ano todo (IAT); 2) Sem irrigação (SI); 3) Irrigação interrompida de abril a novembro de cada ano (SIAN); 4) Irrigação interrompida de maio a novembro (SIMN); 5) Irrigação interrompida de junho a novembro (SIJN); 6) Irrigação interrompida de julho a novembro (SIJLN); 7) Irrigação interrompida de agosto a novembro (SIAGN); 8) Irrigação interrompida de setembro a novembro (SISN); 9) Irrigação interrompida de outubro a novembro (SION). Adotou-se a irrigação por gotejamento, com emissores autocompensantes de 2,3 l h⁻¹, instalados a cada 0,60 m.

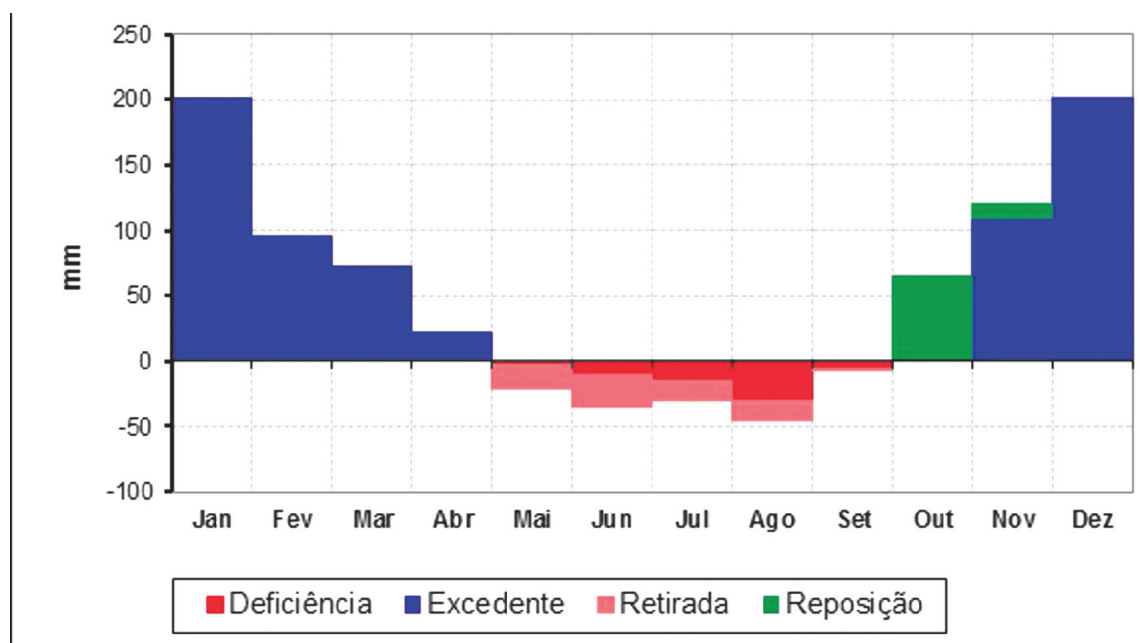


FIGURA 1 - Balanço hídrico anual para a região de Araxá.

Os dados meteorológicos, durante a condução do experimento, foram obtidos junto a uma estação agrometeorológica automática marca Davis, modelo Vantage Pro 2, instalada ao lado das parcelas experimentais. Através das medidas obtidas pelos sensores (temperatura, umidade relativa, velocidade de vento e radiação solar), foi estimada a evapotranspiração de referência (ET_0), pelo método de Penman Monteith. Esse método é uma adaptação do modelo original de Penman, introduzindo os conceitos de resistência do dossel (r_c) e de resistência aerodinâmica (r_a) e é recomendado pela FAO. Trata-se de uma referência internacional e representa uma cultura hipotética, que permite a obtenção de resultados confiáveis do potencial de evapotranspiração de um local (SILVA et al., 2011).

Para determinação do tempo de irrigação, foram considerados a vazão do emissor, o espaçamento entre emissores, o espaçamento entre linhas laterais e um fator de ajuste relacionado à redução da área molhada, por se tratar de irrigação localizada. A Evapotranspiração da cultura (ET_c) foi estimada pela equação 1:

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c \cdot K_m \quad (1)$$

Em que:

ET_0 = Evapotranspiração de referência, estimada pela equação de Penman Monteith,

com dados da estação meteorológica automática, $\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1}$;

K_c = coeficiente de cultura, decimal (Tabela 1)

K_m = fator de ajuste da evapotranspiração para microirrigação, decimal, calculado pela equação 2.

$$K_m = \sqrt{As} \quad (2)$$

Em que:

As = fração da área sombreada pela cultura ao meio dia, decimal.

Com relação à adubação, foram realizadas 4 aplicações anuais em cobertura para todos os tratamentos seguindo as recomendações do MAPA/Procafé para a região (MATIELLO et al., 2010). O controle e o combate das principais pragas e doenças foram efetuados conforme recomendações propostas por Matiello et al. (2010), com fungicidas Triazóis associados às Estrobirulinas para o controle da Ferrugem (*Hemileia vastrix*) e Cercosporiose (*Cercospora coffeicola*). Para o complexo Phoma e Ascochyta (*Phoma* spp. e *Ascochyta* spp), utilizou-se Boscalide. O Aldicarb foi utilizado no 1º e 2º anos e Rynaxipir nos demais anos para controlar a infestação de Bicho mineiro (*Leucoptera coffeella*). Para o controle da Broca do café (*Hyppotenemus hampei*), utilizou-se o Endosulfan, a partir da primeira safra, aos 30 meses. Todos os tratamentos culturais, nutricionais e fitossanitários foram semelhantes nos tratamentos avaliados.

TABELA 1 - Coeficiente de cultura (Kc) do café.

Idade da planta (anos)	Espaçamento entre ruas (m) X Espaçamento entre plantas (m)	Kc
1. Lavoura adulta (mais de 3 anos)	> 3,0 x > 1,0 – 2500 plantas ha ⁻¹	1,0
	> 3,0 x 0,5 a 1,0 – 3.333 plantas ha ⁻¹	1,1
	2 a < 3 x 0,5 a 1,0 – 6.666 plantas ha ⁻¹	1,2
	1 a < 2 x 0,5 a 1,0 – 13.333 plantas ha ⁻¹	1,3
2. Lavoura nova (de 1 a 3 anos)	> 3,0 x > 1,0 – 2500 plantas ha ⁻¹	0,8
	> 3,0 x 0,5 a 1,0 – 3.333 plantas ha ⁻¹	0,9
	2 a < 3 x 0,5 a 1,0 – 6.666 plantas ha ⁻¹	1,0
	1 a < 2 x 0,5 a 1,0 – 13.333 plantas ha ⁻¹	1,1
3. Lavoura nova (até 1 ano)	> 3,0 x > 1,0 – 2500 plantas ha ⁻¹	0,6
	> 3,0 x 0,5 a 1,0 – 3.333 plantas ha ⁻¹	0,7
	2 a < 3 x 0,5 a 1,0 – 6.666 plantas ha ⁻¹	0,8
	1 a < 2 x 0,5 a 1,0 – 13.333 plantas ha ⁻¹	0,9

Adaptado de Santinato, Fernandes e Fernandes (2008)

O manejo da irrigação foi realizado a partir de balanço hídrico climatológico, com medições de precipitação e estimativa da evapotranspiração pelo método do Penman Monteith. A reposição da evapotranspiração foi total apenas no tratamento 1 (Irrigação o ano todo - IAT). Nos demais tratamentos com irrigação, (3 – SIAN; 4 – SIMN; 5 – SIJN; 6 – SIJLN; 7 – SIAGN; 8 – SISN e 9 - SION), a reposição da evapotranspiração da cultura do café foi apenas nos meses definidos pelo tratamento. No tratamento 2 (SI), não foi realizada a irrigação durante todo o experimento. O turno de rega foi fixo (a cada 3 dias), com aplicações diferenciadas de água conforme lâminas calculadas para cada tratamento.

As avaliações do experimento constaram de seis safras (2008/2009; 2009/2010 e 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014), com a colheita dos frutos das oito plantas centrais de cada parcela, quando apresentavam um máximo de 15% de frutos verdes. Os cafés colhidos tiveram os volumes medidos através de recipiente graduado e colocados para secagem até o ponto de proceder ao beneficiamento. Com o peso do café beneficiado, realizou-se a transformação em sacas beneficiadas de 60,0 kg ha⁻¹, para cada parcela.

Para a verificação da normalidade e da homocedasticidade dos dados de produtividade, foram utilizados os testes Kolmogorov-Smirnov e Bartlett, respectivamente. Após a verificação da normalidade e homocedasticidade dos dados, foi utilizada a ANOVA. Após a verificação da

significância da ANOVA, foi utilizado o teste de Tukey para comparações múltiplas entre as médias de tratamentos, utilizando-se o software SISVAR® (FERREIRA, 2011).

Para o procedimento de estimativa do custo de produção, conceituado como a soma de valores de todos os recursos (insumos) e operações (serviços) alocados no processo produtivo de certa atividade, incluindo os respectivos custos alternativos ou de oportunidade, utilizou-se o cálculo da depreciação e do custo alternativo, conforme apresentado por Silva, Faria e Reis (2003). Para o cálculo da rentabilidade média de cada tratamento, foi utilizado preço médio da saca de café nos últimos 6 anos. Para a composição do custo de irrigação, foram utilizados os seguintes parâmetros: mão de obra fixa, mão de obra eventual, energia elétrica, manutenção, remuneração e depreciação dos equipamentos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, constam os dados de temperatura média do ar de 2006 a 2014, período de condução do experimento. Nota-se que as temperaturas médias foram inferiores a 19°C, apenas alguns meses, durante todo o experimento – na média de 8 anos de condução, apenas no mês de julho. Segundo Santinato, Fernandes e Fernandes (2008), abaixo de 19°C, o cafeeiro reduz de maneira significativa o seu crescimento, o que praticamente não ocorreu durante todo o experimento.

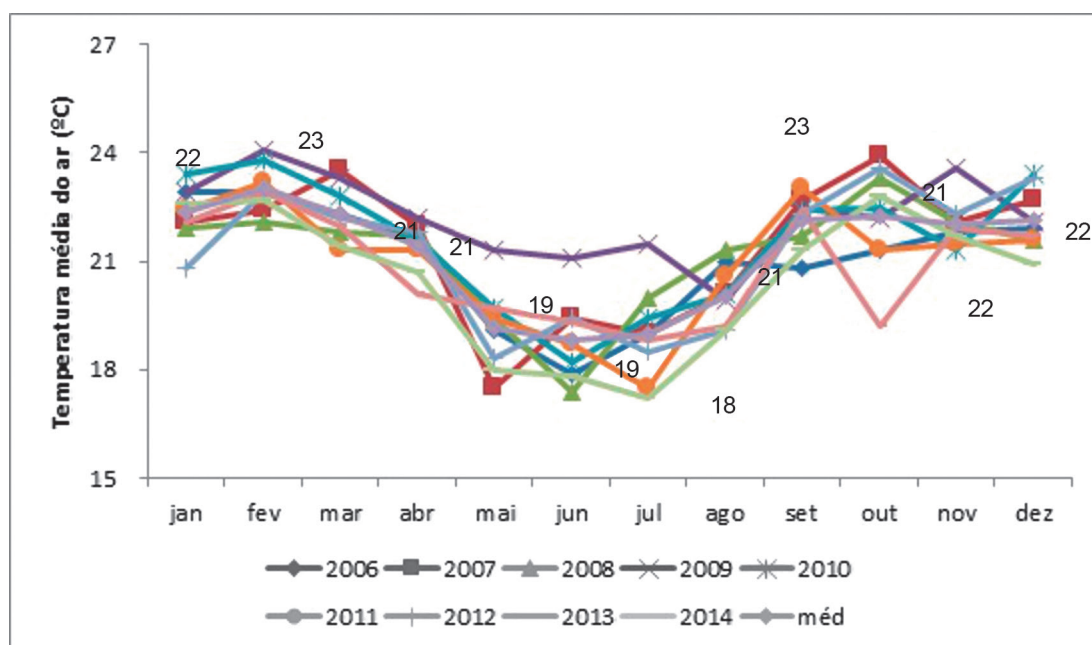


FIGURA 2 - Temperatura média do ar durante a condução do experimento, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2014.

Na Figura 3 constam os dados de precipitação durante o experimento, cujos valores somaram 1.576, 1.611, 1.737, 1.812, 1.481, 1.372, 1.410, 1.558 e 1.054 mm, respectivamente para 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014. Na média dos 9 anos de condução do experimento, a média de precipitação foi de 1.497 mm, abaixo da média normal para a região, que é de 1.574 mm.

Na Figura 4 constam os extratos dos balanços hídricos sequenciais para a região de Araxá, desde o início do experimento, em 2006. Nota-se que, nos 8 anos de condução do experimento, o período seco ficou compreendido entre abril e setembro, sendo mais acentuado em alguns anos que em outros. O ano mais crítico do experimento foi o de 2014, com precipitação total de 1.054 mm, praticamente igual à evapotranspiração da cultura, de 955 mm. Neste ano, o déficit foi muito acentuado desde o início do ano, com valores totais de 73 e 48 mm, respectivamente para janeiro e fevereiro.

Na Tabela 2 constam as lâminas de água aplicadas em cada um dos tratamentos, nos 9 anos de condução do experimento. Em anos com maiores déficits hídricos, houve reposição de até 283 mm de água (2007). Em anos mais chuvosos, houve reposição de apenas 20 mm (2009). Na média de 9 anos, a reposição foi de 190 mm anuais.

Para os tratamentos onde houve interrupção da irrigação em determinados meses do ano, as lâminas médias anuais aplicadas foram de 46, 56, 62, 84, 104, 132 e 159 mm, respectivamente para os tratamentos SIAN, SIMN, SIJN, SIJLN, SIAGN, SISN e SION.

Os resultados obtidos em 6 safras evidenciam a superioridade, de forma significativa, dos tratamentos irrigados, quando comparados com a testemunha (sem irrigação, tratamento 2) – Tabela 3, Figura 5. Ao se atribuir valor 100 ao tratamento irrigado durante todo o ano, verificou-se que todos os tratamentos de déficit hídrico promoveram perdas de produtividade de 13 a 38%, em 6 safras. Silva et al. (2009) obtiveram maiores produtividades em tratamentos irrigados ou submetidos a déficits hídricos menos severos, mas também demonstraram que é possível aliar uniformidade na maturação dos frutos e produtividade. As menores perdas foram obtidas com os tratamentos com interrupção da irrigação de outubro a novembro (SION), de agosto a novembro (SIAGN) e setembro a novembro (SISN), respectivamente com perdas de 14, 13 e 17% em relação à irrigação total. Coelho et al. (2009), em trabalhos realizados em Lavras (MG), obtiveram resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho, com maiores produtividades obtidas quando as plantas não foram submetidas ao estresse hídrico entre 1/6 e 30/9.

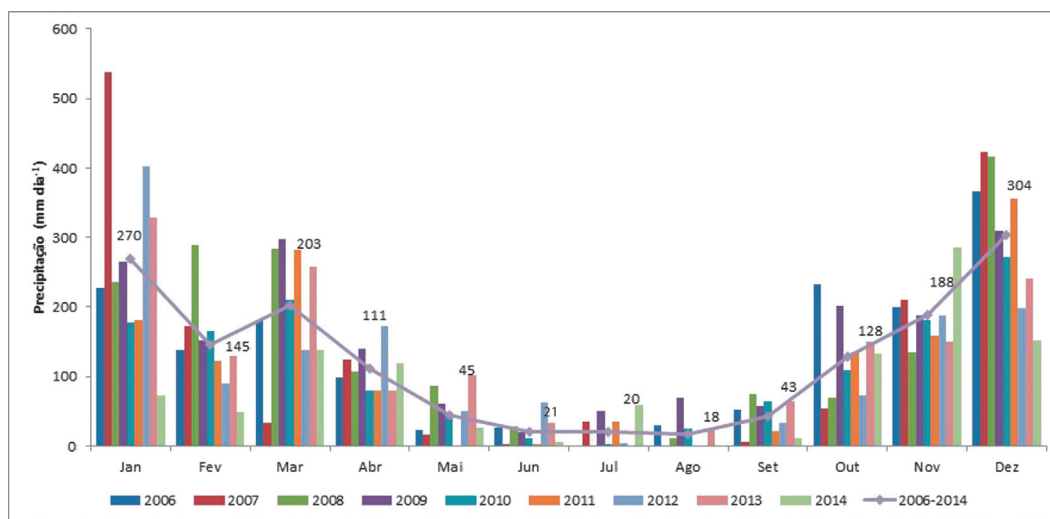


FIGURA 3 - Precipitação durante todo o experimento, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2014.

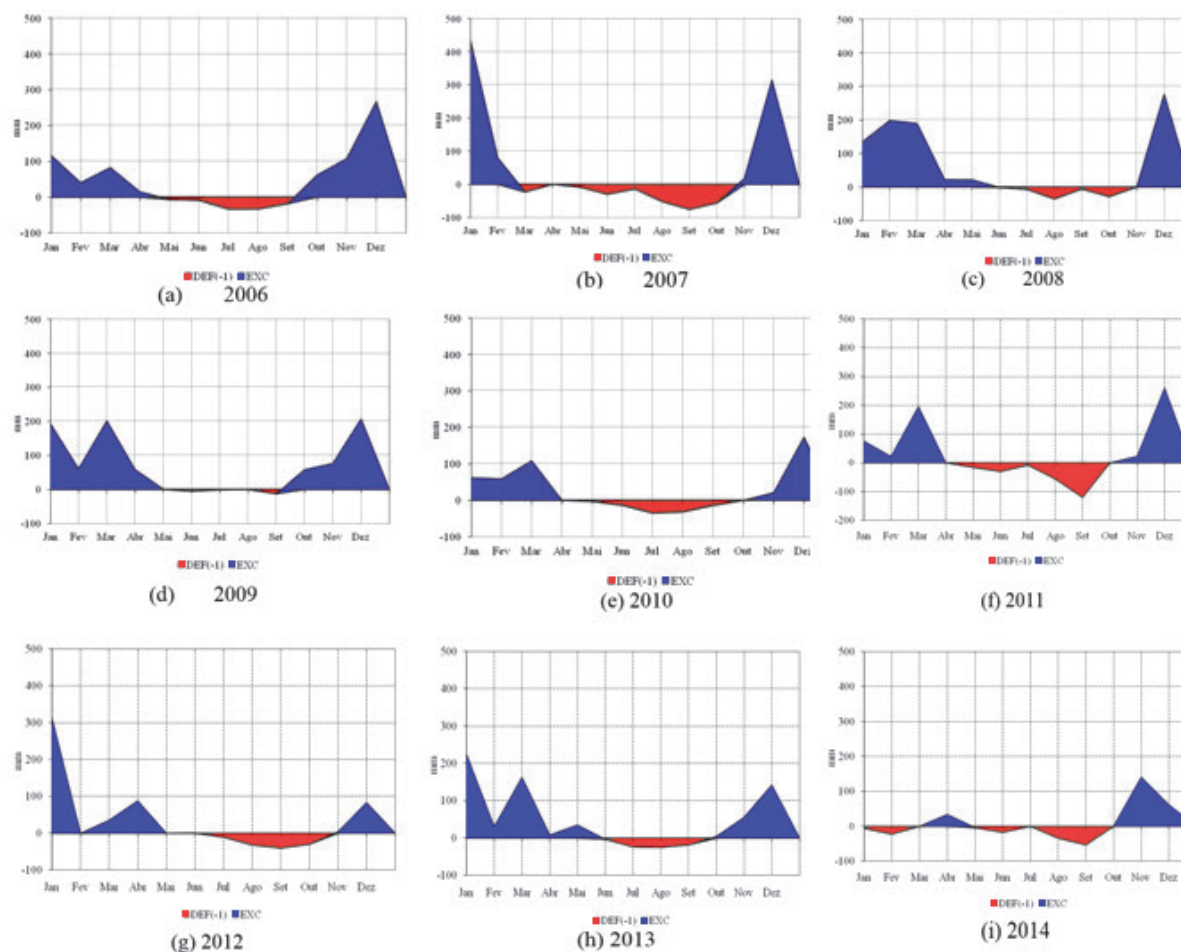


FIGURA 4 - Extratos dos balanços hídricos climatológicos sequenciais para a região de Araxá, de 2006 a 2014, período de condução do experimento.

TABELA 2 - Lâminas de água durante o experimento, em milímetros, 9 anos, Araxá – MG.

Mês	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Média
IAT	110	283	86	20	106	281	280	274	271	190
SI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SIAN	0	25	0	0	0	97	98	98	96	46
SIMN	0	25	0	0	0	121	122	120	119	56
SIJN	7	31	0	0	3	129	129	129	126	62
SIJLN	17	67	2	5	18	163	164	163	159	84
SIAGN	54	82	9	6	56	182	184	183	177	104
SISN	90	139	48	6	90	205	205	204	198	132
SION	110	222	55	20	106	234	229	229	222	159

IAT - Irrigação o ano todo; SI - Sem irrigação; SIAN - Irrigação interrompida de abril a novembro; SIMN - Irrigação interrompida de maio a novembro; SIJN - Irrigação interrompida de junho a novembro; SIJLN - Irrigação interrompida de julho a novembro; SIAGN - Irrigação interrompida de agosto a novembro; SISN - Irrigação interrompida de setembro a novembro; SION - Irrigação interrompida de outubro a novembro.

TABELA 3 – Produtividade média de 6 safras, sob os diferentes tratamentos de irrigação, comparados com a testemunha não irrigada. Campo Experimental da Capal, Araxá, MG.

Tratamentos (Dias sem Irrigação)	Produtividade (Scs ha ⁻¹)							
	COLHEITAS						Média 6 safras	R%
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a		
1- IAT (0 DIAS)	82,7 a	47,2 a	56,1 a	11,0 a	75,3 ab	63 a	56 a	100
2- SI (VARIÁVEL)	40,4 c	39,7 a	44,3 abc	12,8 a	62,3 b	7,0 c	34 cd	-38
3- SIAN (240 DIAS)	45,6 e	43,1 a	49,0 ab	10,8 a	58,0 b	9,8 c	36 cd	-35
4- SIMN (180 DIAS)	49,0 ed	43,7 a	54,2 a	7,4 a	66,5 b	11,4 c	39 c	-31
5- SIJN (150 DIAS)	59,9 cd	37,8 a	43,2 abc	16,0 a	67,3 b	14,0 c	40 c	-29
6- SIJLN (120 DIAS)	65,1 abcd	31,9 a	50,8 a	11,6 a	74,0 ab	11,0 c	41 c	-27
7- SIAGN (90 DIAS)	79,4 ab	49,0 a	42,1 abc	21,0 a	79,3 a	8,0 c	46 b	-17
8- SISN (60 DIAS)	74,6 c	39,3 a	55,9 a	21,0 a	79,5 a	21,0 b	49 b	-13
9- SION (30 DIAS)	80,3 ab	34,3 a	49,7 ab	23,4 a	74,8 ab	26,0 b	48 b	-14
CV %	21,4	40,5	31,5	46,4	28,3	23,0	25,0	

IAT - Irrigação o ano todo; SI - Sem irrigação; SIAN - Irrigação interrompida de abril a novembro; SIMN - Irrigação interrompida de maio a novembro; SIJN - Irrigação interrompida de junho a novembro; SIJLN - Irrigação interrompida de julho a novembro; SIAGN - Irrigação interrompida de agosto a novembro; SISN - Irrigação interrompida de setembro a novembro; SION - Irrigação interrompida de outubro a novembro.

A testemunha, sem irrigação, teve redução de 38%, por ano, comparando com o tratamento com irrigação durante todo o ano. A irrigação do cafeeiro é economicamente superior à alternativa não irrigada, sendo um fator condicionante para elevação da rentabilidade e diminuição do risco no

cultivo do café (ARÊDES; PEREIRA; SANTOS, 2010). Pesquisas relacionadas demonstram resultados ainda mais expressivos, com relação à ganhos de produtividade com irrigação (REZENDE et al., 2006).

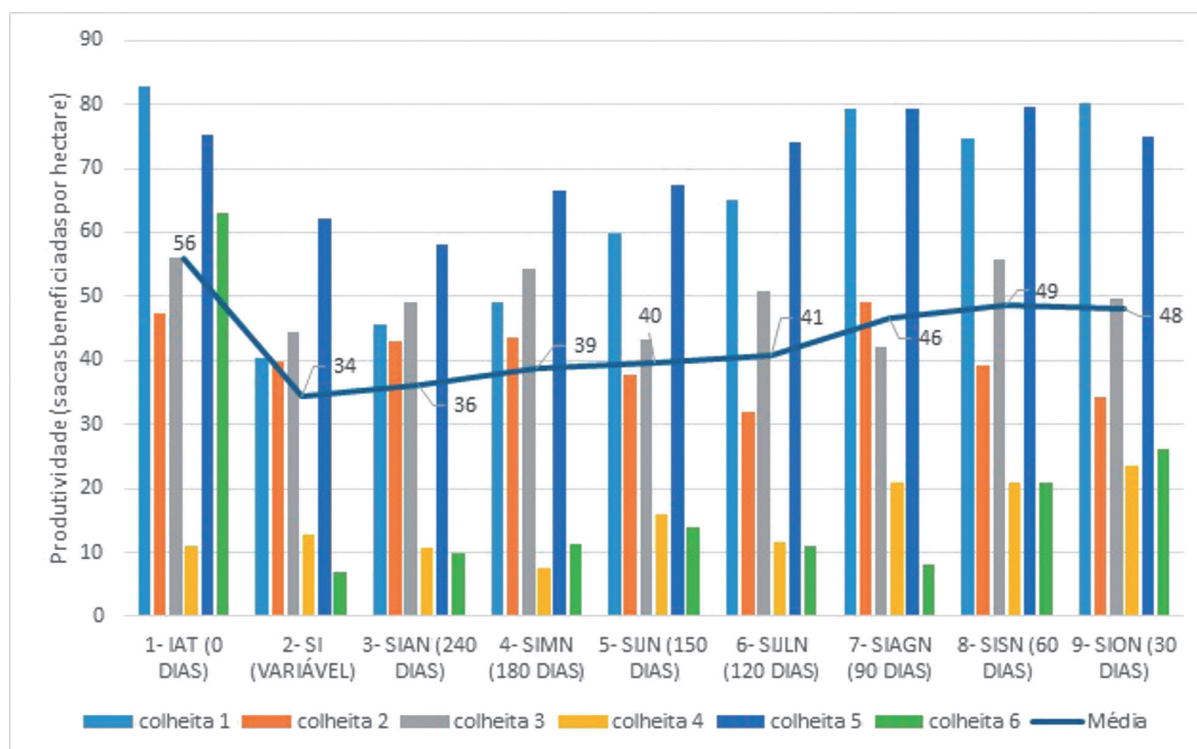


FIGURA 5 - Produtividade por safra e média de 6 safras dos diferentes tratamentos de irrigação, comparados com a testemunha não irrigada. Campo Experimental da Capal, Araxá, MG.

IAT - Irrigação o ano todo; SI - Sem irrigação; SIAN - Irrigação interrompida de abril a novembro; SIMN - Irrigação interrompida de maio a novembro; SIJN - Irrigação interrompida de junho a novembro; SIJLN - Irrigação interrompida de julho a novembro; SIAGN - Irrigação interrompida de agosto a novembro; SISEN - Irrigação interrompida de setembro a novembro; SION - Irrigação interrompida de outubro a novembro.

Antes da colheita das seis safras do experimento, ocorreram déficits hídricos atípicos, que comprometeram a produtividade ao longo dos anos. Segundo Fernandes et al. (2012), nas regiões consideradas aptas à cafeicultura, como é o caso de Araxá, a ocorrência de estiagens (veranicos) nas fases críticas de demanda de água pela cultura tem promovido redução significativa na produção. Assim, a suplementação hídrica pode ser justificada. Durante a formação do cafeeiro, de 0 a 30 meses, antes da primeira safra, ocorreram diferentes déficits hídricos, que comprometeram a produtividade de formas diferentes. Nos anos de 2006/2007 e 2007/2008 ocorreram, respectivamente, déficits de 153 e 186 mm ano⁻¹, reduzindo a primeira produção em 54; 48; 44; 40 e 25%, respectivamente para as supressões de irrigação em Abril, Maio, Junho, Julho e Agosto.

Na 2ª produção, verificou-se no ano de 2008/2009 déficit menor, da ordem de 136 mm, não tendo ocorrido diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 2). Já na 3ª produção, houve

deficit antecedente de 154 mm, voltando a ocorrer diferenças significativas entre a testemunha sem irrigação e os tratamentos irrigados. Entre a terceira e quarta safras, configurou-se déficit hídrico de 230 mm, comprometendo muito a quarta colheita, em todos os tratamentos, sem diferença estatística. Neste ano, também houve problemas de atraso na colheita, o que repercutiu em baixas produtividades, em todos os tratamentos. Entre a quarta e quinta safras, o déficit foi de 113 mm, com produtividade alta em praticamente todos os tratamentos, sem diferença estatística entre o IAT (irrigação durante todo o ano) e os com déficit moderado (SIJLN, SIAGN, SISEN e SION), respectivamente de 120, 90, 60 e 30 dias. Para a 6ª safra, houve déficit hídrico antecedente de 69 mm. Porém, pela alta produção do ano anterior, as plantas com déficit ficaram debilitadas, ocasionando grandes perdas de produtividade comparando-se com a irrigação total (IAT), sendo todos os tratamentos estatisticamente inferiores ao tratamento de reposição total de água no

solo. Baixos valores de potencial de água das plantas (Ψ_{wa}) não irrigadas ou com irrigações suplementares podem reduzir significativamente o número de flores, se comparadas às plantas irrigadas, com reflexos na produtividade de grãos, por isso, a irrigação é uma das alternativas mais adotadas nos últimos tempos para aumentar a produtividade na cafeicultura (SILVA et al., 2003; SILVA; FARIA; REIS, 2009).

Nota-se que, mesmo nas parcelas irrigadas de forma plena (IAT), houve bienalidade na produção, da mesma forma como relatado Gomes, Lima e Custódio (2007), que concluíram que a irrigação não foi capaz de evitar a ocorrência da bienalidade na produção em Lavras (MG).

De forma geral, observa-se que, para a região, o efeito benéfico da irrigação varia de acordo com o déficit hídrico do ano anterior, e será tanto mais prejudicial quanto maior for o mesmo. O cafeeiro é afetado pela seca com conseqüente redução da produção, tornando-se necessária a irrigação, que tem sido utilizada com o propósito de estimular o desenvolvimento vegetativo do cafeeiro, aumentar a produção e obter grãos e bebida de melhor qualidade (SILVA et al., 2011).

O acréscimo da produtividade, na média das seis safras avaliadas foi da ordem de 40%, em relação ao tratamento não irrigado (Tabela 2), corroborando com Lima, Custódio e Gomes (2008), Oliveira et al. (2010) e Silva et al. (2008), que também estudaram a adoção da técnica de irrigação em regiões consideradas aptas para o cultivo do café, sob condições de sequeiro.

Na média de 6 safras, a irrigação durante todo o ano, proporcionou as maiores médias de produtividade (56 sacas/ha). A interrupção da irrigação, em qualquer intensidade (de 30 a 240 dias), promove perdas na produtividade. As interrupções que menos impactam a produção do cafeeiro são as que ocorrem de agosto a novembro, com perdas de 5 a 8 sacas benef. ha⁻¹ anuais.

Com relação aos custos totais anuais (Tabela 5), os maiores valores foram obtidos com o tratamento IAT, com irrigação sendo realizada durante todo o ano, com valores anuais de R\$ 13.227,78. Os menores custos foram

obtidos com o tratamento sem irrigação, com gastos totais anuais de R\$ 11.576,82. Os demais tratamentos com diferentes períodos de déficit hídrico tiveram custos anuais entre R\$ 12.552,78 a R\$ 13.002,78. Porém, devido às maiores médias de produtividade, em 6 safras consecutivas, o tratamento com irrigação plena (IAT) promoveu os maiores ganhos financeiros, com resultado econômico anual de R\$ 9.172,22, muito superior ao tratamento sem irrigação, com resultado anual de R\$ 2.023,18, e também a todos os tratamentos que promoveram déficits hídricos (com resultados de R\$ 1.847,22 a R\$ 6.197,22). Os resultados favoráveis aos tratamentos irrigados estão relacionados às diferenças dos custos produtivos e da produtividade. Incrementos em produtividade e melhorias na gestão do processo produtivo são aspectos considerados relevantes para melhorar o desempenho do produtor, conforme relatam Pereira et al. (2010). A irrigação durante o ano todo promoveu ganhos de R\$ 6.750,00/ha/ano, comparando-se com o tratamento sem irrigação (superior em 279%). O tratamento que promoveu a interrupção da irrigação de abril a novembro reduziu em 16% o resultado econômico, comparado com o tratamento sem irrigação e os demais períodos de déficit promoveram aumentos de 34% (SIMN) a 180% (SION).

Na composição do custo total da irrigação, os percentuais foram: mão de obra fixa (10%), mão de obra eventual (3%), energia elétrica (32%), manutenção (9%), depreciação (34%) e remuneração (12%).

Em relação aos indicadores que mais impactam no custo operacional efetivo, destacam-se a adubação via solo, que representa de 26 a 31,1% dos custos, o controle de pragas e doenças, que é responsável por de 13,2 a 14,8% e a colheita, que tem percentuais de 16,1 a 19,8%. As despesas com insumos e mão de obra representam as maiores parcelas dos custos operacionais unitários de produção, corroborando com as conclusões de Pereira et al. (2010). Cabe ao produtor buscar melhorias em sua produtividade, fazendo melhor uso dos recursos (PEREIRA et al., 2010).

TABELA 5 - Resultados econômicos dos diferentes tratamentos, custos e lucratividade anual, em reais (R\$).

Indicador	Custos ha ⁻¹										
	IAT	SI	SIAN	SIMN	SIJN	SIJLN	SIAGN	SISN	SION		
Administração	1.458,23	1.458,23	1.458,23	1.458,23	1.458,23	1.458,23	1.458,23	1.458,23	1.458,23	1.458,23	
Adubação via Solo	2.658,63	2.753,08	2.658,63	2.658,63	2.658,63	2.658,63	2.658,63	2.658,63	2.658,63	2.658,63	
Adubação via Folha	325,05	364,18	325,05	325,05	325,05	325,05	325,05	325,05	325,05	325,05	
Controle Pragas e Doenças	1.347,69	1.309,87	1.347,69	1.347,69	1.347,69	1.347,69	1.347,69	1.347,69	1.347,69	1.347,69	
Controle Plantas Daninhas	595,89	508,46	595,89	595,89	595,89	595,89	595,89	595,89	595,89	595,89	
Tratos Culturais	148,58	92,53	148,58	148,58	148,58	148,58	148,58	148,58	148,58	148,58	
Irrigação	900,00	-	225,00	300,00	375,00	450,00	525,00	600,00	675,00	750,00	
Colheita	1.650,00	1.750,00	1.650,00	1.650,00	1.650,00	1.650,00	1.650,00	1.650,00	1.650,00	1.650,00	
Pós-Colheita	870,00	670,00	870,00	870,00	870,00	870,00	870,00	870,00	870,00	870,00	
Comercialização	270,00	335,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	
C.O.E	10.224,07	8.842,22	9.549,07	9.624,07	9.699,07	9.774,07	9.849,07	9.924,07	9.999,07	10.074,07	
Depreciação	2.140,23	1.667,80	2.140,23	2.140,23	2.140,23	2.140,23	2.140,23	2.140,23	2.140,23	2.140,23	
Remuneração	863,48	667,67	863,48	863,48	863,48	863,48	863,48	863,48	863,48	863,48	
C.T	13.227,78	11.576,82	12.552,78	12.627,78	12.702,78	12.777,78	12.852,78	12.927,78	13.002,78	13.077,78	
Produtividade média (sc.ben/ha)	56,00	34,00	36,00	39,00	40,00	41,00	46,00	49,00	48,00	48,00	
R\$/ha/ano (saca de 60 kg = R\$ 400,00)	22.400,00	13.600,00	14.400,00	15.600,00	16.000,00	16.400,00	18.400,00	19.600,00	19.200,00	19.200,00	
Resultado econômico anual (R\$/ha)	9.172,22	2.023,18	1.847,22	2.972,22	3.297,22	3.622,22	5.547,22	6.672,22	6.197,22	6.197,22	

IAT - Irrigação o ano todo; SI - Sem irrigação; SIAN - Irrigação interrompida de abril a novembro; SIMN - Irrigação interrompida de maio a novembro; SIJN - Irrigação interrompida de junho a novembro; SIJLN - Irrigação interrompida de julho a novembro; SIAGN - Irrigação interrompida de agosto a novembro; SISN - Irrigação interrompida de setembro a novembro; SION - Irrigação interrompida de outubro a novembro.

4 CONCLUSÕES

Após 6 safras consecutivas, pode-se concluir que, para as condições do Planalto de Araxá:

A irrigação durante todo o ano é recomendável, pois permite as maiores médias de produtividade (56 sacas/ha).

A interrupção da irrigação, em qualquer intensidade (de 30 a 240 dias), promove perdas na produtividade.

As interrupções que menos impactam a produção do cafeeiro são as que ocorrem de agosto a novembro, com perdas de 5 a 8 sacas beneficiadas ha⁻¹ anuais;

Os indicadores que mais impactam os custos operacionais efetivos são a adubação via solo, o controle de pragas e doenças e a colheita.

5 REFERÊNCIAS

- AREDES, A. F. de; PEREIRA, M. W. G.; SANTOS, M. L. dos. A irrigação do cafezal como alternativa econômica ao produtor. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 193-200, jun. 2010.
- BONOMO, R. et al. Produtividade de cafeeiros arábica irrigados no cerrado goiano. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 4, p. 233-240, 2008.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.
- COELHO, G. et al. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro 'Catuai'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 67-73, jan./fev. 2009.
- DAMATTA, F. M. et al. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacases, v. 19, p. 485-510, 2007.
- FERNANDES, A. L. T. et al. Avaliação do uso de fertilizantes organominerais e químicos na fertirrigação do cafeeiro irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina grande, v. 11, n. 2, p. 159-66, 2007.
- _____. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.
- GOMES, N. M.; LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P. Crescimento vegetativo e produtividade do cafeeiro irrigado no sul do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, p. 564-570, 2007.
- LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P.; GOMES, N. M. Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeiras safras irrigado por pivô central em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, p. 1832-1842, 2008.
- MATIELLO, J. B. et al. **Cultura do café no Brasil: manual de recomendações**. Rio de Janeiro; Varginha: Fundação Prócafé, 2010. 542 p.
- OLIVEIRA, E. L. et al. Manejo e viabilidade econômica da irrigação por gotejo na cultura do cafeeiro Acaiaí considerando seis safras. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, p. 887-896, 2010.
- ORTEGA, A. C.; JESUS, C. M. Território café do Cerrado: transformações na estrutura produtiva e seus impactos sobre o pessoal ocupado. **Revista Economia Sociologia Rural**, Brasília, v. 49, n. 3, p. 771-800, 2011.
- PEREIRA, V. F. et al. Riscos e Retornos da Cafeicultura em Minas Gerais: uma análise de custos e diferenciação. **Revista Economia Sociologia Rural**, Brasília, v. 48, n. 3, p. 657-678, 2010.
- REZENDE, F. C. et al. Características produtivas do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv., Topázio MG-1190) recepado e irrigado por gotejamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 103-110, 2006.
- RONCHI, C. P. et al. Respostas ecofisiológicas de cafeeiros submetidos ao déficit hídrico para concentração da florada no Cerrado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 1, p. 24-32, jan. 2015.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. **Cultivo do cafeeiro irrigado por gotejamento**. 2. ed. Uberaba: Autores Associados, 2012. 388 p.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. 2. ed. Belo Horizonte: O Lutador, 2008. 476 p.

SILVA, A. C. et al. Produtividade e potencial hídrico foliar do cafeeiro Catuaí, em função da época de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, p. 21-25, 2008.

SILVA, A. L. da; FARIA, M. A. de; REIS, R. P. Viabilidade técnico-econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 37-44, 2003.

SILVA, A. M. et al. Evapotranspiração e coeficiente de cultura do cafeeiro irrigado por pivô central. **Revista**

Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 15, n. 12, p. 1215-1221, dez. 2011.

SILVA, C. A.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 387-394, mar. 2008.

SILVA, E. A. et al. Influência de déficits hídricos controlados na uniformização do florescimento e produção do cafeeiro em três diferentes condições edafoclimáticas do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 68, p. 493-501, 2009.