

# CULTIVO IRRIGADO E NÃO IRRIGADO DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) EM PLANTIO SUPERADENSADO<sup>1</sup>

Myriane Stella Scalco<sup>2</sup>, Livia Alves Alvarenga<sup>3</sup>, Rubens José Guimarães<sup>4</sup>,  
Alberto Colombo<sup>5</sup>, Gleice Aparecida Assis<sup>6</sup>

(Recebido: 16 de dezembro de 2010; aceito 4 de julho de 2011)

**RESUMO:** Com base na avaliação da produtividade de café beneficiado (*Coffea arabica* L.), volume por planta, rendimento e maturação, objetivou-se, neste trabalho, avaliar as possíveis alterações provocadas pela irrigação em lavouras cafeeiras superadensadas, com 20000 plantas ha<sup>-1</sup>, ao longo de sete anos agrícolas. O experimento implantado em janeiro de 2001 foi conduzido em área experimental da Universidade Federal de Lavras – MG. Os tratamentos adotados foram: (i) lâmina de irrigação aplicada por gotejamento, calculada com base no teor de umidade, toda vez que a tensão de água no solo, na profundidade de 0,25 m, atingiu valores próximos a 60 kPa; (ii) não irrigado e (iii) sete anos agrícolas. A maior demanda hídrica por irrigação (866 mm) ocorreu para a produção da primeira safra. Para a condição de uma lavoura superadensada de 20000 plantas ha<sup>-1</sup>, ao longo de sete anos, com e sem o uso da irrigação concluiu-se que: o uso da irrigação por gotejamento atrasa a maturação dos frutos em relação à condição de sequeiro; o rendimento de café não é alterado pelo uso da irrigação, porém o volume de café por planta é 42% mais alto nesse sistema em relação ao de sequeiro; o uso da irrigação pode representar para o cafeicultor um aumento médio de produtividade de 44%; apesar da ocorrência da bianalidade, tanto para cultivos não irrigados quando irrigados, o plantio do cafeeiro em sistema superadensado de 20000 plantas ha<sup>-1</sup> não apresentou queda acentuada de produtividade, ao longo de sete safras.

Palavras-chave: Densidade de plantio, irrigação, produtividade.

## IRRIGATED AND NON-IRRIGATED COFFEE (*Coffea Arabica* L.) UNDER SUPER DENSE CONDITIONS

**ABSTRACT:** This study had the objective to evaluate possible alterations induced by irrigation on a super dense coffee plantation (*Coffea arabica* L.), with 20 000 plants per hectare, based on values taken along seven consecutive cropping years of green coffee bean yield, bean volume per plant, dry cherry to green coffee bean ratio, and degree of maturation. The experiment was set up on January 2001 at an experimental area of the Universidade Federal de Lavras- MG, with two treatments: (i) drip irrigated plants, and (ii) non-irrigated plants. Whenever the soil water tension, at 0.25m depth reached a value near 60kPa, a drip irrigation system was used to apply the volume of water required to restore field capacity. The highest amount of water used (866mm) was observed during the first harvest year. Observations taken along seven consecutive cropping years indicated that: (i) cherry maturation of drip irrigated coffee plants was delayed in relation to the non-irrigated plants; (ii) the ratio dry cherry to green coffee bean is not affected by irrigation, but dry cherry volume production per irrigated plant was 42% higher than the one produced by non-irrigated plants; (iii) irrigation may provide coffee producers with a 44% increase in coffee bean yield. Besides typical coffee biennial fluctuations of yield, for the 20000 plants ha<sup>-1</sup> density, for both irrigated and non-irrigated treatments, no significant observations in decrease in yield along the seven consecutive cropping years was seen.

Key words: Planting density, irrigation, and yield.

### 1 INTRODUÇÃO

O plantio do café adensado (*Coffea arabica* L.) é especialmente vantajoso em áreas em que a mecanização é difícil e nas pequenas propriedades. Atualmente, há uma tendência de maior adensamento para essas condições na cafeicultura,

visando o aumento de produtividade. Assim, o aumento na densidade de plantio tem contribuído para aumentar a produção do café, pois o espaçamento pode exercer efeito sobre a produção por unidade de área; a partir daí procura-se adequar densidades de plantio que proporcionem maiores produtividades e, ao mesmo tempo, permitam espaço

<sup>1</sup>Parte dos resultados do projeto de pesquisa financiado pelo Consórcio, Pesquisa, Café; Fapemig e CNPq

<sup>2</sup>Engenheira Agrônoma, Doutora, Departamento de Agricultura, UFLA, Lavras – MG, msscalco@dag.ufla.br

<sup>3</sup>Engenheira Agrícola, Mestranda, INPE, São José dos Campos – SP, liviaalvesalvarega@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Associado, Departamento de Agricultura, UFLA, Lavras – MG, rubensjg@dag.ufla.br

<sup>5</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Associado, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras – MG, acolombo@deg.ufla.br

<sup>6</sup>Engenheira Agrônoma, Doutoranda, Fitotecnia, UFLA, Lavras – MG, gleice\_ufla@yahoo.com.br

para condução das práticas culturais (BRACCINI et al., 2005, 2008).

Embora o uso da irrigação tenha viabilizado a cafeicultura em áreas consideradas marginais quanto à deficiência hídrica pouco se sabe sobre sua aplicabilidade em sistemas adensados de cultivo. Considerando que o adensamento é uma tendência mundial, especialmente em áreas não mecanizáveis, fica nítida a necessidade de se agregar informações quanto ao uso da tecnologia da irrigação nesse tipo de sistema, pois a irrigação visa atender à demanda de água das plantas nos períodos críticos, e é necessário aplicá-la em quantidade correta para que não se comprometa a produção e desenvolvimento das plantas (SILVA; TEODORO; MELO, 2008). O cafeeiro é afetado pela seca com a consequente redução da produção e a utilização de práticas de conservação da umidade do solo ou de irrigação podem ser formas de mitigar os problemas de deficiência hídrica, gerando incrementos à produção (ARRUDA; GRANDE, 2003). Alguns autores como Silva et al. (2002, 2003) e Silva, Faria e Reis (2003) relatam que a adoção da irrigação tem proporcionado incrementos consideráveis na produtividade das lavouras cafeeiras no sul de Minas Gerais, o que tem justificado a adoção dessa técnica por parte dos cafeicultores.

Especialmente nos sistemas adensados e superadensados, a validade da irrigação deve ser bem estudada, tendo-se como referência: a perda total da mecanização a partir de 12/18 meses no superadensamento; o “fechamento” precoce das plantas com baixa recuperação posterior pela perda dos ramos plagiotrópicos do terço inferior; o aumento dos custos de implantação da irrigação e dificuldade de mão de obra (SANTINATO; FERNANDES; FERNANDES, 2008). Com a utilização da irrigação, em áreas nas quais não é possível a mecanização ou mesmo no caso de pequenas propriedades, esses sistemas de plantio podem ainda ser uma boa opção.

O sistema de plantio aliado à irrigação pode alterar a produtividade, estabilidade da produção ao longo dos anos e maturação dos frutos (MATIELLO et al., 2002). Essas alterações devem ser consideradas, pois nos sistemas adensados ocorre maior eficiência na utilização da radiação solar, da água e dos minerais, podendo levar a um ganho de produtividade em relação a sistemas tradicionais de plantio (PEREIRA et al.,

2007). Também no plantio superadensado a bionalidade é reduzida, pois o autossombreamento propicia menor floração por planta e conseqüentemente, uma razão folha/fruto mais favorável, reduzindo o desgaste da mesma (NASCIMENTO, 2008).

A diminuição do espaçamento entre linhas ou entre plantas causam morte mais intensa dos ramos plagiotrópicos no terço inferior dos cafeeiros (MATIELLO et al., 2002; PEREIRA; CUNHA, 2004; THOMAZIELLO et al., 1998). Tal fato, conseqüentemente pode levar à perda progressiva de produtividade e inviabilizar a manutenção desse tipo de sistema de cultivo do cafeeiro. Assim, surge a necessidade de estudos que visem à comparação do comportamento dos cultivos adensados do cafeeiro ao longo de um número significativo de safras e ainda com a utilização de irrigação que pode influenciar no desenvolvimento e na produção do cafeeiro plantado nesses sistemas. A irrigação tem aumentado a produtividade de cafeeiros tanto em regiões com restrição hídrica (FERNANDES et al., 2000; GRENH, 2007) quanto naquelas consideradas sem restrição hídrica ao cultivo do cafeeiro (COELHO; SILVA, 2005; LIMA et al., 2008; PEDROSO et al., 2009).

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar as possíveis alterações provocadas pela irrigação em lavouras cafeeiras (*Coffea arabica* L.) superadensadas, com 20000 plantas ha<sup>-1</sup>, ao longo de sete safras.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área experimental do Departamento de Agricultura na Universidade Federal de Lavras. As coordenadas geográficas da área são latitude de 21°15'S, longitude de 45°00'W e altitude média de 918m (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007).

O solo da área experimental é do tipo Latossolo Vermelho Distroférico, (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1999), apresentando as seguintes características físicas (Tabela 1) e químicas (Tabela 2).

O plantio foi realizado em janeiro de 2001 utilizando-se mudas sadias de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) da cultivar Rubi MG-1192 (SANTOS, 2005). O espaçamento utilizado foi 1,0 m entrelinhas e 0,5 m entre plantas, com densidade de plantas de 20000 plantas ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 1** – Resultado da análise física do solo da área experimental <sup>(1)</sup>.

Camada (cm)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Ds g cm <sup>-3</sup>	MAC (%)	MIC (%)
0-20	27	20	53	1,2	7,5	44,7
20-40	23	9	68	1,1	33,6	39,1
40-60	23	9	68	0,9	31,3	33,6

<sup>(1)</sup> DS = densidade do solo, MAC = macroporosidade, MIC = Microporosidade.

**Tabela 2** – Resultados da análise química do solo da área experimental. <sup>(1)</sup>.

Características	Camada (cm)			Características	Camada (cm)		
	0-20	20-40	40-60		0-20	20-40	40-60
pH em água 1:2,5	5,8	5,2	4,9	Cobre (mg dm <sup>-3</sup> )	2,7	2,0	2,2
P (mg dm <sup>-3</sup> )	41,0	33,0	5,0	Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	2,2	1,5	1,0
K (mg dm <sup>-3</sup> )	62,0	42	33,0	Ferro (mg dm <sup>-3</sup> )	36,9	35,3	20,8
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	4,9	2,3	1,5	S. B. (cmolc dm <sup>-3</sup> )	7,2	3,5	2,3
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	2,1	1,1	0,7	t (cmolc dm <sup>-3</sup> )	7,2	3,8	2,9
Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,0	0,3	0,6	T (cmolc dm <sup>-3</sup> )	11,2	9,8	8,6
H + Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	4,0	6,3	6,3	m (%)	0,0	7,9	20,8
S-sulfato (mg dm <sup>-3</sup> )	97,3	161,8	201,0	V (%)	64,2	35,5	26,6
Boro (mg dm <sup>-3</sup> )	0,4	0,4	0,3	M. O. (dag Kg <sup>-1</sup> )	3,5	2,7	2,2
Zinco (mg dm <sup>-3</sup> )	1,3	0,7	0,3				

O controle das plantas daninhas foi feito por associação de métodos manuais e químicos durante as diferentes fases da cultura, conforme o tipo de espécies infestantes encontrado. O tratamento fitossanitário constou da aplicação de fungicidas para controle da ferrugem e outras doenças, inseticidas e acaricidas para o controle do bicho-mineiro, broca, lagartas e ácaros. A adubação das plantas de todos os tratamentos foi feita seguindo a recomendação de Guimarães et al. (1999), para cafeeiros de sequeiro e Santinato e Fernandes (2002), para cafeeiros irrigados.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições e os tratamentos adotados foram (i) irrigação com lâmina calculada com base no teor de umidade, toda vez que a tensão de água no solo, na profundidade de 0,25 m, atingiu valores próximos a 60 kPa, (ii) testemunha não irrigada e (iii) avaliações em sete anos agrícolas.

No tratamento irrigado, a tensão de água no solo foi monitorada com tensiômetros (tensímetro de punção digital) instalados nas profundidades de 0,10; 0,25; 0,40; 0,60; 0,80 e 1,0 m. A correspondência entre tensão e umidade foi realizada com base na curva de retenção de umidade do solo, cujos dados foram ajustados pelo modelo de Genutchen (1980) segundo equações da Tabela 3.

Até os 90 dias após o plantio foi aplicada uma única lâmina em toda área experimental, considerando no cálculo uma profundidade efetiva do sistema radicular de 0,25 m. Após este período, no programa de cálculo das irrigações considerou-se um crescimento gradativo do sistema radicular até atingir a profundidade efetiva de 0,6 m aos 540 dias após o plantio. Os tensiômetros instalados nas profundidades de 0,80 e 1,0 metros foram utilizados para medir a percolação abaixo do sistema radicular. Os dados climáticos foram monitorados por uma estação

meteorológica automática  $\mu$ metos, instalada na área experimental.

Para irrigação das parcelas foi utilizado um sistema de gotejamento com gotejadores de vazão nominal de 3,75 L h<sup>-1</sup>, pressão de serviço de 300 kPa, espaçados de 0,4 m na linha, formando uma faixa molhada contínua, ao longo da linha de plantio.

Foram analisados os dados relativos às colheitas das safras 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008 e 2009. Para análise dos resultados considerou-se: o volume de café colhido no pano em cada planta e em cada parcela experimental (litros por planta); a produtividade média de café beneficiado (sacas de 60 kg ha<sup>-1</sup>) considerando as produções de café colhido no pano e café varrido no solo; produtividades médias acumuladas computadas em cinco épocas diferentes, 2003 (1), 2003+04 (2), 2003+04+05 (3), 2003+04+05+06 (4), 2003+04+05+06+07 (5), 2003+04+05+06+07+08 (6), 2003+04+05+06+07+08+09 (7); o percentual de frutos verdes por ocasião da colheita e o rendimento de café coco/beneficiado (litros de café em coco necessários para se obter uma saca de café beneficiado). Para todas as características os resultados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o software SISVAR, (FERREIRA, 2000), comparados pelo teste de agrupamento de médias (Scott-Knott). As produtividades acumuladas foram também estudadas por meio da análise de regressão e representadas graficamente.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As precipitações anuais (Figura 1) nos anos agrícolas de 2003, 2007 e 2008 situaram-se abaixo da média anual (1991-2004) de 1460 mm para a região de Lavras – MG, (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007). Com exceção de 2009 todos os valores registrados situaram-se abaixo de 1530 mm, valor da média anual das normais climatológicas 1961-1990 (BRASIL, 1992). Os valores anuais da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) só foram inferiores a média de 899 mm da região (BRASIL, 1992) no ano agrícola de 2008, porém, nos demais anos (Figura 1) foram superiores ao valor de 956 mm, encontrado por Dantas, Carvalho e Ferreira (2007) para o período de 1991-2004.

Em relação às irrigações, nos sete períodos entre safras (Figura 1) verificou-se que a maior lâmina aplicada ocorreu já na primeira safra sendo 72% superior a menor aplicação que foi verificada na terceira safra. A primeira produção ocorreu quando a lavoura se encontrava em pleno desenvolvimento e vigor vegetativo com alto enfolhamento, o que é uma característica da cultivar Rubi (SANTOS, 2005) e, portanto, a evapotranspiração da cultura atingiu patamares mais altos (Figura 1).

A demanda por irrigação foi maior na primeira safra, possivelmente em função da alta produção que superou as expectativas para lavouras de primeiro ano, porém nos anos seguintes a necessidade de irrigação diminuiu, o que pode ter ocorrido tanto em função da perda de área foliar causada pela perda de ramos dos terços médio e inferior das plantas,

**TABELA 3** – Equações da curva característica de retenção da água no solo, segundo o modelo de van Genuchten (1985), para as camadas de 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm.

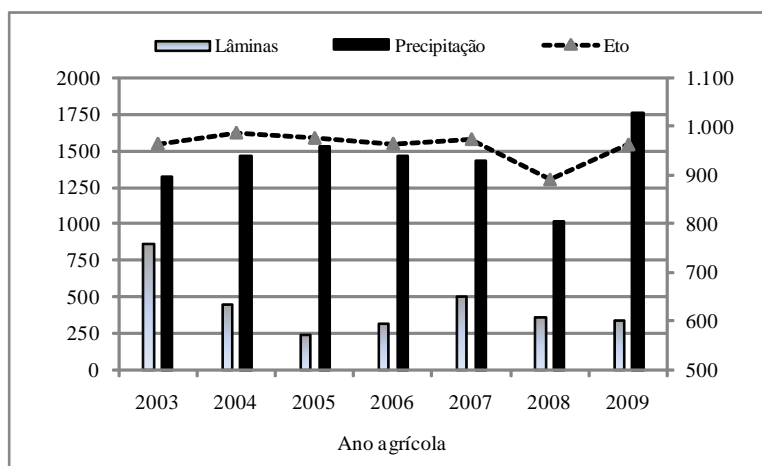
Camada de solo (cm)	Equação da curva característica ( $\Psi$ em cm)	R <sup>2</sup>
0-20	$\theta = 0,223181 + \frac{0,340456}{\left[1 + (0,027793 \cdot  \Psi_m )^{2,031813}\right]^{0,287954}}$	0,993
20-40	$\theta = 0,239476 + \frac{0,350076}{\left[1 + (0,035177 \cdot  \Psi_m )^{1,903507}\right]^{0,298648}}$	0,991
40-60	$\theta = 0,205741 + \frac{0,454637}{\left[1 + (0,141522 \cdot  \Psi_m )^{3,3333909}\right]^{0,150509}}$	0,988

quanto pelo microclima úmido presente em função do autosombreamento. Esse microclima mantém o solo sob condições favoráveis de umidade por um tempo maior, pois com o adensamento ocorre um uso mais eficiente da radiação, da água e também dos nutrientes (RENA et al., 1998).

A análise dos resultados indicou interação significativa entre regime hídrico e anos agrícolas apenas para a produtividade de café beneficiado e produtividades médias acumuladas em cada safra. O rendimento de café coco/beneficiado não sofreu influência significativa do regime hídrico, como verificado para o volume de café por planta e percentual de frutos verdes (Tabela 4). Os resultados foram submetidos ao teste de agrupamento de médias de Scott-Knott e as médias da produção de frutos por planta, do rendimento de café coco/beneficiado,

da produtividade e do percentual de frutos verdes de cafeeiros irrigados e não irrigados em plantio superadensado constam da Tabela 4.

Cafeeiros irrigados foram mais produtivos (44%) em relação aos não irrigados, porém apresentaram maior (31,6%) percentual de frutos verdes por ocasião da colheita (Tabela 4). Esse maior percentual de frutos verdes pode ter influenciado na não diferenciação do rendimento de café coco/beneficiado, pois quando o café possui alta proporção de grãos verdes, as perdas de rendimento final são significativas (BORGES; JORGE; NORONHA, 2002). Segundo relatos de Silva et al. (2008), ao longo das pesquisas em cafeicultura irrigada o rendimento é uma das poucas características que não apresenta resposta definida à irrigação podendo variar entre e ao longo dos anos.



**Figura 1** – Precipitação anual (mm), Eto = Evapotranspiração de referência (mm), Lâminas médias de irrigações nos diferentes anos agrícolas no regime hídrico irrigado quando a tensão da água do solo atingiu valores próximos a 60 kPa (mm).

**Tabela 4** – Rendimento médio de café coco/beneficiado, produtividades médias, volume de frutos por planta e percentual de frutos verdes de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) irrigados e não irrigados, ao longo de sete anos de avaliação desde a primeira produção na densidade de 20000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Regime hídrico	Rendimento Litros/saca 60 kg	Produtividade Sacas ha <sup>-1</sup>	Volume por planta (litros)	Frutos verdes (%)
Não irrigado	273a	59b	1,21b	19,0a
Irrigado - 60 kPa	280a	85a	1,72a	25,0b
CV (%)	7,8	22,3	26,5	32,5

Nota-se pela Tabela 4 que, em lavouras superadensadas o rendimento de café (litros de café em coco necessários para se ter uma saca de café beneficiado) não é alterado pelo uso da irrigação, porém o volume de café por planta é 42% maior.

Normalmente cafeeiros irrigados apresentam atraso (REZENDE et al., 2006) e também desuniformidade na maturação de frutos (FARIA; SIQUEIRA, 2005). Isso ocorre porque o fornecimento ininterrupto de água por irrigação funciona como um estímulo à abertura de novas flores o que gera frutos em diferentes estádios de desenvolvimento e maturação desuniforme, por ocasião da colheita. Tal fato também tem influência direta no rendimento, pois grãos menores demandam maior volume de café para formar uma saca de 60 kg do produto beneficiado. Por outro lado, no sistema superadensado essa situação pode ser potencializada, pois o maior número de plantas por área gera um ambiente mais úmido, no qual as temperaturas foliares não atingem valores tão elevados (MARTINEZ et al., 2007). O amadurecimento do fruto em temperaturas mais baixas é retardado pelo fato das plantas requererem maior temperatura para esse processo do que o necessário para o crescimento das partes vegetativas (CUNHA; VOLPE, 2011; LARCHER, 2004). Dentre os elementos climáticos, a temperatura do ar, que atua na duração do ciclo reprodutivo é considerada a mais relevante (PEZZOPANE et al., 2003). Aguiar et al. (2004) relatam a evidência de que o componente ambiental tem grande influência no crescimento do fruto do cafeeiro, pois esse é bastante influenciado por variações de temperatura, luminosidade, espaçamento de plantio, umidade, adubação, entre outras. Diante da interação significativa de regime hídrico e anos agrícolas para a produtividade de café beneficiado procedeu-se ao desdobramento das épocas de análise (anos) dentro de cada regime hídrico para verificar-se verificar a variação de produção ao longo dos anos, no plantio superadensado (Tabela 5).

Cafeeiros não irrigados apresentaram produtividade crescente ao longo dos três primeiros anos e a partir daí verificou-se variação da produção nas quatro últimas safras enquanto cafeeiros irrigados apresentaram altas produtividades a partir do primeiro ano, porém com bienalidade desde então. O uso da irrigação em lavouras superadensadas aumentou a

produtividade média em 44% ao longo das sete safras, porém a bienalidade da lavoura foi maior em relação ao cultivo não irrigado (Tabela 5).

Na última safra ambos os sistemas tiveram aumento de produtividade da ordem de 262% e 126% em relação à safra anterior, respectivamente (Tabela 5). Esse resultado foi diferente do encontrado em alguns trabalhos nos quais foi verificada queda de produção em plantios superadensados ao longo do tempo (BRACCINI et al., 2002, 2005; CARVALHO et al., 2006; PAULO et al., 2005). Na última safra as produtividades de cafeeiros irrigados e não irrigados foram semelhantes (105 e 104 sacas ha<sup>-1</sup>).

Quando se comparou a produtividade de café beneficiado e a produção de café por planta observou-se que, nem sempre, as maiores produções por planta corresponderam às maiores produtividades. O volume por planta demonstra quantitativamente os efeitos do adensamento por indivíduo, o que pode auxiliar o manejo com podas ou a definição de espaçamentos mais adequados (PEREIRA et al., 2011). Porém, no presente estudo a ausência de relação entre volume por planta e produtividade pode ser um indicativo de que além desse, outros fatores estão envolvidos na produtividade final da lavoura tanto de sequeiro quanto irrigado, como: desuniformidade de maturação, especialmente nos cafeeiros irrigados, tamanho dos grãos e possíveis perdas no processo de secagem e beneficiamento.

Nota-se que, apesar da produção concentrar-se apenas no terço superior das plantas a produtividade não sofreu quedas acentuadas (Tabela 5). Porém, vale mencionar que, com o fechamento total da lavoura, a perda de ramos, as dificuldades para execução dos tratamentos culturais e operações de colheita são significativas, o que pode não justificar a manutenção deste sistema por um número maior de safras, sem a alternativa das podas.

Os aumentos ou decréscimos relativos de produtividade ao longo de sete safras apresentados na Tabela 5 fornecem um panorama da cafeicultura irrigada e não irrigada em um plantio superadensado com oscilação entre percentuais negativos e positivos indicando a existência da bienalidade de produção, em ambos os sistemas. Nesse trabalho pode-se visualizar a magnitude dos percentuais de variação de produtividade constituindo num indicativo do potencial de produção de lavouras superadensadas,

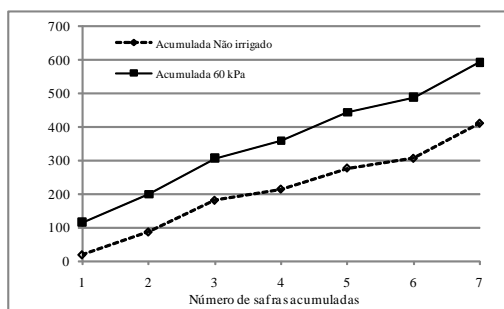
irrigadas ou não e sem um manejo de poda até o sétimo ano agrícola. As produtividades médias ao longo de sete anos foram de 59 e 85 sacas  $ha^{-1}$  para sistemas não irrigados e irrigados, respectivamente, indicando o grande potencial da irrigação para a região do sul de Minas Gerais, com aumento significativo de produtividade aliado aos custos cada vez menores dos equipamentos de irrigação.

Ao se acumular os valores médios de produtividade em função do número de safras foi possível observar, de forma mais precisa, os ganhos obtidos ao longo dos sete anos agrícolas estudados (Figura 2a) e, obter o modelo mais adequado para descrever o comportamento da produtividade ao longo desse período (Figura 2b). As linhas plotadas graficamente, em alguns pontos de interseção

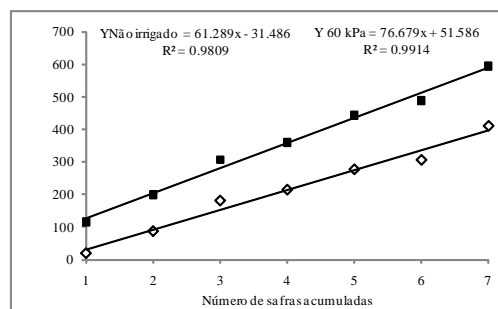
**Tabela 5** – Produtividades médias anuais (sacas  $ha^{-1}$ ), variação de produtividade (%), volumes produzidos por planta (litros), em dois regimes hídricos avaliados.

Ano agrícola	Não irrigado			Irigado a 60 kPa		
	Produt. média anual (Sc $ha^{-1}$ )	Varição de produtividade (%)	Volume por planta (L)	Produt. média anual (Sc $ha^{-1}$ )	Varição de produtividade (%)	Volume por planta (L)
2003	18c		0,24c	116a		1,63a
2004	68b	277,8	1,84a	83b	-28,4	2,02a
2005	95a	39,7	1,53b	108a	30,1	1,91a
2006	34c	-64,2	0,80c	52c	-51,8	1,34b
2007	63b	85,3	1,28b	84b	61,5	1,91a
2008	29c	-54,0	0,66c	46c	-45,2	1,04b
2009	105a	262,1	2,08a	104a	126,1	2,2a
Médias	59	-	1,2	85	-	1,7

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Sott-Knott, ao nível de 1% para a produtividade anual e ao nível de 5% para litros por planta.



Produtividades acumuladas (sacas  $ha^{-1}$ )  
(a)



Ajuste das produtividades acumuladas  
(b)

**Figura 2** – (a) Produtividade acumulada de café (*Coffea arabica* L.) beneficiado (sacas  $ha^{-1}$ ) em cada safra de cafeeiros não irrigados e irrigados no sistema superadensado de 20000 plantas  $ha^{-1}$  (b) representação gráfica do ajuste da produtividade acumulada (sacas  $ha^{-1}$ ) de cafeeiros não irrigados e irrigados no sistema superadensado de 20000 plantas  $ha^{-1}$ .

geraram patamares que traduzem um menor aumento de produção naquele número de safras em relação aos anteriores ou mesmo servem para definir quando ocorreu redução de produtividade. Esses patamares, evidenciados pela menor inclinação dos ângulos de interseção, caracterizam a bienalidade. É possível então inferir que, em plantios superadensados, essa bienalidade ocorre tanto nas lavouras de sequeiro quanto nas irrigadas, porém com produtividades sempre maiores nos cultivos irrigados (Figura 2 a).

É importante ressaltar que a bienalidade de produção ocorreu tanto no sistema não irrigado quanto no irrigado, porém com maior intensidade nesse último, no qual as produtividades médias foram maiores, especialmente na primeira safra, quando ainda não havia um acentuado fechamento da lavoura. Coelho e Silva (2005), ao longo de três safras concluíram que a irrigação pode melhorar a média de produtividade do cafeeiro, o que também foi constatado nesse estudo; e ocasionar menores variações entre safras, permitindo certa redução no efeito da bienalidade, fato esse não observado no presente estudo. Cabe ressaltar que Coelho e Silva (2005) trabalharam em espaçamento de 3,5 x 0,8 m com uma população de 3571 plantas ha<sup>-1</sup>, na qual o efeito da bienalidade é mais comum em função da maior produção por planta.

Quando as produtividades acumuladas de cafeeiros irrigados e não irrigados foram submetidas à análise de regressão foi verificado um comportamento linear ao longo dos sete anos de avaliação (Figura 2b), com coeficientes de determinação de 0,98 e 0,99, respectivamente. O ajuste ao modelo linear é um indicativo de que no sistema de plantio de 20000 plantas ha<sup>-1</sup> mesmo com as produções concentradas no terço superior das plantas, a produtividade não sofreu acentuada redução ao longo do tempo. É como se houvesse apenas um deslocamento da copa para cima, compensando a perda dos ramos produtivos do terço médio e inferior, com superioridade constante das parcelas irrigadas sobre as não irrigadas. O cultivo de café em sistema superadensado proporcionou níveis mais estáveis de produtividade ao longo de sete safras, com superioridade em produtividade média para o cultivo irrigado.

#### 4 CONCLUSÕES

O uso da irrigação por gotejamento em lavouras superadensadas atrasa a maturação dos frutos em relação à condição de sequeiro.

Em lavouras superadensadas o rendimento de café (litros de café em coco necessários para se ter uma saca de café beneficiado) não é alterado pelo uso da irrigação, porém o volume de café por planta é maior.

O uso da irrigação em lavouras superadensadas aumenta a produtividade, porém a bienalidade da lavoura é maior em relação ao cultivo não irrigado.

Apesar da ocorrência da bienalidade, tanto para cultivos não irrigados quanto irrigados, o plantio do cafeeiro em sistema superadensado de 20000 plantas ha<sup>-1</sup> não apresenta queda acentuada de produtividade ao longo de sete safras.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Ao Consórcio Pesquisa Café/Embrapa/Café, à Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais – FAPEMIG e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico – CNPq

#### 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, A. T. E. et al. Caracterização de cultivares de *Coffea arabica* mediante utilização de descritores mínimos. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 179-192, 2004.
- ARRUDA, B. F.; GRANDE, A. M. Fator de resposta da produção do cafeeiro ao déficit hídrico em Campinas. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 1, p. 139-145, 2003.
- BORGES, F. B.; JORGE, J. T.; NORONHA, R. Influência da idade da planta e da maturação dos frutos no momento da colheita na qualidade do café. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 158-163, maio/ago. 2002.
- BRACCINI, A. L. et al. Características agrônômicas e produção de frutos e grãos em resposta ao aumento na densidade populacional do cafeeiro. **Acta Scientiarum, Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 269-279, 2005.
- \_\_\_\_\_. Produtividade de grãos e qualidade de sementes de café em resposta à densidade populacional. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, p. 489-496, 2008.



- BRACCINI, M. do C. L. et al. Produção de grãos, concentração e aproveitamento de nutrientes em resposta ao aumento na densidade de plantio do cafeeiro. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1205-1211, 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Normais climatológicas 1961-1990**. Brasília, 1992. 66 p.
- CARVALHO, G. R. et al. Avaliação de produtividade de progênies de cafeeiro em dois sistemas de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, p. 838-843, 2006.
- COELHO, G.; SILVA, M. A. O efeito da época de irrigação e de parcelamentos de adubação sobre a produtividade do cafeeiro em três safras consecutivas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 400-408, mar./abr. 2005.
- CUNHA, A. R. da; VOLPE, C. A. Curvas de crescimento do fruto de cafeeiro cv. Obatã IAC 1669-20 em diferentes alinhamentos de plantio. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 49-62, jan./mar. 2011.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p.
- FARIA, R. T. de; SIQUEIRA, R. Produtividade do cafeeiro e cultivos intercalares sob diferentes regimes hídricos. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 583-590, 2005.
- FERNANDES, A. L. T. et al. Deficiência hídrica e uso de granulados em lavoura cafeeira irrigada por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas Grande, v. 4, p. 376-381, 2000.
- FERREIRA, D. F. **Sistema SISVAR para análises estatísticas**: manual de orientação. Lavras: UFLA, 2000. 37 p.
- GENUCHTEN, M. T. van. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.
- GRENHO, A. I. S. **Influência do estresse hídrico na qualidade e produtividade de cinco genótipos de café**. 2007. 30 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade de Brasília, Brasília 2007.
- GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 289-302.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2004. 531 p.
- LIMA, L. A.; PAIVA, A. A. de; 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, n. 6, p. 1832-1842, nov./dez. 2008.
- MARTINEZ, H. E. P. et al. Crescimento vegetativo de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e sua correlação com a produção em espaçamentos adensados. **Acta Scientia Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 481-489, 2007.
- MATIELLO, J. B. et al. **Cultura do café no Brasil**: novo manual de recomendações. Rio Janeiro: MAPA, 2002. 387 p.
- NASCIMENTO, L. M. do. **Paralização da irrigação e sincronia do desenvolvimento das gemas reprodutivas de cafeeiros orgânico e adensado**. 2008. 71 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- PAULO, E. M. et al. Comportamento de cultivares de cafeeiro em diferentes densidades de plantio. **Bragantia**, Campinas, v. 64, p. 397-409, 2005.
- PEDROSO, T. Q. et al. Qualidade de sementes de cafeeiro produzidas em diferentes densidades de plantio e regimes hídricos. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 155-164, jul./dez. 2009.
- PEREIRA, S. P.; CUNHA, R. L. **Caracterização fenológica e reprodutiva de cafeeiros em diversos espaçamentos, antes e após a poda**. 2004. 105 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

PEREIRA, S. P. et al. Crescimento de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) rececados em duas épocas, conduzidos em espaçamentos crescentes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 643-649, maio/jun. 2007.

\_\_\_\_\_. Crescimento, produtividade e bienalidade do cafeeiro em função do espaçamento de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 2, p. 152-160, fev. 2011.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Escala para a avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 499-505, 2003.

RENA, A. B. et al. Plantios adensados de café: aspectos morfológicos, ecofisiológicos, fenológicos e agronômicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 193, p. 61-79, 1998.

REZENDE, F. C. et al. Características produtivas do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv., Topázio MG-1190). **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 103-110, jul./dez. 2006.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. **Cultivo do cafeeiro irrigado em plantio circular sob pivô central**. Rio de Janeiro: MAPA/Procafé, 2002. 250 p.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. 2. ed. Belo Horizonte: O Lutador, 2008. 476 p.

SANTOS, J. C. **Origem e características das cultivares de café**. Disponível em: <<http://www.revistacafeicultura.com.br/index.php?tipo=ler&mat=3696>>. Acesso em: 25 maio 2011.

SILVA, A. C. da; TEODORO, F. E. R.; MELO, de 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, 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 Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 37-44, 2003.

SILVA, A. M. da et al. Avaliação do efeito da época de irrigação e da fertirrigação sobre a produtividade e qualidade física do café: safra 1999/2000. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 312-321, 2002.

\_\_\_\_\_. Produtividade, rendimento de grãos e comportamento hídrico foliar em função da época, parcelamento e do método de adubação do cafeeiro Catuaí. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 434-40, 2003.

THOMAZIELLO, E. A. et al. **Cultura do café**. Campinas: CATI, 1998. 57 p. (Boletim técnico, 193).