

**EVOLUÇÃO DO CAFEEIRO (*Coffea arabica* L.)
SOB DIFERENTES TENSÕES DE IRRIGAÇÃO
EM SISTEMA DE PLANTIO ADENSADO E
CONVENCIONAL.**

CARLOS HENRIQUE MESQUITA DE CARVALHO

2003

CARLOS HENRIQUE MESQUITA DE CARVALHO

**EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO
DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) SOB DIFERENTES TENSÕES DE
IRRIGAÇÃO EM SISTEMA DE PLANTIO ADENSADO E
CONVENCIONAL.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora
Profa. Dra. Myriane Stella Scalco

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2004**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Carvalho, Carlos Henrique Mesquita de

Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica L.*) sob diferentes tensões de irrigação em sistema de plantio adensado e convencional / Carlos Henrique Mesquita de Carvalho. -- Lavras : UFLA, 2004.

57 p. : il.

Orientadora: Myriane Stella Scalco.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Café. 2. Crescimento. 3. Irrigação. I. Universidade Federal de Lavras.
II. Título.

CDD-633.7387

CARLOS HENRIQUE MESQUITA DE CARVALHO

**EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO
DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) SOB DIFERENTES TENSÕES DE
IRRIGAÇÃO EM SISTEMA DE PLANTIO ADENSADO E
CONVENCIONAL.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 31 de maio de 2004

Prof. Dr. Rubens José Guimarães

UFLA

Pesq. Dr. Carlos Alberto Spaggiari Souza

CPLAC

**Pesq. Dra. Myriane Stella Scalco
UFLA
(Orientadora)**

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

Aos meus pais, por terem me
dado a oportunidade de estudar
e atingir os meus objetivos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar meus caminhos.

Aos meus pais, Carlos Alberto de Carvalho e Darlene Ap. Mesquita de Carvalho.

Aos meus irmãos, Luiz Flávio e Thiago e à minha Vó Melinha, pelo incentivo.

A Universidade Federal de Lavras e professores.

Aos amigos: Rodrigo (Diguinho), Leonardo Queirós de Melo, Everton (Ton), Fabrício, Vinícius, Leandro, Alexandre e todos os outros que me ajudaram.

Aos professores Alberto Colombo, Rubens José Guimarães, Carlos Alberto Spaggiari, à orientadora Myriane Stella Scalco e aos coorientadores Antônio Nazareno Guimarães Mendes e Augusto Ramalho de Moraes.

Aos colegas do curso de mestrado e funcionários do CEPECAFÉ.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1-INTRODUÇÃO.....	1
2- REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1- Importância da cafeicultura.....	4
2.2- Uso da irrigação na cafeicultura.....	5
2.3- Controle da irrigação em lavouras cafeeiras.....	7
2.4- Densidade de Plantio.....	9
2.5- Crescimento do cafeeiro irrigado.....	10
2.6- Uso da irrigação versus densidade de plantio.....	12
3- MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1- Caracterização da área experimental.....	15
3.2- Instalação, condução e tratos culturais.....	18
3.3- Tratamentos e delineamento experimental.....	18
3.4- Sistema irrigação.....	20
3.5- Características avaliadas.....	21
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1- Crescimento.....	24
a) Altura.....	25
b) Diâmetro de copa.....	32
c) Número de ramos plagiotrópicos.....	38
d) Considerações gerais.....	41
5- CONCLUSÕES.....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
ANEXOS.....	49

RESUMO

CARVALHO, Carlos Henrique Mesquita de. **Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob diferentes tensões de irrigação em sistema de plantio adensado e convencional.** 2004. 54p. Dissertação (Mestrado Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

Objetivou-se com este trabalho, avaliar o crescimento do cafeeiro, cultivar “Rubi”- MG-1192, quando submetido a diferentes tensões de irrigação (20, 60, 100 e 140 kPa) e em dois sistemas de plantio, um convencional (2.500 pls/ha) no espaçamento $4,0 \times 1,0$ m e um adensado (10.000 pls/ha) no espaçamento $2,0 \times 0,5$ m desde o plantio até os 990 dias de idade, apresentando os resultados por meio de curvas de crescimento. O experimento foi instalado e conduzido em uma área localizada no campo experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras/MG. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas compostas pelas duas densidades e as subparcelas, pelas tensões de irrigação. As variáveis que descrevem o crescimento das plantas do cafeeiro foram analisadas de acordo com esquema adaptado dos experimentos em parcelas subdivididas, considerando as avaliações como subsubparcelas no tempo. Foi utilizada a análise de regressão para descrever o crescimento das plantas em função das épocas de avaliações para cada combinação de densidade e tensão de irrigação. Foram feitas avaliações periódicas e trimestrais, até os 990 dias após o plantio das mudas. As características avaliadas foram: altura de planta (cm), diâmetro de copa (cm) e nº de ramos plagiotrópicos/planta. Concluiu-se que irrigações mais frequentes proporcionaram crescimento mais acentuado das plantas nos sistemas adensado e convencional até os 33 meses após o plantio; O crescimento das plantas seguiu o comportamento assintótico (modelo logístico) para as variáveis altura de plantas e diâmetro de copa, e o número de ramos plagiotrópicos apresentou um crescimento linear; O plantio adensado (10.000 pls/ha) apresentou maior altura de plantas e número de ramos plagiotrópicos por planta em relação ao plantio convencional (2.500 pls/ha).

*Comitê orientador: Myriane Stella Scalco – UFLA (Orientadora); Antônio Nazareno Guimarães Mendes e Augusto Ramalho de morais – UFLA (Co-orientadores).

ABSTRACT

CARVALHO, Carlos Henrique Mesquita de. Coffee tree (*Coffea arabica* L.) growth evolution at high and low planting density under different irrigation regimes. 2004. 54p. Dissertation. (Master of Agriculture) - Universidade Federal de Lavras.

This study had as objective to evaluate the growth of coffee tree (cv. Rubi-MG1192) submitted to different levels of soil tension trigger irrigation (20, 60, 100 and 140 kPa) and two planting densities: the traditional planting system, with 2500 plants/ha in a 4x1m spacing, and an high density planting system with 10 000 plants/ha in a 2 x 0.5m spacing. From seedling planting up 990 days after planting, coffee tree growth is presented in the form of graphical curves. The experiment was carried out in an experimental area of the Universidade Federal de Lavras Agriculture Department at Lavras/MG. A randomized block experimental design, with split plots and four replications, was used. Planting density was kept in the block and soil tension trigger irrigation level in the split plots. A process adapted from split plot experiments analysis, that considers the measurements as split plots in time, was used to analyze the variables that describe the coffee tree growth. For the different combinations of plant spacing and soil tension trigger irrigation level, regression analysis was used in order to describe plant growth as function of time. Measurements were taken in three-month intervals, from seedlings planting up to 990 days after seedlings planting. Measured parameters were: plant height (cm), tree crown diameter (cm) and number of plagiotrophic branches. It was observed that: (i) in both planting systems, traditional high density, more frequent irrigations increases plant growth up to 33 months after seedlings planting; (ii) plant growth measured by plant height and crown tree diameter showed an asymptotic behavior, that was fitted by a logistic equation, while plant growth measured by number of plagiotrophic branches showed a linear behavior; (iii) in the high density planting system (10 000pl/ha) it was observed higher plants and greater number of plagiotropic per plant than in the traditional planting system with 2500 pl/ha.

*Advisory committee: Myriane Stella Scalco –UFLA (principal adviser); Antônio Nazareno Guimarães Mendes, Augusto Ramalho de Moraes – UFLA (co-adviser).

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura irrigada vem se expandindo em vários pontos do país, sendo praticada com maior intensidade nos Estados brasileiros de significativa produção de café como Minas Gerais, Espírito Santo e São Paulo. Mais recentemente, a Bahia se transformou num novo pólo da cafeicultura irrigada, novas fronteiras estão se abrindo nesses e em outros Estados como Goiás e Mato Grosso. Existem hoje cerca de 200 mil hectares de café irrigado no Brasil, nos quais o cafeicultor utiliza-se de recursos que vão desde a denominada “molhação” até sistemas mais sofisticados e caros como o gotejamento associado a fertirrigação e quimigação (Matiello et al., 2002a).

Analizando o risco de cada região quanto à deficiência de água, que possa resultar em perdas significativas, e os custos e os benefícios da irrigação sempre levando em conta a conjuntura cafeeira, as regiões prioritárias para irrigação no Brasil onde a prática tem se tornado necessária e com boas respostas são: a) Alto Paranaíba, Triângulo Mineiro e Nordeste de Minas; b) Região cafeeira do Nordeste de país - Bahia, Pernambuco e Ceará; c) Zona de café Conillon – Na maior parte do Espírito Santo, extremo-sul da Bahia e certas áreas de Rondônia e Mato Grosso; d) Áreas de café arábica da Zona da Mata de Minas, do Jequitinhonha, Espírito Santo e Rio de Janeiro, situadas nos limites mais baixos de altitude, nas faces continentais das serras; e) Áreas de altitude mais baixa no Oeste e Sul de Minas, na Mogiana e Araraquarense em São Paulo (Matiello et al., 2002a).

Entretanto, o uso dessa técnica deve estar aliado principalmente a um manejo correto da irrigação de forma a otimizar o uso de água e energia e outros insumos responsáveis pelas altas produtividades de lavouras irrigadas. A inexistência de uma metodologia eficiente para o controle de aplicação de água que seja acessível ao produtor, tem limitado a aplicação dessa técnica à

cafeicultura. Os métodos até agora utilizados baseiam-se em sua maioria em estimativas, além do mais, nem sempre são fundamentados em constatações científicas, ou levam em consideração as diferentes situações edafo-climáticas da região.

Apesar da ênfase que as pesquisas vêm dando à utilização da irrigação e seu correto manejo para a cafeicultura, os resultados ainda são inconsistentes e esse assunto carece de mais informações. Um exemplo dessa situação é que pouco se conhece sobre valores de tensão de irrigação para o cafeeiro, entretanto essa informação pode fornecer subsídios para uma utilização mais eficaz de instrumentos indicativos do estado da água no solo, tais como blocos de gesso e tensiômetros.

Aliado ao correto controle da irrigação, um outro fator a ser considerado está relacionado à densidade de plantio utilizada em uma lavoura cafeeira. A densidade de plantio pode modificar completamente a resposta da cultura à irrigação, uma vez que a área de solo explorada pelas raízes, bem como a superfície vegetada exposta a evapotranspiração, é variável em função das diferentes populações de plantas. Alguns autores relatam que, em condições de plantio adensado, o balanço hídrico é favorecido por fatores relacionados a maior profundidade do sistema radicular, menor temperatura das folhas e do solo e maior controle de plantas daninhas, beneficiando o desenvolvimento e produtividade do cafeeiro. Entretanto, poucos trabalhos baseados em constatações científicas comprovam esse fato.

Assim, a necessidade de resultados fundamentados cientificamente para recomendação de um controle adequado da irrigação, com monitoramento das características de clima, solo e planta para o cafeeiro em diferentes sistemas de plantio, faz parte de um projeto de racionalização do uso da água, energia e demais insumos, que podem tornar a irrigação uma prática lucrativa para a cafeicultura, mesmo em regiões consideradas aptas quanto ao déficit hídrico,

como é o caso do sul de Minas Gerais. Considera-se que nessa região o uso correto da irrigação proporcionará maior crescimento do cafeeiro incorporando benefícios ao aumento da produtividade.

Diante desses fatos, com este trabalho, teve-se como objetivo analisar a evolução do crescimento vegetativo do cafeeiro (Rubi MG-1192) sob diferentes tensões de irrigação em sistemas adensado e convencional, desde o plantio até os 990 dias (33 meses) de idade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A importância da cafeicultura

No início do século XIX, o café começou a ter importância na economia mundial, entrando nessa época na pauta das exportações e importações de muitos países, sendo assim considerado principal fonte de divisas, condicionando o crescimento e desenvolvimento econômico desses (Silva, 2002). O café representa para 30% dos países produtores, mais da metade da arrecadação com as exportações totais (Caixeta & Teixeira, 1999).

Introduzido no Brasil em 1727, no Estado do Pará com sementes oriundas da Guiana Francesa (Matiello et al., 2002a). Segundo Mendes & Guimarães (1997), em 1820 o Brasil iniciou as exportações de café, e em 1945 produzia 45% do café do mundo. A partir daí tornou-se o centro motor de desenvolvimento da economia brasileira nos mercados internacionais da época, pelo deslocamento definitivo do eixo da economia do Nordeste para o Sudeste e pela criação de bases econômicas para a industrialização (Silva, 2002). Segundo Guimarães et al. (2002), dentre as comódities, o café é o segundo gerador de divisas no mundo, perdendo apenas para o mercado do petróleo, o que gera, anualmente, de 12 a 13 bilhões de dólares, com a exportação de cerca de 60 milhões de sacas.

De acordo com Matiello et al. (2002a), a produção de café no mundo foi aumentada em cerca de 1 milhão de sacas/ano nos últimos 30 anos. Em 1970 o volume total da produção situava entre 65-70 milhões de sacas; na década de 1980, subiu para 80-90 milhões de sacas e na década de 1990 atingiu entre 90 a 100 milhões de sacas, tendo, nos últimos 3 anos, ultrapassado a marca de 100 milhões, se situando, atualmente entre 110 e 115 milhões de sacas/ano.

O Brasil se destaca como o maior produtor e exportador mundial de café (Guimarães et al., 2002), com produção de 30,63 milhões de sacas na safra de

2003/04 (Agrianual 2004), e exportação média de 16,3 milhões de sacas, de acordo com Floriani (2000), citado por Guimarães et al., 2002 e é para muitas regiões produtoras, uma das atividades com maior capacidade geradora de empregos e fixadora de mão-de-obra no campo (Bacha, 1998).

De acordo com dados publicados pela UFLA (1999), a produtividade brasileira é muito baixa, com média de aproximadamente 12 sacas beneficiadas de 60 kg/ha, com tendência de crescimento ao longo dos anos.

Segundo Fontes (2001), a cafeicultura chegou ao Estado de Minas Gerais passando pela Zona da Mata, graças ao deslocamento no Vale do Paraíba, no Rio de Janeiro. Atualmente, o sul de Minas é a mais importante região produtora de café, com 50% da produção estadual, e o Estado de Minas Gerais corresponde com 50% da produção nacional (Guimarães et al., 2002).

2.2 Uso da irrigação na cafeicultura

A irrigação é uma das práticas agrícolas mais antigas e mais eficientes para obtenção de altas produtividades.

Na última década, segundo Mantovani (2000), a cafeicultura brasileira sofreu mudanças que potencializaram a busca de sistemas altamente tecnificados, que incorporam avanços técnicos e empresariais. Dentre esses avanços, destaca-se a utilização da irrigação, que pode proporcionar menos riscos, mais eficiência na utilização e aplicação de insumos, além de maior produtividade e melhor qualidade do produto.

Segundo Santinato et al. (1997), no Brasil existem atualmente cerca de 120 mil hectares de cafeeiros plantados em áreas consideradas marginais quanto ao déficit hídrico, incluindo as regiões do cerrado mineiro, goiano e baiano; parte do Mato Grosso, Chapada Diamantina, Agreste de Pernambuco, Serra do Baturité no Ceará e bolsões localizados no Espírito Santo e Bahia. A falta de

irrigação nessas áreas é responsável pela não-produção de 2 a 2,5 milhões de sacas beneficiadas por ano em virtude do déficit hídrico ocorrido em fases como floração e granação dos frutos. Em 20 mil hectares já irrigados, a produção média é de 35 a 50 sacas beneficiadas por hectare/ano. O potencial de produção do cafeeiro irrigado em médio prazo corresponde a uma área de aproximadamente 220 mil hectares com uma perspectiva de produção entre 6 a 8 milhões de sacas beneficiadas por ano.

A cafeicultura irrigada ocupa 8% da área plantada, colocando o cafeeiro entre as principais culturas irrigadas do Brasil. Por meio de levantamentos preliminares da EMBRAPA (1999), avaliou-se um total de quase 200.000 ha irrigados, concentrados principalmente no norte do Espírito Santo, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba em Minas Gerais e oeste da Bahia.

Regiões climaticamente aptas para o cultivo de café vêm sofrendo o efeito de estiagens prolongadas nos períodos críticos de demanda de água pela planta, promovendo queda na produção de várias lavouras, inclusive na região do sul de Minas (Alves, 1999). Apesar da maior concentração das áreas irrigadas, em regiões onde existem restrições hídricas importantes em períodos extensos do ano, é grande também a implantação de projetos de irrigação em áreas tradicionais de cafeicultura, como regiões do Sul e da Zona da Mata de Minas Gerais e diversas regiões do Estado de São Paulo (Mantovani & Soares, 2003).

A irrigação do cafeeiro tem sido realizada preferencialmente com uso de sistemas pressurizados por aspersão ou localizados. Dentre os sistemas de irrigação existentes, destacam-se a irrigação por aspersão convencional, autopropelidos, pivô-central e o gotejamento (Mantovani & Soares, 2003).

Um método não é melhor que o outro em relação à fisiologia da planta, segundo Faria & Rezende (1997), porém eles diferem na sua adaptabilidade em relação às condições locais de solo, topografia, clima, cultura, qualidade de

água, fatores econômicos e determinadas influências externas e agrônômicas. Cada sistema apresenta suas vantagens e desvantagens, porém Santinato et al. (1997) citam como o mais indicado para a cafeicultura irrigada, o sistema de gotejamento.

A irrigação localizada, do tipo gotejamento, apresenta as vantagens de gastar menos água, ter baixo custo operacional e ser usada para aplicar adubos e defensivos na água de irrigação, tendo a desvantagem da necessidade de maior investimento inicial e ser de uso exclusivo da cultura (Matiello et al., 2002a).

Independentemente do sistema de irrigação utilizado, a literatura é unânime ao enfatizar a importância de se controlar adequadamente a aplicação, otimizando o custo de água e energia e de outros fatores envolvidos na condução de uma cultura irrigada (Moreira, 1992; Marouelli et al., 1996; Faria & Rezende, 1997; Bernardo, 1998; Matiello et al., 2002a).

2.3 Controle da irrigação em lavouras cafeeiras

Para se quantificar a água necessária, pode-se fazer uso de pelo menos cinco métodos: o pedológico, pelo teor da água do solo; o processo físico, medindo a tensão de água no solo pelo tensiômetro; o fisiológico, baseado na reação da planta ao déficit hídrico; o irrigacional, baseado no tanque Classe A e o modelo climatológico, pelo cálculo do balanço hídrico, (Matiello et al., 2002a). Embora existam vários métodos de controle de irrigação em diferentes níveis de precisão e complexidade de operação, os mais difundidos aos produtores são, o tanque Classe A e o tensiômetro (Faria & Rezende, 1997).

De uma maneira geral, porém, com o aumento do uso da irrigação nas diferentes culturas, novos métodos vêm sendo pesquisados e já utilizados por produtores. Com maior nível de detalhamento, usando-se estações meteorológicas automáticas completas, ou mesmo termômetros de máxima e mínima e pluviômetro, pode-se construir tabelas próprias, diariamente, com uso,

inclusive, de programas de computador (Matiello et al., 2002a). Outros métodos, tais como medidas de potencial de água na folha (Crisosto et al., 1992), resistência estomática, transpiração (Ferreira et al., 1995) e o uso da termometria ao infravermelho na detecção do estresse hídrico (Costa & Steinmetz, 1995) também têm sido estudados como indicativos do estresse por água na planta e, conseqüentemente, como métodos alternativos para o controle da irrigação.

De todos os métodos disponíveis para controle da irrigação, o tensiômetro tem sido um dos mais comercializados (Silva et al., 1998). Alguns autores sugeriram que esse instrumento poderia ser utilizado tanto para determinar o momento de irrigação como para calcular a quantidade de água a ser aplicada. Em tensões superiores a 80 kPa (limite a partir do qual o tensiômetro não é recomendado) outras formas de controle são indicadas, entre elas a utilização de blocos porosos calibrados para cada condição específica de solo (Gomide, 1998).

Já existem na literatura recomendações de valores de tensão para irrigar as mais diversas culturas, porém para o cafeeiro poucas referências são feitas a esse respeito ou esses valores, na maioria das vezes, baseiam-se naqueles obtidos para árvores frutíferas e outros arbustos. No Brasil, poucos estudos têm abordado essa questão. Faria & Siqueira, (1988) determinando as exigências hídricas do cafeeiro e culturas intercalares em Londrina/PR (manutenção da umidade acima de 50% da água disponível e manutenção da umidade do solo acima de 30% da água disponível + testemunha sem irrigação) observaram para os anos agrícolas 1982/1983 e 1985/1986 as diferentes variações da tensão de água no solo nas profundidades de 25 e 85cm. Esses autores relatam que os valores de tensão determinados indicaram a ocorrência de curtos períodos de déficit hídrico, mais evidenciados na camada de 25cm, enquanto nas camadas mais profundas (85cm), os valores de tensão determinados (variação média de 10 a 40 kPa) foram considerados baixos, (com exceção do ano 1985/1986

considerado seco), o que indicou boa disponibilidade hídrica para o sistema radicular em todos os tratamentos.

Para a fase inicial de formação do cafeeiro em casa de vegetação (cerca de 50 semanas), Gervásio & Lima (1998) observou o seguinte comportamento do potencial matricial da água no solo em função das lâminas de água aplicadas (40, 60, 80, 100, 120 e 140% da evaporação do tanque classe A - ECA): a partir de 18 semanas, os tratamentos de 40, 60 e 80% ECA, já apresentavam valores de potencial matricial equivalentes ao ponto de murcha permanente (-1500 kPa). Para as lâminas de 120 e 140% ECA, os valores de potencial matricial oscilaram entre -20 a -30 kPa (52% da umidade disponível no solo) e -10 a -20 kPa (76% da umidade disponível no solo), respectivamente. Os primeiros sintomas de murcha indicativos de deficiência hídrica foram verificados quando o potencial matricial encontrava-se na faixa de -260kPa.

O balanço hídrico é um método que já foi bastante utilizado para a cafeicultura irrigada (Camargo, 1987). Porém a eficiência de cada um desses métodos e equipamentos deve ser estudada de forma a fornecer ao cafeicultor irrigante resultados que proporcionem um maior desenvolvimento e, conseqüentemente, aumento de produtividade da lavoura cafeeira em regiões específicas.

2.4 Densidade de plantio

Existe uma tendência geral de maior adensamento nas lavouras cafeeiras em nível mundial, visando à obtenção de maiores produtividades por área, (Matiello et al., 2002a). De acordo com Rena et al. (1998), os impactos econômicos são consideráveis, principalmente em pequenas propriedades, e regiões onde a mecanização é difícil ou até mesmo impossível. Segundo Bartholo et al. (1998), os fatores mais importantes que devem ser levados em

consideração, para a implantação da cultura do cafeeiro, é o número de plantas por área bem como a disposição dessas plantas dentro da área.

A opção por determinado espaçamento traz reflexos diretos por um longo período, seja na execução e nos custos dos tratamentos culturais dispensados à lavoura, seja na sua produtividade e longevidade. Para se obter a maior facilidade na aplicação de tratamentos culturais e otimização da irrigação, é necessário que se proceda a um adequado arranjo das plantas no campo por ocasião do plantio. A distribuição de um adequado número de plantas por área e a sua correta disposição no terreno permite obter um índice ótimo de área foliar, o que certamente vai resultar num nível máximo de produtividade (Guimarães et al., 2002).

Pela indicação de espaçamento para o plantio de cafezais, baseada nos trabalhos de pesquisa, orienta-se o uso de adensamento na linha para lavouras do tipo renque mecanizado ou adensadas, visando a maior população de plantas por área (Garcia et al., 2003).

No Brasil, a população de plantas gira em torno de 2.500 a 20.000 plantas/ha segundo Matiello et al., (2002a), para cultivares de *Coffea arabica*. O sucesso de uma lavoura cafeeira adensada está aliado ao uso de variedades adaptadas a essas condições, tanto em relação ao porte, arquitetura, resistência a doenças e pragas, resistência a condições adversas do ambiente, especialmente no que se refere a déficits hídricos prolongados, eficiência na absorção e acúmulo de nutrientes e tolerância a geadas, Matiello et al., (2002a). Segundo Carvalho & Fazuoli (1993) esses são aspectos que devem ser estudados de forma detalhada em plantios de cafeeiro adensado.

2.5 Crescimento do cafeeiro irrigado

Nos últimos anos vários, estudos e observações acerca do desenvolvimento do cafeeiro irrigado vêm sendo realizados. Porém, os

resultados verificados dependentes das condições de manejo da lavoura ainda são contrastantes.

Faria & Siqueira (1988) estudaram o efeito do controle da irrigação por meio da manutenção da umidade acima de 50 e 30% da água disponível no solo (AD) durante sete anos em lavoura cafeeira com culturas intercalares como feijão e arroz e observaram que, em relação ao crescimento vegetativo do cafeeiro, o uso da irrigação foi benéfico apenas nos primeiros dezoito meses, não havendo diferença significativa entre os tratamentos de irrigação. Em razão, talvez, da estabilização do crescimento do cafeeiro por causa das características genotípicas da cultivar.

Comparando tratamentos irrigados e não-irrigados aplicados à lavoura de café da cultivar Catuaí, Matiello & Dantas (1987) constataram acréscimo de 41% no diâmetro de copa e 39% na altura de plantas dos cafeeiros irrigados quando comparados com os não-irrigados. Já, Gervásio & Lima (1998), observaram efeito linear positivo de resposta, para as características de nº de ramos plagiotrópicos, altura de plantas, comprimento de raízes e diâmetro de caule, em função do aumento das lâminas de irrigação aplicadas. Esses mesmos autores encontraram maior crescimento para maior quantidade de água aplicada (140% ECA). Karasawa et al. (2001), trabalhando com variações de 0% a 120% e Faria et al. (2001), com valores variando de 0% a 100% de ECA, encontraram efeito semelhante, ou seja, quanto maior a lâmina aplicada maiores eram as respostas para as características avaliadas.

Resultados semelhantes aos encontrados pelos autores acima citados foram encontrados por Vilella (2001). Utilizando irrigação por gotejamento, e testando cinco diferentes lâminas de irrigação, (100%, 80%, 60% e 40% de ECA) encontrou resultados, segundo os quais, a irrigação proporcionou um maior crescimento e produtividade dos cafeeiros na lâmina de irrigação 100% da ECA, na área efetivamente molhada.

Martins et al. (2003), em um experimento localizado em Lavras, utilizando um sistema de pivô central, com seis tratamentos de lâminas de irrigação (0, 60, 80, 100, 120 e 140%) da evaporação do tanque classe A (ECA), obtiveram em 4 anos de avaliação dos dados de crescimento, efeito significativo apenas para a variável número de nós do ramo plagiotrópico. Já, Teodoro et al. (2003), buscando avaliar os efeitos da irrigação no desenvolvimento do cafeeiro, usou 8 lâminas de irrigação, correspondendo a 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 e 210%, baseadas nas porcentagens de evaporação acumulada do tanque classe A e avaliaram, aos 24 meses após plantio, o desenvolvimento vegetativo. Pelos resultados, verificou-se que as lâminas de irrigação 152,66; 139,72; 147,6; 141,5; 172,17% da ECA apresentaram maiores médias para altura de planta, diâmetro de caule e copa, número de internódios de ramos ortotrópicos e comprimento de ramos plagiotrópicos, respectivamente.

Mesmo em condições adequadas de disponibilidade de água na maior parte do ciclo produtivo do cafeeiro, a irrigação complementar pode beneficiar o crescimento dessa cultura (Matiello et al., 2002b), inclusive em regiões aptas à cafeicultura, como é o caso do sul de Minas Gerais.

Há um consenso, entre os autores de que cafeeiros irrigados se desenvolvem melhor e produzem mais, em comparação com os não-irrigados. Entretanto, esses estudos não informam de maneira clara qual o melhor nível de irrigação.

2.6 Uso da irrigação versus densidade de plantio

Estudos associando a utilização da irrigação em diferentes sistemas de plantio são raros no estrangeiro, e no Brasil, só recentemente estão sendo divulgados os primeiros resultados.

Segundo Kumar (1979), o adensamento não afeta o balanço hídrico negativamente graças principalmente, a três fatores: o sistema radicular dos

plantios adensados tende a ser mais profundo, permitindo o melhor aproveitamento da água em maiores profundidades; o sombreamento mútuo faz com que as temperaturas foliares e as do solo sejam menores, o que resulta em menores taxas de transpiração e evaporação; há menor densidade de plantas invasoras, decorrente da baixa luminosidade, o que contribui para maior economia de água.

Estudando o comportamento do cafeeiro em diferentes densidades de plantio, Fisher & Browning (1978) concluíram que não houve evidências de que o estresse hídrico foi maior em maiores densidades de plantas. Isso provavelmente, ocorreu porque o uso de água pela cultura (por unidade de área de solo) não aumentou significativamente com o aumento da densidade de plantas em razão de um efeito de proteção mútua benéfica que manteve o status de água da planta. Já, Sakai et al., (2001), em estudo preliminar, avaliando a produção e crescimento de cafeeiros da cultivar Obatã enxertado em Apoatã em 5 espaçamentos, com e sem irrigação localizada, verificaram competição entre plantas adensadas. As parcelas com menor espaçamento mostram a tendência de diminuição do diâmetro do caule, em relação aos maiores espaçamentos.

Melo et al. (2003), em um experimento de diferentes cultivares de cafeeiro irrigado por gotejamento e em diferentes espaçamentos na linha de plantio (20, 40, 60, 80 e 100cm), avaliaram aos 27 meses após plantio, características de altura de planta, número de internódios do ramo ortotrópico e diâmetros de caule e de copa, e concluíram que, independentemente da cultivar, o maior diâmetro de caule foi obtido no espaçamento de 94 cm entre plantas; o aumento do espaçamento entre plantas na linha diminuiu o diâmetro de copa e a altura dos cafeeiros.

Com relação à distância entre plantas na linha, pelos trabalhos, verifica-se melhor desempenho para 0,5m, em que houve melhor produtividade, variando a resposta de acordo com a região e a variedade. Distâncias reduzidas entre

plantas resultam em menor produção por planta e, em consequência, menor stress no pós-colheita (Matiello et al., 2002b). Em virtude do auto sombreamento da lavoura, a produção é menor por planta e, em consequência, o stress pós-colheita é menor.

A associação do uso da irrigação e adensamento em cafeicultura merece estudos mais detalhados para as diferentes regiões, uma vez que ambas as técnicas objetivam um aumento de desenvolvimento e, conseqüentemente, aumento de produtividade, sem contudo deixar de manter os demais fatores envolvidos na produção em níveis controláveis.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi instalado e conduzido em uma área localizada no campo experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras/MG. A área está situada a uma altitude de 910m, latitude sul de 21° 14' 00'', longitude oeste de 45° 00' 00''. A região apresenta clima tipo C_wa, de acordo com a classificação de Koppen (1970) citado por Scalco (2000), caracterizado por duas estações definidas: uma seca, de abril a setembro e outra chuvosa, de outubro a março. A temperatura anual média é de 19,4°C, a precipitação é de 1529,7mm e a umidade relativa é de 76,2% (BRASIL, 1992).

O solo da área experimental foi classificado como latossolo vermelho-escuro, analisado quanto às características físicas e químicas de acordo com os resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

TABELA 1: Resultados da análise física do solo da área experimental, classificado como um latossolo vermelho escuro (LE). UFLA, Lavras/MG, 2004.⁽¹⁾

Camada (cm)	Análise textural			DS g/cm ³	MAC (%)	MIC
	Areia	Silte (%)	Argila			
0-20	27,0	20,0	53,0	1,2	7,5	44,7
20-40	23,0	9,0	68,0	1,1	17,5	39,1
40-60	23,0	9,0	68,0	0,9	31,3	33,6

DS = densidade do solo, MAC = macroporosidade, MIC = microporosidade.

TABELA 2: Resultados da análise química do solo da área experimental, classificado como um latossolo vermelho escuro (LE). UFLA, Lavras/MG, 2004.⁽¹⁾

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

⁽¹⁾ Análises realizadas nos laboratório do Departamento de Ciências do Solo da UFLA. AcE = acidez elevada, AcM = acidez média, AcF = acidez fraca, A = alto teor, M = médio teor, B = baixo teor (Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999). S = soma de bases, t = C. T. C. efetiva, T = C.T.C. a pH 7,0, m = saturação por alumínio, V = saturação por bases, M.O. = matéria orgânica (Tomé Jr., 1997)

Nas figuras 1 e 2 têm-se as curvas de retenção de água do solo para as camadas de 0-20cm e 20-40cm de profundidade, respectivamente. E representam a quantidade de água que o referido solo pode armazenar, observando que quanto mais baixo o potencial matricial, maior é a quantidade de água retida neste solo.

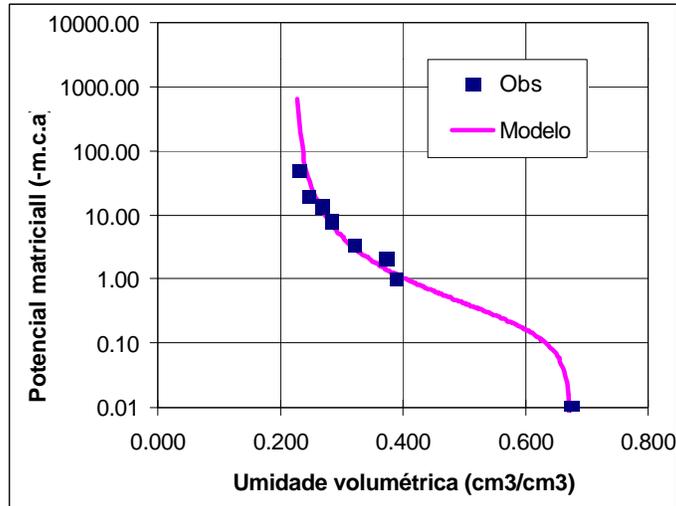


FIGURA 1: Curva de retenção de água no solo da área experimental, classificado como um latossolo vermelho escuro (LE), na camada de 0-20 cm, realizada no laboratório de Física do Solo do setor de Hidráulica do DEG. UFLA, Lavras/MG, 2004.

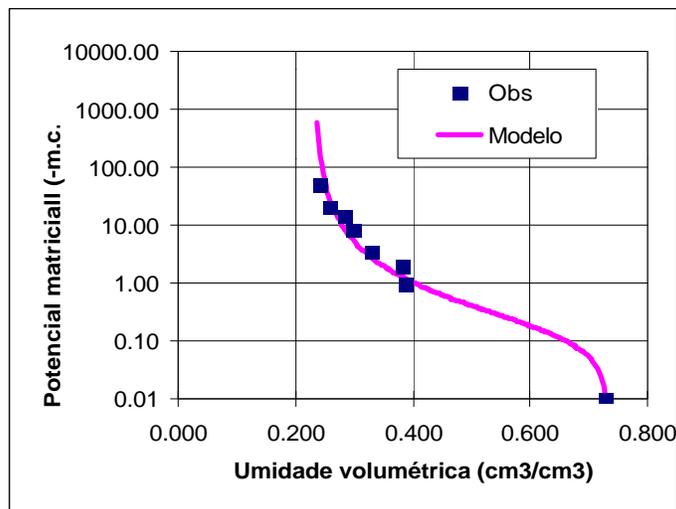


FIGURA 2: Curva de retenção de água no solo da área experimental, classificado como um latossolo vermelho escuro (LE), na camada de 20-40cm, realizada no laboratório de Física do Solo do setor de Hidráulica do DEG. UFLA, Lavras/MG, 2004.

3.2 Instalação, condução e tratos culturais

Após preparo adequado do solo (Guimarães et al., 2002), o plantio da lavoura foi realizado em janeiro de 2001 e foram utilizadas mudas sadias de cafeeiro, da cultivar “Rubi” - MG-1192. A lavoura foi mantida livre de plantas daninhas pela associação de métodos de manejo durante as diferentes fases da cultura de espécies infestantes. A calagem e adubações foram realizadas de acordo com a interpretação da análise de solo e baseada nas recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação (CFSEMG). Os micronutrientes foram fornecidos via adubação foliar de acordo com Malavolta (1981) e Malavolta e Moreira (1997). Os dados climáticos e de precipitação foram monitorados diariamente por meio de uma estação automática localizada na área do experimento; os dados desse monitoramento estão representados nas figuras 1A e 2A.

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

Foram estudados diferentes critérios para determinação do momento das irrigações em densidades de plantio para o cafeeiro desde a fase de formação de lavoura. Os tratamentos foram designados como segue na Tabela 3.

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições, utilizando-se o esquema de parcela subdividida sendo a parcela composta pelas densidades de plantio e a sub parcela pelas tensões de irrigação, perfazendo um total de 10 tratamentos. As variáveis que descrevem o crescimento das plantas do cafeeiro foram analisadas de acordo com esquema adaptado dos experimentos em parcelas subdivididas, considerando as avaliações como subsubparcelas no tempo (Steel et al., 1997). Foram utilizados o modelo logístico (Pereira, 1987) para descrever o crescimento das plantas em altura de planta e diâmetro de copa, e o modelo de regressão linear para

descrever o crescimento das plantas em número de ramos plagiotrópicos. Esses dois modelos foram utilizados para explicar o crescimento em função das épocas de avaliações para cada combinação de densidade com tensão de irrigação. Foi utilizada a derivação do modelo logístico para descrever a taxa de crescimento da altura e do diâmetro de copa durante o período de avaliação.

TABELA 3: Tratamentos de diferentes tensões de irrigação para determinar os momentos de irrigação a 25 cm de profundidade, em duas densidades de plantio. UFLA, Lavras/MG, 2004.

Momento de irrigação	Densidade de plantio (plantas/ha)
T0= sem irrigação	D1 = 2.500 (4,0m x 1,0m)
T1= irrigação a 20kPa	
T2= irrigação a 60kPa	
T3= irrigação a 100 kPa	
T4= irrigação a 140 kPa	
T0= sem irrigação	D2=10.000 (2,0m x 0,5m)
T1= irrigação a 20kPa	
T2= irrigação a 60kPa	
T3= irrigação a 100 kPa	
T4= irrigação a 140 kPa	

Foram utilizadas 10 plantas para cada tensão de irrigação (subparcela), deixando uma planta em cada extremidade como bordadura lateral, utilizando assim, 8 plantas úteis na subparcela. Nas bordas, superior e inferior de cada parcela (densidade de plantio) foi utilizada uma linha de plantas como bordadura, que receberam os mesmos tratamentos em cada subparcela. O total de plantas na área experimental foi de 480 plantas.

Três meses após o plantio, iniciaram-se avaliações trimestrais até os 990 dias após o plantio das mudas. A variável altura de planta foi avaliada em 11 épocas no período de 33 meses, a variável diâmetro de copa foi avaliada em 10 épocas e variável número de ramos plagiotrópicos em 9 épocas.

3.4 Sistema de irrigação

O sistema de irrigação constou de uma unidade central de controle (sistema de bombeamento, filtros de areia e tela, injetor de fertilizantes, manômetros e conexões), linha principal de tubos PVC, PN80, linhas de derivação de PVC, PN 40, linhas laterais com tubo flexível de polietileno, PN 40, gotejadores (vazão de 3,75 litros/hora) e registros. A irrigação de cada subparcela foi controlada por registros instalados nas linhas de derivação que conduziram a água até as quatro linhas laterais das quatro repetições de cada tratamento.

Nos tratamentos em que as tensões aplicadas superaram aquelas indicadas para o uso do tensiômetro (80kPa) foram utilizados os blocos porosos, previamente calibrados para as condições de solo específicas do experimento. Os tensiômetros e os blocos porosos foram instalados às profundidades de 10, 25 e 40cm. A irrigação de cada subparcela ocorreu quando, pela leitura de tensão de água à profundidade de 25cm indicou a tensão de irrigação relativa àquele tratamento. As leituras para tensões até 80kPa foram feitas através de um tensiômetro e acima desse valor por meio de um leitor digital de resistência elétrica devidamente calibrado para as tensões estudadas. Os tensiômetros e os blocos porosos, para avaliação dos diferentes valores de tensão foram instalados na fileira de plantas cerca de 20cm afastados da base do caule nas cinco subparcelas das duas parcelas, de uma das quatro repetições representativa da área experimental. As lâminas de irrigação foram calculadas considerando-se as leituras obtidas nos tensiômetros e nos blocos porosos nas três profundidades de instalação, o momento de irrigação foi definido quando as leituras de tensão atingiam o valor estabelecido para cada tratamento de irrigação na profundidade de 25 cm.

A umidade do solo foi indiretamente monitorada pelo uso de tensiômetros e blocos porosos. A descrição, princípios de funcionamento, forma

de utilização dos tensiômetros são relatadas por Gomide (1998) e Silveira & Stone (1994) e dos blocos porosos por Gomide (1998).

3.5 Características avaliadas

- Altura de plantas: medida a cada trimestre durante todo o período de avaliações. As medidas foram realizadas tomando-se a distância da base do caule (superfície do solo) até a extremidade apical do caule.
- Diâmetro de copa: medido a cada trimestre durante todo o período de avaliações, as medidas foram realizadas tomando-se a maior distância de uma extremidade à outra da copa do cafeeiro.
- Número de ramos plagiotrópicos primários: foram contados os ramos plagiotrópicos primários por planta do ramo ortotrópico a cada trimestre durante todo o período de avaliação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 3 e 4 apresenta-se a distribuição temporal das diferentes tensões de irrigação durante o período de avaliação.

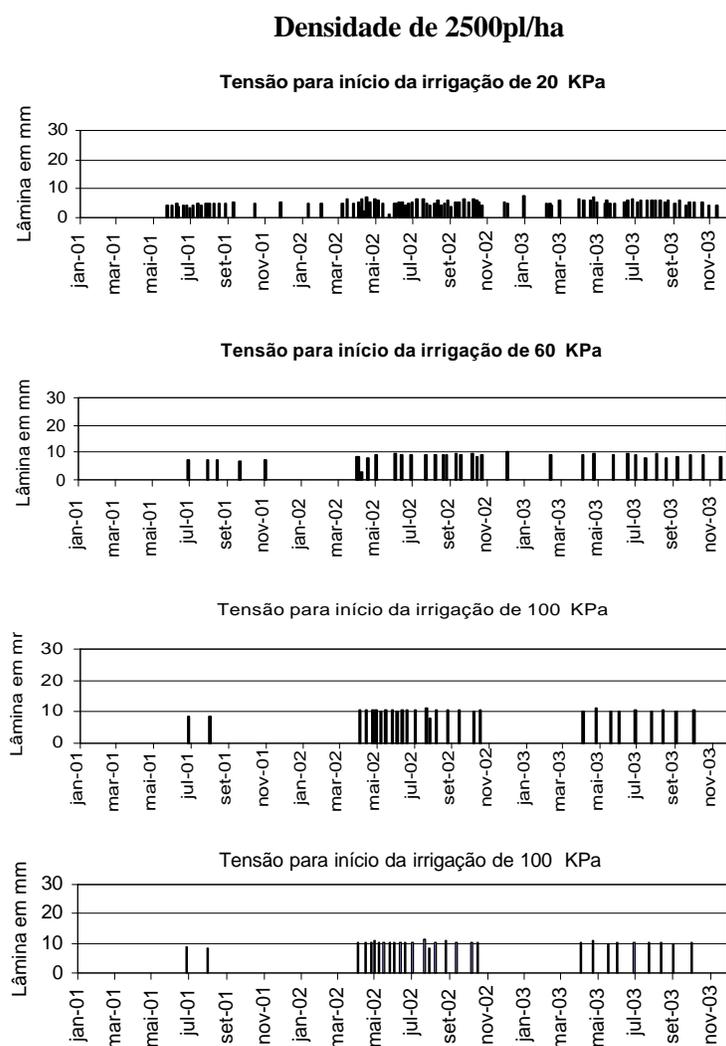


FIGURA 3: Distribuição das irrigações durante o período de janeiro de 2001 até outubro de 2003 em todas as tensões para o início da irrigação na densidade de 2.500 pl/ha. UFLA, Lavras/MG, 2004.

Observa-se que as irrigações concentraram-se principalmente no período de déficit hídrico, ou seja, de falta de água para a planta, que vai de abril a outubro.

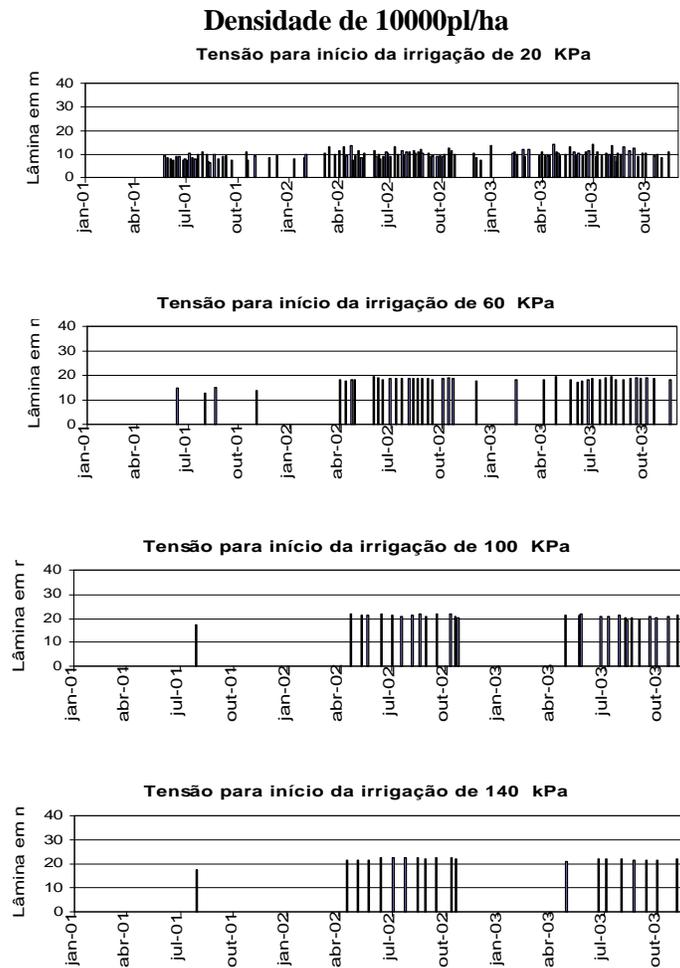


FIGURA 4: Distribuição das irrigações durante o período de janeiro de 2001 até outubro de 2003 em todas as tensões para o início da irrigação na densidade de 10.000 pl/ha. UFLA, Lavras/MG 2004.

À medida que as tensões de irrigação aumentam, o número de irrigações diminui, e a lâmina de água (mm) aplicada por irrigação aumenta. Isso ocorreu porque quanto maior a tensão maior é a lâmina necessária para elevar a umidade do solo até a capacidade de campo (tensão de 10 kPa).

Verificou-se também que na densidade de 2.500 pl/ha o número de irrigações e a lâmina de cada irrigação foram menores que na densidade de 10.000 pl/ha. Isso se deve ao fato de que quando se aumenta a população de plantas em uma mesma área, a evapotranspiração também aumenta. Sendo assim, o consumo de água por área na densidade de 10.000 pl/ha é maior que na densidade de 2.500 pl/ha.

4.1 Crescimento

Os resultados de crescimento serão aqui discutidos, levando-se em consideração, principalmente, o efeito das diferentes tensões de água do solo, o que determina a quantidade de água a ser aplicada nos tratamentos, em função das épocas de avaliação, obtendo-se assim curvas de crescimento do cafeeiro desde o plantio até os 33 meses de idade, que corresponde aos 990 dias.

Pelos resultados apresentados na Tabela 4, verifica-se que houve efeito significativo ($p < 0,05$) da tensão de irrigação e das épocas de avaliação sobre a altura de plantas e número de ramos plagiotrópicos por planta. A densidade de plantio não afetou de forma significativa apenas o diâmetro de copa. Já a interação entre densidade e tensão de irrigação afetou significativamente apenas a altura de plantas. As interações entre época x densidade e época x tensão influenciaram de forma significativa as três características avaliadas.

TABELA 4: Análise de variância contendo os quadrados médios das características de Altura de plantas, Diâmetro de copa e número de ramos plagiotrópicos. UFLA, Lavras/MG, 2004.

FV	GL	Altura de planta	GL	Diâm. Copa	GL	Nº Ramos
Densidade (DE)	1	4730.55**	1	1150,06 ^{ns}	1	645,34*
Erro 1	6	263.86	6	333,83	6	64,11
Tensão (T)	4	9898.82**	4	17177,50**	4	961,33**
DE × T	4	638.89*	4	363,02 ^{ns}	4	24,19 ^{ns}
Erro 2	30	192.71	30	317,31	30	28,69
Época (EP)	10	60191.14**	9	65812,80**	8	20454,18**
Repetição × EP	30	26.49**	27	59,10 ^{ns}	24	13,99**
EP × DE	10	727.83**	9	179,22**	8	74,90**
EP × T	40	156.64**	36	175,94**	32	28,95**
EP × DE × T	40	29.35**	36	93,00*	32	6,74 ^{ns}
Erro 3	264	5.76	237	54,45	210	5,97
CV 1 (%)		17,79		15,95		17,71
CV 2 (%)		15,21		15,55		11,85
CV 3 (%)		2,63		6,44		5,41

ns, * e **: não-significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente, pelos teste de F.

Para as variáveis altura de planta e diâmetro de copa foram analisadas e discutidas suas interações triplas por apresentarem significância pelo teste de F. Para a variável número de ramos plagiotrópicos, a interação tripla não apresentou significância, assim, procedeu-se à análise e interpretação das duas interações duplas.

a) Altura

Pelos resultados encontrados na Tabela 1A do anexo, observou-se que, para todos os níveis de espaçamento em conjunto com os níveis de tensão, o efeito de épocas foi significativo ($p < 0,05$). Em virtude desse fato, modelou-se o efeito de época para cada configuração (densidade; tensão de irrigação).

Os resultados são apresentados nos gráficos da Figura 5, sendo a Figura 5a correspondente às tensões na densidade de 2.500 pls/ha e a Figura 5b às

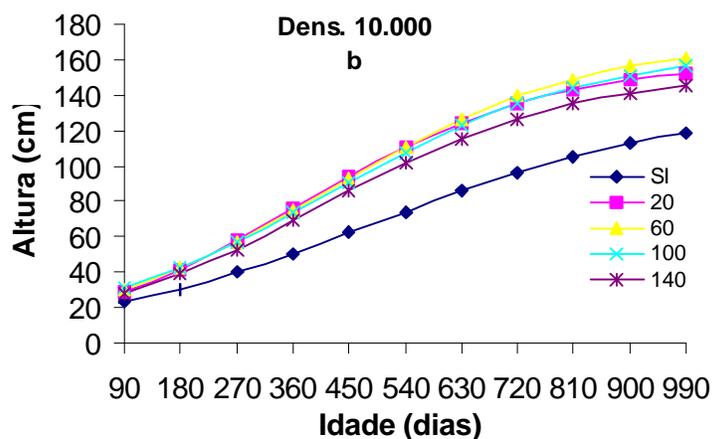
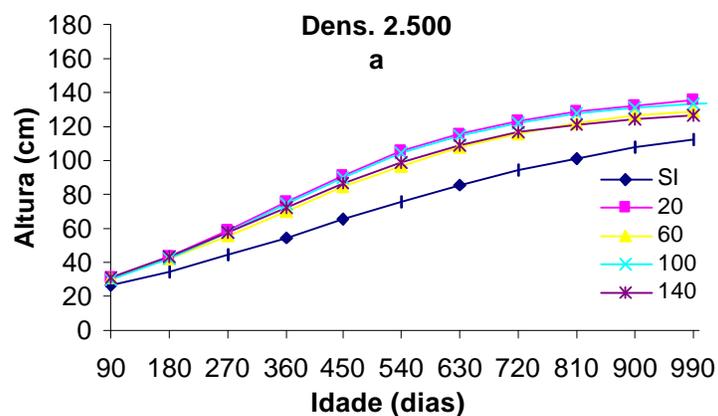
tensões na densidade de 10.000 pls/ha. Para todos os valores de tensão de irrigação estudados, em ambas as densidades, ficou evidenciado que o comportamento assintótico da altura de plantas em função das épocas de avaliação foi bem representado pelo modelo logístico.

Por meio dos modelos obtidos (Figuras 5a e 5b), pode-se observar que as tensões de água, quando condicionadas às duas densidades, mostraram diferença no crescimento em altura.

Para a densidade de 2.500 pls/ha (Figura 5a), observou-se que as plantas da tensão de 20 kPa tenderam a apresentar maior altura que as da tensão de 100 kPa. Provavelmente porque nesse valor de tensão, a quantidade de água aplicada foi maior (Tabela 2A), e as irrigações, mais freqüentes, como evidenciado nas figuras 3 e 4. Esse resultado se assemelhou aos obtidos por Karasawa et al (2001), em cafeeiros Topázio MG-1190 nos quais se verificou que a maior altura ocorreu com a aplicação de uma maior lâmina de irrigação. As plantas da testemunha (sem irrigação) apresentaram menor altura que os demais tratamentos irrigados, evidenciando assim que a restrição na disponibilidade de água no solo pode afetar negativamente os processos metabólicos relativos ao crescimento de plantas.

Observou-se que a diferença de crescimento em altura foi pequena entre os tratamentos irrigados (Figuras 5a e b). De acordo com os dados observados de altura de plantas (Tabela 3A), essa diferença foi de no máximo 7 cm entre as tensões de 20 e 140 kPa aos 990 dias. Entretanto, quanto aos tratamentos irrigados com a testemunha, nota-se que a diferença foi bem maior, das quais, a maior foi de 17,2 cm (Tabela 3A) entre a tensão de 20 kPa e a testemunha.

Resultados semelhantes foram encontrados também por Karasawa (2001), que verificou que as plantas irrigadas apresentaram crescimento superior às não irrigadas.



2.500 plantas/ha (4,0x1,0m)		10.000 plantas/ha (2,0x0,5m)	
SI	$y = 124,1327 \times (1 + e^{1,6415 - 0,003887x})^{-1}$ $R^2 = 95,79\%$	SI	$y = 133,8018 \times (1 + e^{1,9349 - 0,003995x})^{-1}$ $R^2 = 94,11\%$
20	$y = 139,0011 \times (1 + e^{1,7371 - 0,005321x})^{-1}$ $R^2 = 98,12\%$	20	$y = 158,0007 \times (1 + e^{1,9531 - 0,005182x})^{-1}$ $R^2 = 97,15\%$
60	$y = 135,4336 \times (1 + e^{1,6593 - 0,004772x})^{-1}$ $R^2 = 97,16\%$	60	$y = 171,4580 \times (1 + e^{1,9851 - 0,004791x})^{-1}$ $R^2 = 98,57\%$
100	$y = 136,8963 \times (1 + e^{1,7659 - 0,005411x})^{-1}$ $R^2 = 97,97\%$	100	$y = 167,0031 \times (1 + e^{1,9032 - 0,004629x})^{-1}$ $R^2 = 98,51\%$
140	$y = 131,1492 \times (1 + e^{1,6452 - 0,005149x})^{-1}$ $R^2 = 97,61\%$	140	$y = 154,0781 \times (1 + e^{1,9515 - 0,004837x})^{-1}$ $R^2 = 97,52\%$

FIGURA 5: Evolução da altura de plantas do café para cada tensão de irrigação em função das épocas de avaliação em duas densidades. UFLA, Lavras/MG, 2004.

Observou-se também que na densidade de 2.500 pls/ha houve uma tendência de diminuir a diferença do crescimento entre os tratamentos irrigados e o não irrigado (Figura 5a). Aos 630 dias a diferença de altura entre as plantas do tratamento sem irrigação e as da tensão de 20 kPa era de 32 cm; na última avaliação, aos 990 dias foi verificada uma diferença de 23,9 cm (Tabela 3A). Essa diferença pode diminuir ainda mais, pois as plantas irrigadas mostram uma maior tendência de estabilização do crescimento que as não irrigadas.

Para a densidade de 10.000 pls/ha (Figura 5b), foi observado que as plantas irrigadas na tensão de 140 KPa apresentaram o menor crescimento dentre os tratamentos irrigados. A diferença na altura de plantas entre as tensões de 60 e 140 kPa foi de 16,1 cm (Tabela 4A) na época de 990 dias.

Também para essa densidade, as plantas não irrigadas apresentaram menor altura que as irrigadas aos 990 dias. A diferença da altura de plantas nessa época foi de 43,7 cm quando se compararam as plantas não irrigadas com aquelas irrigadas na tensão de 60 kPa (Tabela 4A) que foi a tensão que proporcionou maior altura das plantas nessa densidade.

Alves (1999), Faria & Siqueira (1988) e Matiello & Dantas (1987), também constataram, entre outras variáveis, que os valores médios de altura de planta foram bastante superiores nos cafeeiros irrigados comparados aos não irrigados.

Na densidade de 2.500 pls/ha, a altura de plantas foi caracterizada por um aumento para os tratamentos irrigados entre os 320 (140 kPa) e 350 dias (60 kPa) e para o não irrigado até os 420 dias, tendendo, a partir dessas épocas, a uma redução na taxa de crescimento (Figura 6a). Para a densidade de 10.000 pls/ha, o comportamento foi semelhante.

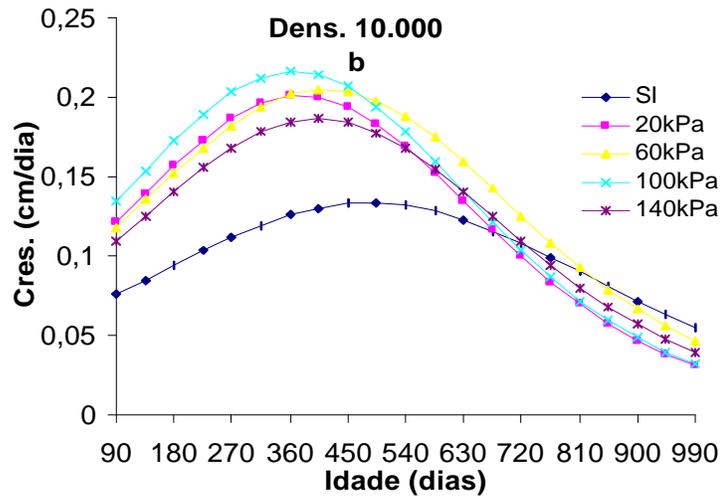
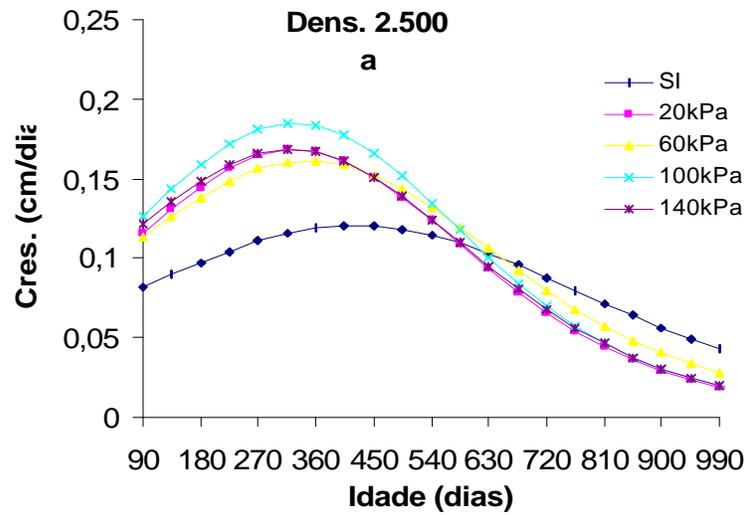


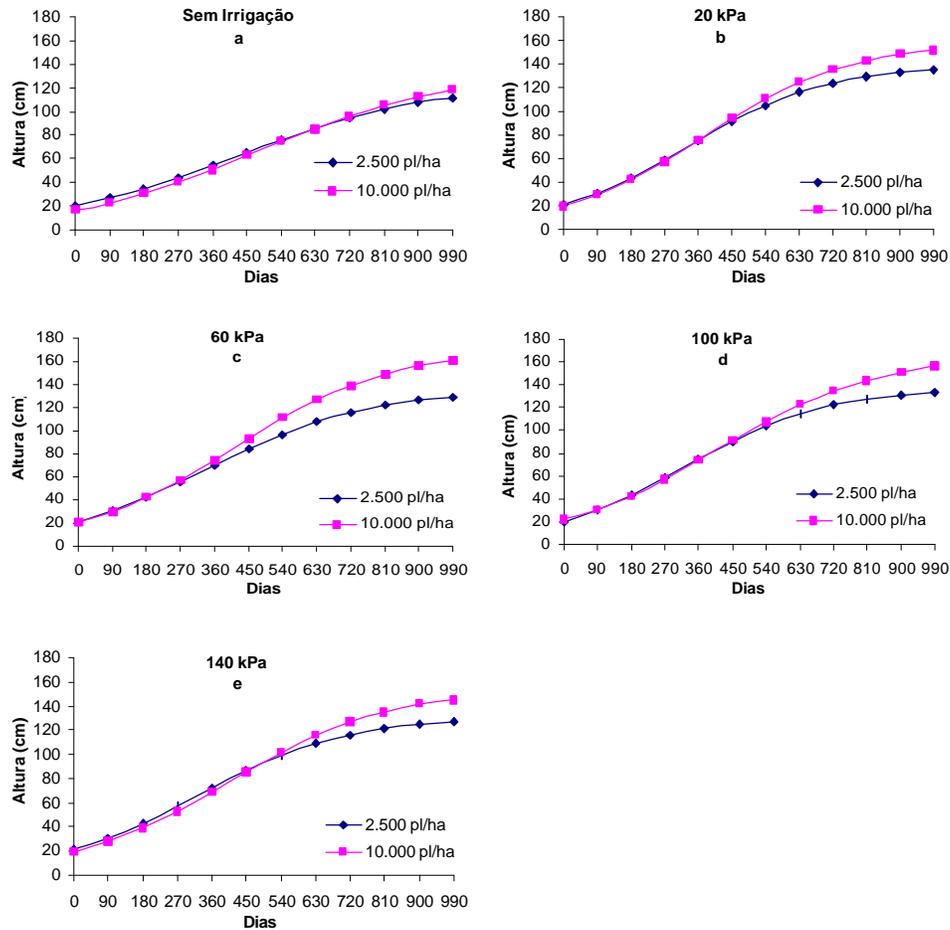
FIGURA 6: Taxa de crescimento da altura de plantas em função das diferentes épocas de avaliação, para as diferentes tensões de irrigação em duas densidades de plantio. UFLA, Lavras/MG, 2004.

Ocorreu um aumento na taxa de crescimento entre 365 dias (100 kPa) e 415 dias (60 kPa) para tratamentos irrigados e até 485 dias para o não irrigado (Figura 6b). O aumento e posterior redução na taxa de crescimento para altura de plantas foi observado tanto para plantas irrigadas quanto para as não irrigadas, embora com pequenas flutuações dentro de cada tratamento em função das épocas de avaliação.

Comparando as mesmas tensões nas duas densidades estudadas (gráficos da Figura 7), observou-se que, para todas elas, as plantas da densidade de 10.000 pls/ha apresentaram maior altura que as da densidade de 2.500 pls/ha. Esse resultado se assemelhou aos obtidos por Melo et al. (2003), que em um experimento com 5 espaçamentos na linha de plantio, verificaram que o aumento do espaçamento entre plantas na linha diminuiu a altura dos cafeeiros.

A altura de planta foi significativamente maior, pelo teste de F ($p < 0,05$), na densidade de 10.000 pls/ha quando comparado à densidade de 2.500 pls/ha.

Verificou-se que a diferença na altura de plantas é maior à medida que essa altura tende a atingir o seu valor máximo. Nas épocas iniciais de desenvolvimento do cafeeiro, essas diferenças eram menores porque as densidades ainda não interferiam de forma significativa no crescimento das plantas.



2.500 plantas/ha (4,0x1,0m)

SI $y = 124,1327 \times (1 + e^{1,6415 - 0,003887x})^{-1}$
 $R^2 = 95,79\%$

20 $y = 139,0011 \times (1 + e^{1,7371 - 0,005321x})^{-1}$
 $R^2 = 98,12\%$

60 $y = 135,4336 \times (1 + e^{1,6593 - 0,004772x})^{-1}$
 $R^2 = 97,16\%$

100 $y = 136,8963 \times (1 + e^{1,7659 - 0,005411x})^{-1}$
 $R^2 = 97,97\%$

140 $y = 131,1492 \times (1 + e^{1,6452 - 0,005149x})^{-1}$
 $R^2 = 97,61\%$

10.000 plantas/ha (2,0x0,5m)

SI $y = 133,8018 \times (1 + e^{1,9349 - 0,003995x})^{-1}$
 $R^2 = 94,11\%$

20 $y = 158,0007 \times (1 + e^{1,9531 - 0,005182x})^{-1}$
 $R^2 = 97,15\%$

60 $y = 171,4580 \times (1 + e^{1,9851 - 0,004791x})^{-1}$
 $R^2 = 98,57\%$

100 $y = 167,0031 \times (1 + e^{1,9032 - 0,004629x})^{-1}$
 $R^2 = 98,51\%$

140 $y = 154,0781 \times (1 + e^{1,9515 - 0,004837x})^{-1}$
 $R^2 = 97,52\%$

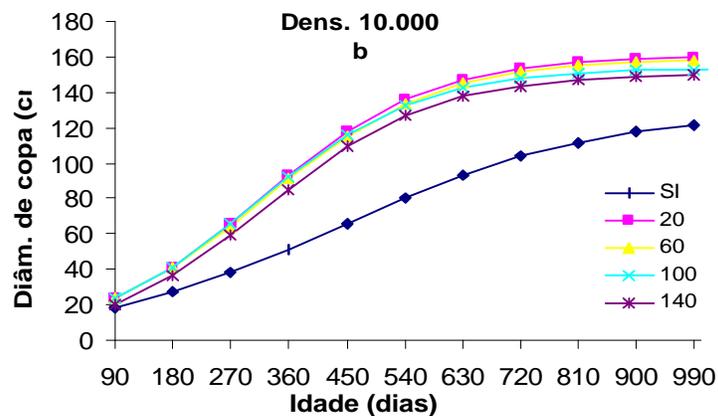
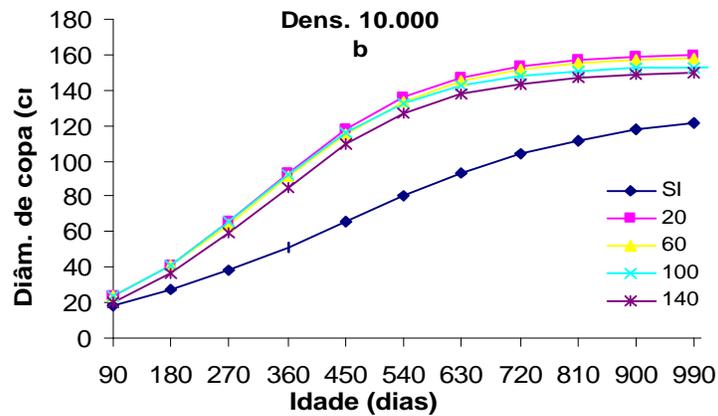
FIGURA 7: Evolução da altura de plantas para as diferentes tensões de irrigação em plantio covensional (2.500 pl/ha) e adensado (10.000 pl/ha). Lavras, UFLA, 2004.

b) Diâmetro de copa

Como para esse caso, a interação tripla também foi significativa, fixaram-se os níveis dos fatores densidade e tensão e procedeu-se à análise estatística avaliando o diâmetro de copa em função das épocas de avaliação. Os resultados são dados inicialmente pela Tabela 5A do anexo.

Os modelos de crescimento obtidos para o diâmetro de copa do cafeeiro irrigado e não irrigado em plantio convencional e adensado em função de diferentes épocas de avaliação são apresentados nas Figuras 8a e 8b. Os modelos (Logístico) apresentados referem-se às configurações de tensões nas duas densidades de plantio para a característica diâmetro de copa. Por meio desses modelos, pode-se observar que as tensões de irrigação quando condicionadas às duas densidades tenderam a apresentar diferenças no crescimento do diâmetro de copa.

Primeiramente na densidade 2.500 pls/ha observou-se, pelos modelos da Figura 8a, que a tensão de 20 kPa tendeu a apresentar maior diâmetro de copa que os demais tratamentos irrigados. Em tratamentos irrigados com menores valores de tensão, a lâmina de água aplicada foi maior (Figuras 3 e 4) no período avaliado, o que parece indicar que, nessas condições, ocorre um aumento no diâmetro de copa. Esses resultados coincidem com os obtidos por Vilella (2001) em experimento com cafeeiro no qual foi observado que o tratamento da maior lâmina de irrigação proporcionou maior crescimento de diâmetro de copa, entre outras características avaliadas. Em menores valores de tensão, a umidade do solo é mantida de forma mais freqüente a valores próximos à capacidade de campo, condição essa considerada ideal para um melhor desenvolvimento de plantas em solos argilosos.



	2.500 plantas/ha (4,0x1,0m)	10.000 plantas/ha (2,0x0,5m)
SI	$y = 128,5999 \times (1 + e^{-2,4577 - 0,007026x})^{-1}$ $R^2 = 94,63\%$	$y = 129,2270 \times (1 + e^{-2,2437 - 0,005375x})^{-1}$ $R^2 = 93,99\%$
20	$y = 163,9139 \times (1 + e^{-2,5613 - 0,008597x})^{-1}$ $R^2 = 97,02\%$	$y = 160,6159 \times (1 + e^{-2,4381 - 0,007679x})^{-1}$ $R^2 = 96,72\%$
60	$y = 163,2231 \times (1 + e^{-2,1322 - 0,006595x})^{-1}$ $R^2 = 95,55\%$	$y = 159,5442 \times (1 + e^{-2,4183 - 0,007502x})^{-1}$ $R^2 = 96,58\%$
100	$y = 150,6278 \times (1 + e^{-2,6751 - 0,0092x})^{-1}$ $R^2 = 95,92\%$	$y = 153,7296 \times (1 + e^{-2,4069 - 0,007832x})^{-1}$ $R^2 = 96,22\%$
140	$y = 146,1605 \times (1 + e^{-3,0257 - 0,010795x})^{-1}$ $R^2 = 96,66\%$	$y = 150,2877 \times (1 + e^{-2,5636 - 0,007876x})^{-1}$ $R^2 = 96,51\%$

FIGURA 8: Evolução do diâmetro de copa do cafeeiro para cada tensão de irrigação em função das épocas de avaliação em duas densidades. UFLA, Lavras/MG, 2004.

Dentre os tratamentos irrigados, as plantas submetidas à tensão de 140 kPa apresentaram menores valores de diâmetro de copa. Isso provavelmente ocorreu porque, nessa tensão, as irrigações foram mais espaçadas e a quantidade de água aplicada ao final foi menor. De acordo com os dados observados (Tabela 7A), as plantas na tensão de 20 kPa apresentaram o diâmetro de copa 18,6 cm maior que as plantas da tensão de 140 kPa (990 dias).

A testemunha (sem irrigação) apresentou menor diâmetro de copa que os demais tratamentos (Figura 8a) confirmando as afirmações de Matiello & Dantas (1987) e Alves (1999), de que a irrigação propicia um aumento do diâmetro de copa nos cafeeiros. Essa diferença foi de 35,8 cm menor quando comparado com a tensão de 20 kPa (Tabela 6A).

As curvas obtidas para diâmetro de copa nos tratamentos irrigados na densidade de 10.000 pls/ha tenderam a se concentrar dentro de uma faixa de crescimento mais próxima (Figura 8b), independentemente dos valores de tensão de irrigação. A diferença máxima foi de 6,8 cm entre as plantas da tensão de 20 kPa e as plantas da tensão de 140 kPa (tabela 7A do anexo), e esse valor pode não se expressar em uma diferença significativa quando se considera a lâmina total aplicada de 1358,6mm na tensão de 20 kPa e 483,2 mm na tensão de 140 kPa (tabela 2A). A diferença no crescimento do diâmetro de copa de plantas irrigadas e não irrigadas foi cerca de 23,4 cm aos 990 dias em relação à tensão de 20 kPa. Verificou-se, pelas curvas mostradas na Figura 8a, que o diâmetro de copa nas tensões de 20 kPa e 60 kPa no plantio mais adensado foram praticamente iguais. As plantas do tratamento sem irrigação apresentaram valor de diâmetro de copa, 30,2 cm menor do que o obtido na tensão de 20 kPa (Tabela 7A).

Assim, como para a altura de plantas, o diâmetro de copa foi caracterizado por uma aumento na taxa de crescimento que atingiu valores máximos para os tratamentos irrigados entre 280 (140 kPa) e 323 dias (60 kPa)

na densidade de 2.500 pls/ha (Figura 9a) e entre 308 dias (100 kPa) e 325 dias (140 kPa) na densidade de 10.000 pls/ha (Figura 9b). Para os tratamentos não irrigados, esse comportamento foi evidenciado até os 350 dias em 2.500 pls/ha (Figura 9a) e 419 dias em 10.000 pls/ha (Figura 9b).

Mediante os gráficos obtidos (Figura 9), observa-se que a partir das épocas especificadas para todos os tratamentos de irrigação e nas duas densidades ocorreu uma redução progressiva na taxa de crescimento do diâmetro de copa. Como observado para a altura de plantas, a redução na taxa de crescimento do diâmetro de copa é maior nos tratamentos irrigados tanto no plantio convencional quanto no adensado, a partir de aproximadamente 450 dias.

Pelo teste de F, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as duas densidades para a característica diâmetro de copa. Mesmo assim os gráficos da evolução do diâmetro de copa para as duas densidades nas diferentes tensões de irrigação são apresentados na Figura 10. Pelos modelos encontrados, verificou-se que as plantas não irrigadas tenderam a apresentar um maior diâmetro de copa na densidade de 2.500 pls/ha (Figura 10a).

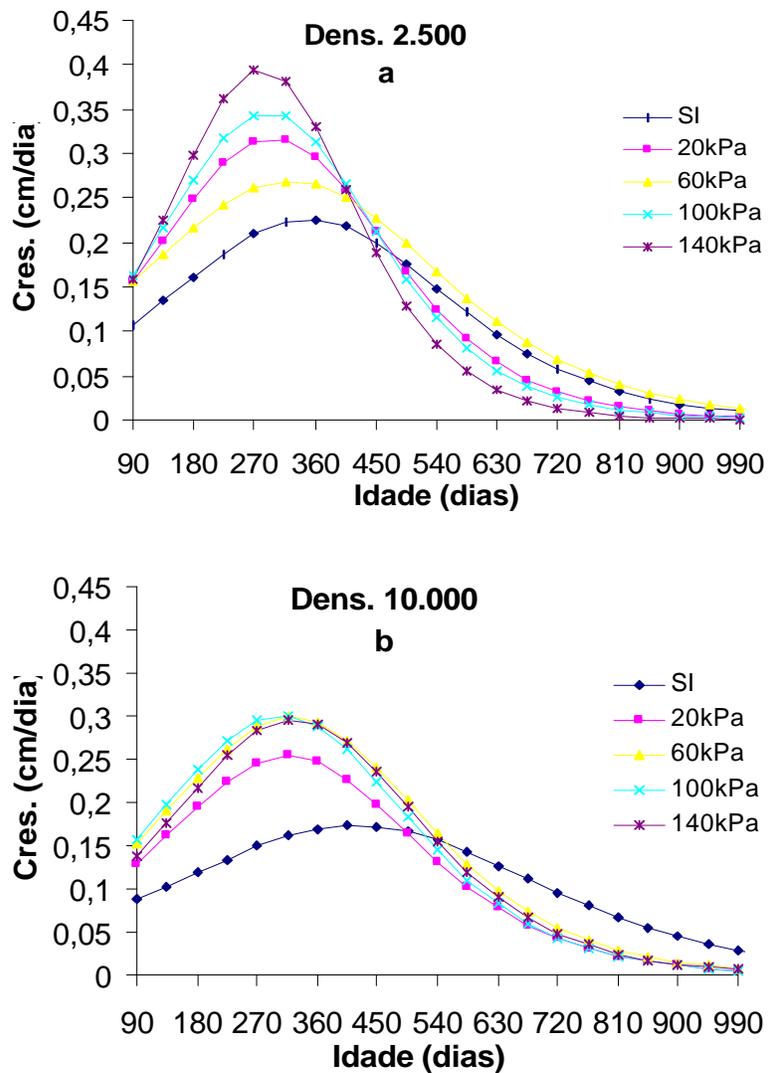
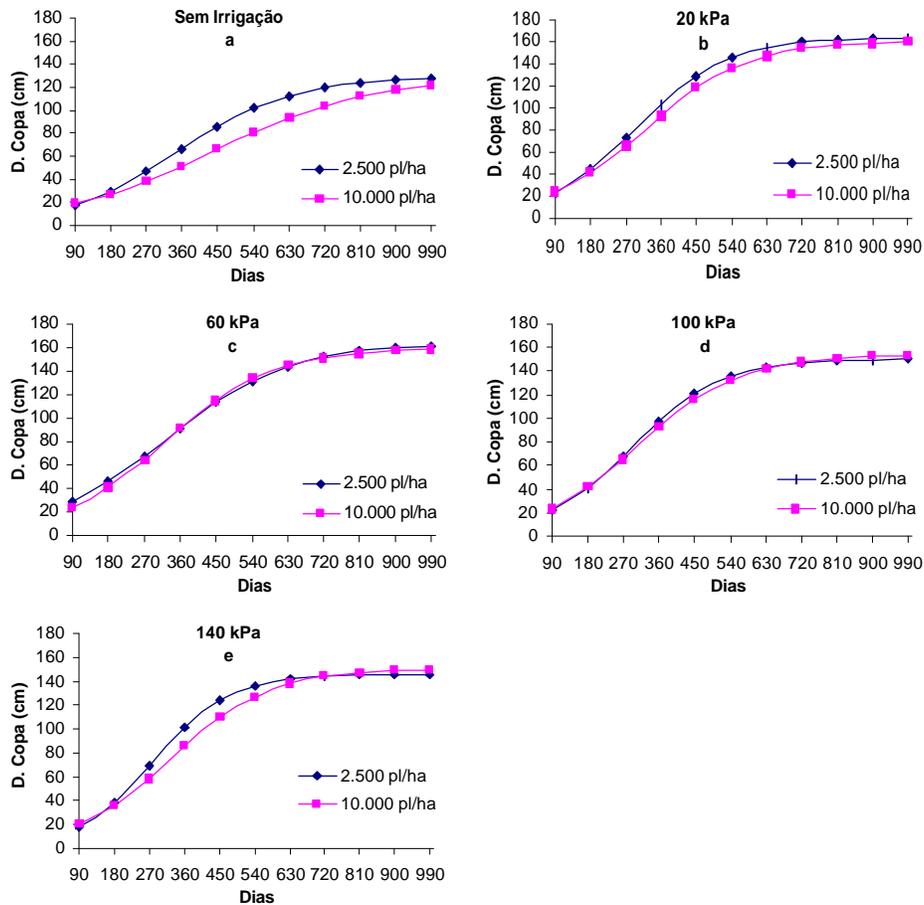


FIGURA 9: Taxa de crescimento do diâmetro de copa em função das diferentes épocas de avaliação, para as diferentes tensões de irrigação em duas densidades de plantio. UFLA, Lavras/MG, 2004.



	2.500 plantas/ha (4,0x1,0m)		10.000 plantas/ha (2,0x0,5m)
SI	$y = 128,5999 \times (1 + e^{2,4577 - 0,007026x})^{-1}$ $R^2 = 94,63\%$	SI	$y = 129,2270 \times (1 + e^{2,2437 - 0,005375x})^{-1}$ $R^2 = 93,99\%$
20	$y = 163,9139 \times (1 + e^{2,5613 - 0,008597x})^{-1}$ $R^2 = 97,02\%$	20	$y = 160,6159 \times (1 + e^{2,4381 - 0,007679x})^{-1}$ $R^2 = 96,72\%$
60	$y = 163,2231 \times (1 + e^{2,1322 - 0,006595x})^{-1}$ $R^2 = 95,55\%$	60	$y = 159,5442 \times (1 + e^{2,4183 - 0,007502x})^{-1}$ $R^2 = 96,58\%$
100	$y = 150,6278 \times (1 + e^{2,6751 - 0,0092x})^{-1}$ $R^2 = 95,92\%$	100	$y = 153,7296 \times (1 + e^{2,4069 - 0,007832x})^{-1}$ $R^2 = 96,22\%$
140	$y = 146,1605 \times (1 + e^{3,0257 - 0,010795x})^{-1}$ $R^2 = 96,66\%$	140	$y = 150,2877 \times (1 + e^{2,5636 - 0,007876x})^{-1}$ $R^2 = 96,51\%$

FIGURA 10: Evolução do diâmetro de copa para as diferentes tensões de irrigação em plantio convencional (2.500 pl/ha) e adensado (10.000 pl/ha). Lavras, UFLA, 2004.

b) Número de ramos plagiotrópicos

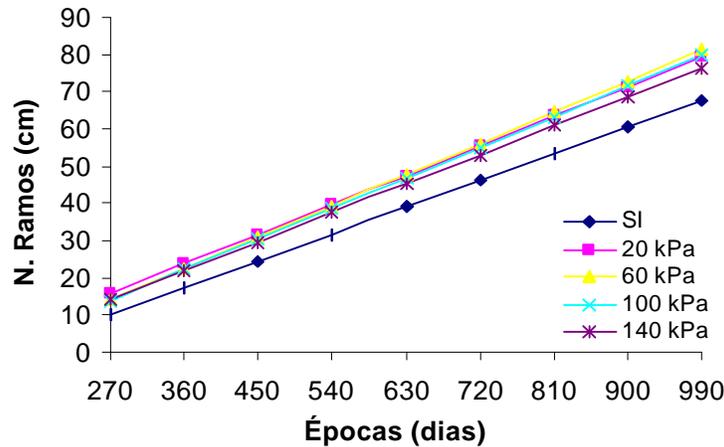
Em função da não-significância observada na interação tripla procedeu-se à análise estatística das interações duplas fixando os níveis do fator tensão, e avaliando o número de ramos em função da época. Os resultados são dados inicialmente pela Tabela 8A. Por esses resultados, verifica-se que para todos os níveis de tensão e de densidade o efeito de épocas foi significativo ($p < 0,05$). Assim se modelou o efeito de época para cada configuração tensão e para cada configuração de densidade.

Os resultados apresentados na Figura 11 referem-se aos modelos encontrados para as configurações de tensão para a característica número de ramos plagiotrópicos em função das épocas de avaliação. Ao contrário do que foi observado para altura e para o diâmetro de copa em relação aos modelos ajustados (logístico), o número de ramos plagiotrópicos foi ajustado a um modelo linear. Até o período considerado, o aumento no número de ramos foi crescente, enquanto a altura e o diâmetro de copa tendem a uma estabilização. Pode-se estimar que para cada 100 dias correspondeu um incremento médio de 8 ramos para a testemunha (sem irrigação), e 9 ramos para os tratamentos irrigados, independentemente do valor de tensão de irrigação utilizado.

Observou-se pelos modelos apresentados na Figura 11 que os tratamentos irrigados praticamente apresentaram o mesmo comportamento quanto ao número de ramos. Porém, em todas as épocas avaliadas, o número de ramos das plantas irrigadas foi superior ao das plantas não irrigadas.

Apesar de não observarem significância para o número de ramos, Alves (1999) e Vilella (2001) observaram uma tendência no aumento desses ramos à medida que se aumentou a lâmina de água aplicada através da irrigação. Karasawa (2001) obteve resultados semelhantes aos apresentados pelos dois autores acima citados, verificando que em 770 dias de tratamento, houve um acréscimo significativo no número de ramos por planta.

Com o aumento do número de ramos plagiotrópicos, haverá como consequência, maior ramificação da planta, assim como o maior número de gemas, podendo influenciar diretamente na produção.



SI $y = -11.1042 + 0.07940x$
 $R^2 = 94.2\%$

20 $y = -8.0625 + 0.08819x$
 $R^2 = 88.96\%$

60 $y = -11.1034 + 0.09326x$
 $R^2 = 91.57\%$

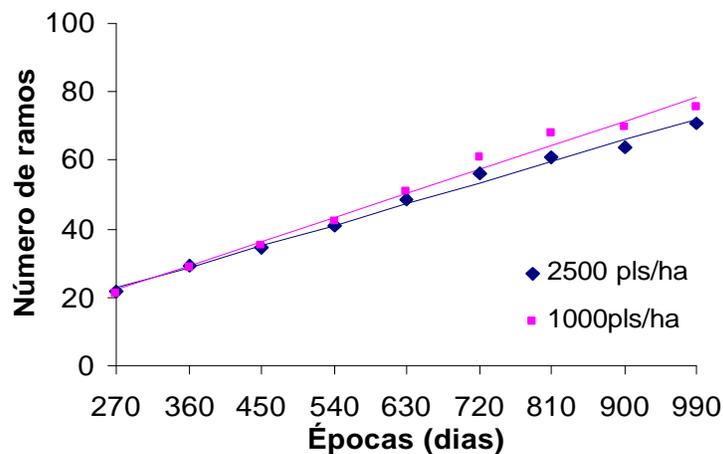
100 $y = -10.6972 + 0.09130x$
 $R^2 = 91.01\%$

140 $y = -9.3632 + 0.08664x$
 $R^2 = 94.2\%$

FIGURA 11: Representação gráfica e equações de regressão para o número de ramos plagiotrópicos do cafeeiro em função das épocas de avaliação em cada tensão de irrigação. UFLA, Lavras/MG, 2004.

Na da Figura 12, observa-se a evolução do número de ramos sob plantio convencional (2.500 pls/ha) e plantio adensado (10.000 pls/ha). Verifica-se que o número de ramos foi superior a partir de aproximadamente 400 dias na densidade de 10.000 pls/ha em relação à densidade de 2.500 pls/ha. Estima-se que para cada 100 dias ocorreu um incremento de 7 ramos no plantio convencional e de 8 ramos plagiotrópicos/planta no sistema adensado. Na densidade de 10.000pl/ha, a partir de épocas diferenciadas em função das diferentes tensões de irrigação, as plantas também apresentaram valores

superiores de altura de plantas (Figura 7). Nacif (1997) trabalhando com espaçamentos progressivos na rua (1,50, 2,25 e 3,00m) e entre plantas (0,5, 1,00, 1,50m) observou que em plantios mais adensados ocorreu maior altura de plantas e que o número de ramos plagiotrópicos não foi afetado pelo espaçamento entre ruas e apresentou um comportamento linear negativo aos 33,3, meses de idade em relação ao espaçamento entre plantas. Como esse comportamento não persistiu, o autor concluiu que essa característica não foi afetada pelo espaçamento. Concluiu ainda que a maior altura foi caracterizada por um alongamento do entrenó e não pela diferenciação de novos ramos plagiotrópicos. Com base nos resultados obtidos nesse trabalho, as plantas apresentaram um aumento tanto em altura quanto em número de ramos, o que indica que ocorreu crescimento e não apenas um alongamento.



2500pl/ha $y = 4,211 + 0,0685x$
 $R^2 = 99,39\%$

10000pl/ha $y = 0,7927 + 0,0784x$
 $R^2 = 98,86\%$

FIGURA 11: Representação gráfica e equações de regressão para o número de ramos plagiotrópicos do cafeeiro em função das épocas de avaliação nas duas densidades de plantio. UFLA, Lavras/MG, 2004.

d) Considerações gerais

Mediante de observações feitas durante o período das avaliações, verificou-se que os tratamentos irrigados apresentaram maior número de floradas que os tratamentos não irrigados, o que resultou em uma maior desuniformidade de maturação dos frutos.

Se entre os tratamentos irrigados não houve diferenças significativas, pode-se sugerir trabalhos em diferentes épocas para uma maior uniformidade de floração e até mesmo recomendar uma tensão para cada época do ano.

O consumo de água nas lavouras adensadas é maior que em densidades normais a uma mesma tensão de água no solo.

5 CONCLUSÕES

O uso da irrigação, especialmente em intervalos mais freqüentes (tensões de 20 e 60 kPa), proporcionaram crescimento mais acentuado em altura de plantas, diâmetro de copa e número de ramos plagiotrópicos/planta, tanto no sistema convencional quanto no sistema adensado de plantio do cafeeiro, até os 33 meses de idade.

O crescimento das plantas, independentemente do sistema de plantio ou das tensões de irrigação, seguiu o comportamento assintótico (modelo logístico) para as variáveis altura de plantas e diâmetro de copa.

A taxa de crescimento de altura e diâmetro de copa de plantas irrigadas foi superior até os 300 e 400 dias após plantio.

O número de ramos plagiotrópicos de plantas irrigadas e não irrigadas apresentou um crescimento linear.

O plantio adensado (10.000 pls/ha) proporcionou maior altura de plantas e número de ramos plagiotrópicos por planta em relação ao plantio convencional (2.500 pls/ha).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2004 – Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP consultoria e comércio, 2004. 536 p.

ALVES, M. E. B. **Respostas do cafeeiro (*Coffea arabica L.*) a diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação.** 1999. 94 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BACHA, C. J. C. A cafeicultura brasileira nas décadas de 80 e 90 e suas perspectivas. **Preços Agrícolas: mercado e negócios agropecuários**, São Paulo, v. 12, n. 142, p. 14-22, ago. 1998.

BARTHOLO, G. F.; MELO, B.; MENDES, A. N. G. Evolução na adoção de espaçamentos na cultura do café. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 19, n. 193, p. 49-60, 1998.

BERNARDO, S. Irrigação e produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas, MG, **Manejo de irrigação**. Lavras: UFLA/ SBEA, 1998. p. 117-132.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas 1961-1990**. Brasília, 1992. 84 p.

CAIXETA, G. Z. T.; TEIXEIRA, S. M. A globalização e o mercado de café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 199, p. 70–80, jul./ago. 1999.

CAMARGO, A. P. de. **Balanco hídrico, florescimento e necessidade de água para o cafeeiro.** In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 1987, Campinas. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 53-90.

CARVALHO, A.; FAZUOLI, L. C. **Café: o melhoramento de planta no Instituto Agrônomo.** Campinas, 1993. p. 29 – 76.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Lavras Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação.** Viçosa, 1999. 359 p.

COSTA, A. B. G.; STEINMETZ, S. Uso da termometria infravermelho para caracterizar a necessidade de irrigação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*).

I. Desempenho baseado na diferença de temperatura com uma parcela de referência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 1., 1995, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1995. p. 108-109.

CRISOSTO, C. H.; GRANTZ, D. A.; MEINZER, F. C. Effects of water deficit on flower opening in coffee (*Coffea arabica* L.). **Tree physiology**, Victória, v. 10, n. 2, p. 127-139, 1992.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Relatório da estimativa da safra cafeeira no Brasil, safra 1999/2000.** Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento de Café - Embrapa, 1999. 6 p.

FARIA, M. A. de REZENDE, F. C. **Cafeicultura empresarial:** produtividade e qualidade – irrigação na cafeicultura. Lavras: FAEPE, 1997. 112 p.

FARIA, R. T. de; SIQUEIRA, R. Crescimento e produção de cafeeiro e culturas intercalares sob diferentes regimes hídricos. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8., 1988, Florianópolis/SC. **Anais...** Florianópolis: ABID, 1988. p. 41-88.

FARIA M. A.; VILELA, W. M. da C.; SILVA, M. de L. O.; GUIMARÃES, P. T. G.; SILVA, E. L. da; OLIVEIRA, L. A. M.; SILVA, A. L. da. Influência das lâminas de irrigação e da fertirrigação na produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) – 2ª colheita. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 4, Araguari-MG. **Anais...** Uberlândia: ICIAG/UFU, 2001. p. 11-14.

FERREIRA, J. A. S.; SILVA, B. B.; SOBRINHO, J. E.; MOURA NETO, E. L.; MAIA NETO, J. M. Determinação da resistência estomática do meloeiro através do método de O' Toole & ReaL. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 1., 1995, Campina Grande, **Anais...** Campina Grande: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1995. p. 108-109.

FISHER, N. M.; BROWNING, G. The water requirements of light density coffee: 1. Response to irrigation and plant water stress measurements. **Kenya coffee**, Kenya, v. 43, n. 503, p. 43-46, 1978.

FONTES, R. E. **Estudo econômico da cafeicultura no Sul de Minas Gerais.** 2001. 94 p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GARCIA, A. W. R.; MATIELLO, J. B.; FROTA, G. B.; JUPIASSÚ L. B. Interação entre variedades e espaçamentos na linha de cafeeiros , no Sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIAS, 29., 2003 Araxá-MG. **Resumos expandidos...** Araxá 2003. p. 8.

GERVÁSIO, E. S.; LIMA, L. A. Desenvolvimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L) em função de diferentes lâminas de água aplicadas durante a fase inicial de formação da lavoura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 1., 1998, Araguari-MG. **Anais...** Uberlândia: DEAGO/UFU, 1998. p. 75-78.

GOMIDE, R. L. Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas, MG. **Manejo de irrigação.** Lavras: UFLA/ SBEA, 1998. p. 133-238.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. **Cafeicultura.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 317 p.

KARASAWA, S. **Crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Topázio MG-1190) sob diferentes manejos de irrigação localizada.** 2001.72 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG

KARASAWA, S.; FARIA, M. D.; GUIMARÃES, R. J. Desenvolvimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em função do parcelamento de adubação e lâminas d'água aplicada. In: IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 4., 2001, Araguari-MG. **Anais...** Uberlândia: ICIAG/UFU, 2001.p. 25-28.

KUMAR, D. Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L.: a review. **Kenya Coffee**, Nairóbi, v.44, n. 159, p. 9-74, 1979.

MALAVOLTA, E. **Nutrição e adubação do cafeeiro.** Piraciaba: Instituto da Potassa & Fosfato/ Instituto Internacional da Potassa, 1981. 224 p.

MALAVOLTA, E.; MOREIRA, A. Nutrição e adubação do cafeeiro adensado. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 80, p. 1-8, 1997 (Encarte técnico).

MANTOVANI, E. C. A irrigação do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. **Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade.** Viçosa: UFV. Departamento de Fitopatologia, 2000.

MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. R. **Irrigação do cafeeiro**: informações técnicas e coletânea de trabalhos. Viçosa: Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais: UFV; DEA, 2003. 260 p.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, L. C. da; SILVA, H. R. da. **Manejo de irrigação em hortaliças**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 72 p.

MARTINS, C. de P.; VILELA, L. A. A.; GOMES, N. M. Desenvolvimento e potencial produtivo de café irrigado por pivô central, sob diferentes lâminas de irrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 6., 2003, Araguari-MG. **Resumos expandidos...** Uberlândia: UFU, 2003. p. 84-88.

MATIELLO, J. B.; AMARAL, A. S.; FILHO, A. L.; LOUBACK, A. S.; BARROS, U. V.; BARBOSA, C. M. Efeito da redução no espaçamento entre plantas na linha em cafeeiros catucaí, na Zona da Mata de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 28., 2002, Caxambu-MG. **Anais...** Caxambu, 2002a. p. 6-7.

MATIELLO, J. B.; DANTAS, S.F. de A. de. Desenvolvimento do cafeeiro e do sistema radicular com e sem irrigação em Brejão (PE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 14., 1987, Campinas. **Resumos...** Campinas, 1987. p. 165.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W. R.; ALMEIDA S. R.; FERNANDES, D. R. Cultura do café no Brasil. **Novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro e Varginha: MAPA/PROCAFE, 2002b. 387 p.

MELO, B de; TEODORO, R. E. F.; MARCUZZO, K. V.; GUIRELLI, J. E.; ALVARENGA, C. B. de; GONÇALVES, M. V.; SANTOS, V. B. dos Desenvolvimento de cultivares do cafeeiro sob irrigação e em diferentes espaçamentos na linha de plantio. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 6., 2003, Araguari-MG. **Resumos expandidos...** Uberlândia: UFU, 2003. p. 115-119.

MOREIRA, H. J. da C. S. A. A. C.I. – Sistema agroclimático para o acompanhamento das culturas irrigadas. **Manual prático para o manejo da irrigação**. Brasília: Secretaria Nacional de Irrigação, 1992. 90 p.

NACIF, A. P. de **Fenologia e produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Ctauaí sob diferentes densidades de plantio e doses de fertilizante, no Cerrado de Patrocínio-MG.** 1997. 124 p. Tese (Doutorado em Firotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PEREIRA, A. R. **Ajuste prático de curvas na pesquisa biológica.** Campinas: Fundação Cargil, 1987. 50 p.

RENA, A. B.; NACIF, A. P. de; GUIMARÃES, P. T. G.; BARTHOLO, G. F. Plantios adensados de café: aspectos morfológicos, ecofisiológicos, fenológicos agrônômicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 193, p.61-70, 1998.

SAKAI, E.; IAFFE, A.; ARRUDA, F. B.; PIRES, R. C. M. de; SILVA, A. E.; CALHEIROS, R. O. de; QUAGLIA, L. Crescimento do cafeeiro em diferentes espaçamentos, na fase de formação com irrigação localizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 27., 2001, Uberaba. **Resumos...** Uberaba, 2001. p. 308.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café.** Viçosa: UFV, 1997 . 146 p.

SCALCO, M. S. **Características agrônômicas e de qualidade do trigo sob irrigação e adubação nitrogenada.** 2000. 143 p. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, A. L. da. **Estudo técnico e econômico do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica*).** 2002. 67 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A. de; GUERRA, A. F.; FIGUERÊDO, S. F.; ANDRADE, L. M. de; ANTONINI, J. C. dos A. Manejo de irrigação para grandes culturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., Poços de Caldas, MG. **Simpósio de Manejo de irrigação.** Lavras: UFLA/ SBEA, 1998. 378 p.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. **Manejo da irrigação do feijoeiro: uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 46 p. (EMBRAPA - CNPAF. Circular técnica, 27).

STEEL, R. G. D.; TURRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procednes of statistics: a biometrical approach**. 3.ed. Boston: WCB/Mc Graw Hill, 1997. 666 p.

TEODORO, R. E. F.; MELO, B. de; SEVERINO, G. M.; NETO, J. G. F.; FERNANDES, D. L.; COSTA, B.M. Desenvolvimento do cafeeiro sob diferentes lâminas de irrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 6., 2003, Araguari-MG. **Resumos expandidos...** Uberlândia: UFU, 2003. p. 93-97.

TOMÉ JR., J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 274 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS – UFLA. **Tendências da cafeicultura**. Lavras: UFLA/DAE, 1999. 16 p. (Informativo Técnico, 1).

VILELLA, W. M. da C. **Diferentes lâminas de irrigação e parcelamento de adubação, no crescimento, produtividade e qualidade dos grãos do cafeeiro (*Coffea arábica* L.)**. 2001. 96 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANEXOS

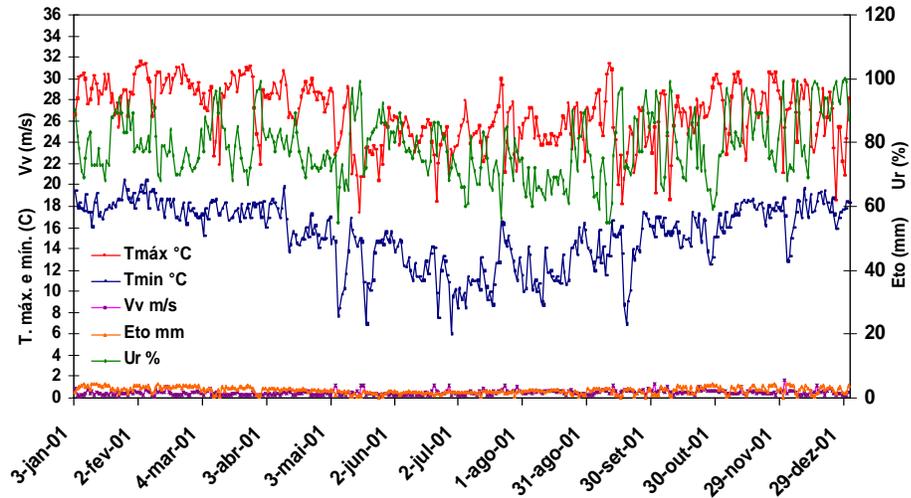


FIGURA 1A: Dados climatológicos da área experimental, monitorados através de uma estação meteorológica localizada na própria área experimental. UFLA, Lavras/MG.

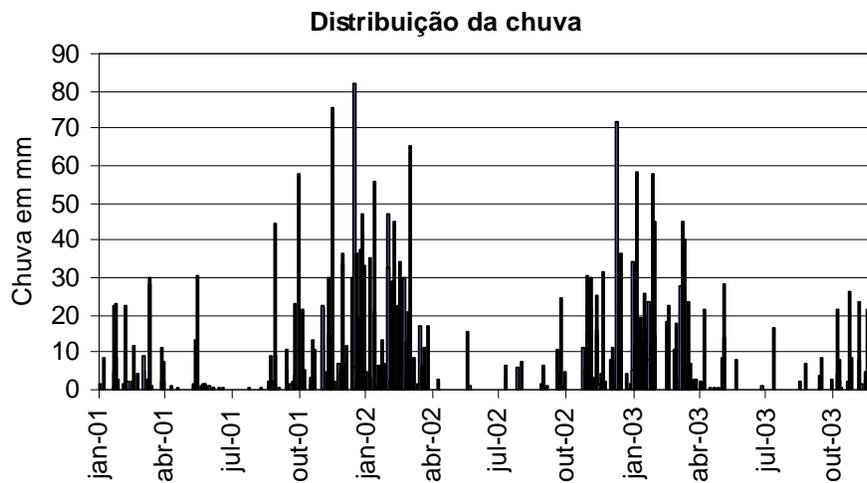


FIGURA 2A: Distribuição pluviométrica da área do experimento para o período de janeiro de 2001 até outubro de 2003. UFLA, Lavras/MG.

Tabela 1A: Resumo da análise de variância do desdobramento de ÉPOCA fixado os níveis de densidade e tensão de água para a altura. UFLA, Lavras/MG, 2004.

FV	GL	QM
Época /1	10	3730.219666**
Época /2	10	5706.637699**
Época /3	10	5004.649451**
Época /4	10	5542.672837**
Época /5	10	4811.341069**
Época /6	10	4611.586457**
Época /7	10	7866.656955**
Época /8	10	9033.264201**
Época /9	10	8159.724985**
Época /10	10	7196.173661**
Resíduo	264	5.762539

** : a 1% de probabilidade pelo teste de F.

Codificação usada para o desdobramento: 1 (Dens. 1, tensão 0), 2 (Dens. 1, tensão 1), 3 (dens. 1, tensão 2), 4 (dens. 1, tensão 3), 5 (dens. 1, tensão 4), 6 (dens. 2, tensão 0), 7 (dens. 2, tensão 1), 8 (dens. 2, tensão 2), 9 (dens. 2, tensão 3), 10 (dens. 2, tensão 4).

TABELA 2A: Valores de tempo de irrigação (horas) e lâminas de aplicação em cada tratamento (mm) em 2001, 2002 e 2003. UFLA, Lavras/MG, 2004.

Densidade pl/ha	Ano	20 kPa		60 kPa		100 kPa		140kPa	
		horas	mm	horas	mm	horas	mm	horas	mm
2500	2001	38,7	91,5	17,2	40,5	8,0	18,9	4,1	9,7
	2002	104,4	246,6	73,5	173,6	87,7	207,2	42,4	100,1
	2003	83,7	197,8	54,7	129,2	43,8	103,5	34,9	82,5
		226,9	535,9	145,3	343,3	139,5	329,6	81,4	192,4
10000	2001	54,6	258,1	13,3	62,9	4,1	19,2	4,1	19,3
	2002	120,0	566,8	86,7	409,7	65,0	307,3	57,3	270,9
	2003	112,9	533,7	82,2	409,5	73,1	345,5	40,8	193,0
		287,5	1358,6	182,2	882,1	142,2	672,0	102,3	483,2

TABELA 3A: Dados ajustados e observados de altura de planta (cm) para a densidade de 2.500 pl/ha, nas 5 tensões de irrigação em função das épocas de avaliação. Lavras, UFLA, 2004.

Épocas	Tensões (KPa)									
	SI		20		60		100		140	
	Aju	Obs	Aju	Obs	Aju	Obs	Aju	Obs	Aju	Obs
90	23,5	28,0	27,0	32,8	27,3	32,8	26,7	34,3	28,1	34,0
180	35,0	29,4	45,5	38,4	43,4	38,7	45,0	38,5	44,8	38,4
270	46,0	39,4	62,3	56,4	58,3	51,6	61,7	53,4	60,0	52,5
360	56,4	61,7	77,5	81,8	71,9	74,7	76,8	78,8	73,8	77,8
450	66,3	73,8	91,1	97,6	84,2	87,0	90,2	94,5	86,2	91,7
540	75,6	74,8	103,0	100,9	95,3	94,0	101,9	100,7	97,1	98,8
630	84,4	80,2	113,2	112,3	105,1	107,8	111,9	116,4	106,5	106,2
720	92,7	90,6	121,8	121,6	113,7	113,9	120,3	120,3	114,5	113,1
810	100,4	103,1	128,8	129,9	121,0	121,9	127,1	126,6	121,1	119,9
900	107,6	106,0	134,1	131,5	127,1	124,2	132,1	129,3	126,2	123,5
990	114,2	115,1	137,7	139,0	131,9	132,7	135,5	136,4	129,8	132,3

TABELA 4A: Dados ajustados e observados de altura de planta (cm) para a densidade de 10.000 pl/ha, das 5 tensões de irrigação em função das épocas de avaliação. Lavras, UFLA, 2004.

Épocas	Tensões (KPa)									
	SI		20		60		100		140	
	Aju	Obs	Aju	Obs	Aju	Obs	Aju	Obs	Aju	Obs
90	19,6	25,2	23,9	33,1	24,1	32,8	25,8	51,7	23,1	31,8
180	31,1	27,5	44,0	37,8	43,5	37,3	44,1	81,3	40,8	35,7
270	42,3	34,7	62,5	53,4	61,8	52,1	61,3	94,8	57,4	48,3
360	53,2	55,4	79,5	81,9	78,9	82,1	77,5	103,7	72,8	75,3
450	63,8	69,4	94,9	95,5	94,8	98,4	92,5	119,0	87,1	85,0
540	74,1	69,0	108,8	105,9	109,5	105,8	106,5	137,7	100,3	99,8
630	84,1	83,9	121,1	122,3	123,0	122,2	119,4	142,8	112,3	114,0
720	93,8	95,9	131,9	139,9	135,4	142,1	131,2	152,1	123,2	130,7
810	103,1	105,9	141,1	142,1	146,6	148,1	141,9	156,6	133,0	133,0
900	112,2	113,6	148,7	148,2	156,6	157,2	151,6	145,3	141,6	141,7
990	121,0	117,7	154,8	151,0	165,4	161,4	160,1	153,7	149,1	145,3

Tabela 5A: Resumo da análise de variância do desdobramento de época fixado os níveis de densidade e tensão de água para o diâmetro de copa. UFLA, Lavras/MG, 2004.

FV	GL	QM
Época /1	9	5343.605767**
Época /2	9	7430.803867**
Época /3	9	7339.177646**
Época /4	9	6251.866779**
Época /5	9	5913.682152**
Época /6	9	5174.578152**
Época /7	9	7428.650799**
Época /8	9	7383.529996**
Época /9	9	7898.608401**
Época /10	9	6903.266122**
Resíduo	237	54.450714**

** : a 1% de probabilidade pelo teste de F.

Codificação usada para o desdobramento: 1 (Dens. 1, tensão 0), 2 (Dens. 1, tensão 1), 3 (Dens. 1, tensão 2), 4 (Dens. 1, tensão 3), 5 (Dens. 1, tensão 4), 6 (Dens. 2, tensão 0), 7 (Dens. 2, tensão 1), 8 (Dens. 2, tensão 2), 9 (Dens. 2, tensão 3), 10 (Dens. 2, tensão 4).

TABELA 6A: Dados ajustados e observados de diâmetro de copa (cm) para a densidade de 2.500 pl/ha, das 5 tensões de irrigação em função das épocas de avaliação. Lavras, UFLA, 2004.

Épocas	Tensões (kPa)									
	SI		20		60		100		140	
	Aju	Obs	Aju	Obs	Aju	Obs	Aju	Obs	Aju	Obs
180	27,1	23,3	46,8	42,7	41,1	38,0	43,1	40,9	43,3	39,2
270	48,6	46,9	74,2	70,2	67,9	64,0	71,4	68,1	71,9	66,8
360	67,5	73,0	98,0	105,5	91,3	97,6	95,6	96,3	96,1	101,4
450	83,9	93,1	118,3	134,1	111,4	119,7	115,5	129,1	115,9	130,7
540	97,9	89,8	134,9	118,6	128,1	124,4	131,2	123,0	131,2	126,3
630	109,3	111,0	148,0	151,2	141,4	143,5	142,8	147,9	142,2	145,7
720	118,2	119,6	157,5	162,2	151,4	150,8	150,1	154,8	148,8	148,2
810	124,7	121,5	163,4	156,8	158,0	151,3	153,2	143,0	150,9	138,8
900	128,6	118,3	165,7	154,8	161,2	152,8	152,1	138,8	148,7	137,5
990	130,1	139,4	164,5	175,2	161,1	170,9	146,8	160,0	142,1	156,6

TABELA 7A: Dados ajustados e observados de diâmetro de copa (cm) para a densidade de 10.000 pl/ha, das 5 tensões de irrigação em função das épocas de avaliação. Lavras, UFLA, 2004.

Épocas	Tensões (KPa)									
	SI		20		60		100		140	
	Aju	Obs	Aju	Obs	Aju	Obs	Aju	Obs	Aju	Obs
180	22,1	18,9	39,1	40,7	39,1	39,8	45,4	39,3	34,1	33,7
270	40,5	37,0	69,0	63,6	67,4	60,8	68,5	63,2	62,1	57,3
360	57,1	65,8	94,6	99,1	92,0	96,7	89,3	98,3	86,3	92,5
450	72,1	79,3	116,1	118,6	112,7	118,8	107,8	119,2	106,6	108,4
540	85,3	78,8	133,3	125,0	129,7	124,1	123,9	123,4	123,2	119,3
630	96,8	94,9	146,4	152,7	143,0	147,4	137,8	144,2	135,9	140,9
720	106,6	106,8	155,2	158,5	152,4	154,1	149,3	144,5	144,8	146,5
810	114,7	115,7	159,9	160,0	158,1	153,8	158,5	145,9	149,9	144,8
900	121,1	112,4	160,4	149,8	160,0	151,6	165,4	146,9	151,1	143,2
990	125,7	132,6	156,6	162,8	158,1	165,5	169,9	190,7	148,6	156,0

Tabela 8A: Resumo da análise de variância do desdobramento de época dentro de cada nível de tensão água para o número de ramos plagiotrópicos, UFLA, Lavras/MG, 2004.

	FV	GL	QM
Época /0		8	3252,4375**
Época /20 KPa		8	4249,1875**
Época /60 kPa		8	4616,3680**
Época /100 kPa		8	4450,7222**
Época /140 kPa		8	4001,2743**
Resíduo		92	5,8437

** : a 1% de probabilidade pelo teste de F.