

INTRODUÇÃO GERAL

A cultura do café sempre ocupou lugar de destaque na agricultura e na economia brasileira. Atualmente, tem ocupado o segundo lugar na pauta de exportações do País, sendo o maior produtor e exportador mundial, e o segundo maior consumidor de café, e tendo essa cultura como a segunda maior geradora de divisas mundiais, perdendo somente para o mercado do petróleo (Floriani, 2000). Além disso, essa atividade do agronegócio é a segunda maior geradora de empregos e de renda no campo e nas cidades situadas nas regiões produtoras (Cunha, 1996).

Até poucos anos atrás, a cafeicultura era explorada quase exclusivamente em áreas não irrigadas. Na última década, as mudanças no perfil da cafeicultura brasileira potencializaram a busca de sistemas altamente tecnificados que incorporam avanços técnicos e uma gestão empresarial. Dentre esses avanços, destaca-se a uso da irrigação, da quimigação (Santinato, 2001), plantios adensados (Pavan & Chaves, 1996), além de maior produtividade e melhor qualidade do produto (Antunes et al., 2001).

Nas regiões do Cerrado, aproximadamente, 80% das chuvas ocorrem de outubro a março com precipitações médias que variam de 1000 a 1800 mm e um período seco de duas a três semanas, denominado “veranico”, com ocorrência concentrada no mês de janeiro. O período seco vai de maio a setembro e cerca de 88% do déficit hídrico, tem duração de 4 a 7 meses, Resck (1998).

Em regiões consideradas marginais para o cultivo do cafeeiro, em especial pelo déficit hídrico, atualmente, conseguem-se produções elevadas e de excelente qualidade, com o uso da irrigação.

A produção de café em coco no Cerrado aumentou de 83 mil para 728 mil toneladas, enquanto a brasileira passou de 2,5 para 2,8 milhões de toneladas, entre 1975 e 1996. Nesse período, as taxas geométricas de crescimento anual da cultura no Cerrado foram de 10,9% para a produção e de 5,6% para área colhida ao passo que, no conjunto das demais regiões produtoras do País, essas taxas foram negativas (Pereira et al., 1999).

Ao analisar essas estimativas, verifica-se que a cafeicultura irrigada já ocupa cerca de 8% a 10% da cafeicultura brasileira, totalizando 200 mil ha, distribuídos, principalmente, nos estados do Espírito Santo (60% a 65%), Minas Gerais (20% a 25%) e Bahia (10% a 15%) (Embrapa, 1999).

Porém, para se obter um melhor aproveitamento dos vários sistemas de irrigação utilizados, a determinação da demanda hídrica da cultura do cafeeiro, assim como os

coeficientes utilizados no manejo da irrigação tem sido, o grande desafio dos pesquisadores em todo o Brasil os quais procuram caracterizar regionalmente esses fatores buscando uma condição ideal de suprimento hídrico da cultura (Bernardo, 1989). Afirmam Silva et al. (1998) que o conhecimento da interação entre os processos envolvidos no sistema solo-planta-atmosfera é muito importante para determinar as relações entre parâmetros fisiológicos e déficits hídricos das plantas. Como destacam Malavolta et al. (2002), a absorção de nutrientes ocorre também antes das chuvas, portanto, devem estar disponíveis no solo antes do florescimento e, nessa hipótese formulada, sugere-se que outros aspectos devam ser considerados, como o uso e o manejo da irrigação suplementar para a manutenção da umidade do solo nesse período.

Como a cafeicultura irrigada é uma atividade que só se justifica com alto nível de manejo e tecnificação, é necessário que os cafeicultores conheçam bem essa estrutura de produção e os custos associados a ela (Mendonça, 2001).

O cafeeiro, como as demais culturas, em geral, necessita de água facilmente disponível no solo em sua fase vegetativa, promovendo o crescimento de ramos laterais e, em sua fase reprodutiva, para desenvolvimento e produção satisfatórios (Camargo, 1989). Relatou Gervásio (1998) que, na fase inicial de formação do cafeeiro, o aumento da umidade do solo acelerou o desenvolvimento da planta.

A maioria dos trabalhos experimentais sobre a irrigação do cafeeiro tem demonstrado aumentos da ordem de 20 a 30 sacas beneficiadas por hectare, independentemente do sistema utilizado, e dependente da região em estudo (Santinato, 2001). Inclusive, o uso da irrigação suplementar tem se mostrado vantajosa até em locais com períodos curtos de deficiência hídrica (Mantovani, 2000), desde que coincidam com as fases críticas da cultura. Soares et al. (1993) também concluíram que a produtividade tende a aumentar com a uniformidade de irrigação.

Com o uso da irrigação, descobriu-se que além de evitar a morte de plantas também foi possível evitar o aborto de flores e a queda de frutos por falta de água (Santos et al., 1998). Um aspecto de grande importância que não deve ser separado da tecnologia da irrigação é o conhecimento da fisiologia do cafeeiro, em aspectos relacionados ao crescimento, diferenciação, florescimento e frutificação (Santinato, 2001).

Existem vários métodos ou critérios para se estabelecer esquemas de irrigação tais como: relacionar evapotranspiração da cultura com a evaporação do tanque classe A; relacionar a necessidade de reposição da água no solo com a água disponível no perfil do solo; usar turno de rega fixo, baseado no estágio de desenvolvimento da cultura, associando a

necessidade de água das culturas à temperatura do dossel e relacionar a necessidade de irrigação à tensão de água no solo (Guerra et al., 1994).

Nas condições encontradas nas regiões do Cerrado, o critério baseado na tensão de água no solo, medida com o auxílio de tensiômetros, pode ser adotado uma vez que esses solos detêm cerca de 65% da água disponível a tensões inferiores a 80 kPa dentro, portanto, da faixa de atuação da tensiometria (Guerra et al., 1994).

Um novo sistema, denominado **Irrigas**, foi lançado por pesquisadores da Embrapa Hortaliças. O irrigas é um sistema gasoso para o controle da irrigação, consta de uma cápsula porosa, conectada por meio de um tubo flexível a uma cuba transparente (Figura 1). Como fundamento de medição, tem-se que a passagem de ar pela cápsula porosa fica obstruída, quando a umidade do solo estiver maior que o determinado pelo valor crítico. Quando a umidade do solo diminui abaixo desse valor crítico, o ar permeia a cápsula porosa, o que indica o momento da irrigação. Contendo água apenas nos poros da cápsula, não requer saturação prévia e seu uso não é limitado pela entrada de ar no sistema, dois fatores que dificultam o uso dos tensiômetros. Além de mais barato e mais fácil de usar, o irrigas é tão rápido e confiável quanto os melhores tensiômetros (Calbo, 2000a; Calbo & Silva, 2001).

O sistema de irrigação localizada por gotejamento ou microaspersão possibilita melhor eficiência na aplicação de água e fertilizantes, pois os nutrientes são aplicados somente na região do sistema radicular e com maior uniformidade de distribuição (Clowes, 1984), sendo esse o método de irrigação que apresenta melhores condições para atender essa crescente necessidade de uso adequado dos recursos hídricos com máxima eficiência (Coelho & Or, 1999). A distribuição e a atividade do sistema radicular do cafeeiro foram recentemente revistas por Rena & Guimarães, (2000), sendo que esses autores demonstraram que as raízes absorventes do cafeeiro são, na sua maioria, superficiais estando mais de 80% delas restritas aos primeiros 40 cm de profundidade e, aproximadamente, 90% sob a copa. Raízes que crescem em solos com potencial hídrico menor do que -500 kPa tendem a ser mais finas que aquelas que crescem nos solos próximos à capacidade de campo (Rending & Taylor, 1989).

Como a irrigação promove considerável melhoria nas condições de ambiente para o cafeeiro e profunda alteração no microclima da lavoura, é de se esperar que, com alguma magnitude, ocorra interação entre cultivares e sistema de cultivo (Mendes, 2001).

Nazareno (2002) destacou que a irrigação durante todo o ano favoreceu o crescimento inicial do cafeeiro cultivar Rubi MG 1192 e Silva (2002), estudando o crescimento inicial da cultivar Acaíá Cerrado MG 1474, influenciado por espaçamento e regime hídrico, relatou que a irrigação favoreceu o crescimento do cafeeiro no primeiro ano de formação.

Piccini et al. (1999) observaram que o cafeeiro arábica é afetado, nos seus diversos estádios fenológicos, pelas condições meteorológicas, em especial, pela disponibilidade hídrica que constitui o principal fator que afeta sua produtividade biológica e econômica. Sera (1999), destacou que o conhecimento profundo do ambiente de cultivo, o processamento e a comercialização são vitais no desenvolvimento de cultivares de sucesso, Sera & Lopes, (1998) destacaram que no modelo IAPAR de café adensado, constata-se uma das premissas à diversificação varietal por maturação dos frutos, que é uma das técnicas que permite o escalonamento na colheita, promovendo assim redução na concentração da mão-de-obra ficando distribuída por um período maior ao longo do ano. Camargo & Camargo, (2001), definindo as fases fenológicas do cafeeiro arábica, indicaram que a maturação dos frutos se dá na quinta fase, compreendendo normalmente os meses de abril, maio e junho.

Embora praticado em outros países há muito tempo, somente a partir de meados da década de 60 é que pesquisadores, técnicos e cafeicultores começaram a trabalhar com plantios adensados de cafeeiro no Brasil, destaca Pavan & Chaves (1996).

Com sistema de plantio adensado, verifica-se que uma população de 10.000 plantas.ha⁻¹ é a que permite o máximo rendimento de grãos (Uribe & Mestre, 1988). Em outros países, a população tem oscilado, e as indicações estão em torno de 5000 plantas.ha⁻¹ (Bellavita, 1968; Bosque et al., 1962). No Brasil, as indicações são semelhantes, em torno de 5000 a 10.000 plantas.ha⁻¹ (Matiello, 1991; Scaranari, 1958). De qualquer maneira, a utilização de maior número de cafeeiros por unidade de área, dentro dessas populações, com certeza conduzirá a produções mais elevadas (Uribe & Mestre 1980;1988).

O plantio adensado é especialmente vantajoso onde à mecanização é difícil e nas pequenas propriedades, sobrepujando, bastante, as dificuldades impostas ao manejo fitossanitário e à colheita (Rena et al., 1996). O plantio adensado caracteriza-se como um sistema potencialmente importante para melhorar também a agregação das partículas do solo com implicações diretas na infiltração de água, na resistência do solo à erosão e na mobilidade e disponibilidade de íons para as plantas (Pavan & Chaves, 1996).

Embora muita discussão ainda exista sobre o melhor espaçamento para as várias situações de plantio ao analisar, os resultados de vários experimentos Mendes et al. (1995) sugerem que o melhor indicativo da produtividade é realmente a população de plantas por hectare, independentemente do arranjo entre e dentro das fileiras no campo. Recomenda-se, portanto, a adoção de menores espaçamentos entre plantas na linha de plantio como forma de obtenção de altas populações por hectare e, em conseqüência, maiores produtividades,

mantendo-se o espaçamento entre linhas nos limites exigidos para a realização dos tratamentos culturais necessários, incluindo a mecanização quanto for o caso (Mendes, 1999).

A utilização de técnicas e formas de manejo da irrigação por gotejamento em combinação com novos genótipos de café, de hábitos de crescimento e épocas de maturação de frutos diferenciadas, cultivadas em plantio adensado, está exigindo melhor equacionamento por parte da pesquisa visando a gerar mais informações para o uso racional da água nessa cultura.

OBJETIVOS

Este trabalho, realizado no Distrito Federal durante o **primeiro ano de cultivo do cafeeiro** (*Coffea arabica* L.) adensado e irrigado por gotejamento teve por objetivos:

- Avaliar o efeito de diferentes tensões de água do solo sobre o crescimento vegetativo do cafeeiro.
- Verificar o funcionamento de um sensor de controle de irrigação **Irrigas**, em condições de campo.
- Comparar o crescimento da cultivar IAPAR-59, de maturação de frutos medianamente precoce, com o da Obatã, de maturação tardia, em resposta a diversos teores de água no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, R. C. B.; RENA, A. B.; MANTOVANI, E. C. **Fertirrigação na Cultura do Cafeeiro Arábica**. Viçosa. MG. Assoc. dos Eng. Agrícolas de MG, UFV/DEA, 2001, 39p.

BELLAVITA, M. O. Rentabilidad de la explotación del café al sol. **Agronomía Tropical**. v. 18, n. 2, p. 292, 1968.

BERNARDO, S. Manejo racional da irrigação. **Item, Irrigação e Tecnologia Moderna**. Brasília, n. 36. p 25 - 26. 1989.

BOSQUE, L. R.; PEREZ, P. R.; RODRÍGUEZ, S. J. Distancia más apropiada para la siembra Del café. **Agricultura al Dia**. v. 9, n. 5, p. 21, 1962.

CALBO, A. G. **Sistema de Controle gasoso de irrigação baseado na determinação de umidade do solo por meio de cápsulas porosas.** 2000a. PI 0004264-1.

CALBO, A. G.; SILVA, W. L. C. Irrigas: novo sistema para o controle da irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGACAO E DRENAGEM, 11, 2001, Fortaleza. **Anais.** Fortaleza, ABID, 2001. p.177-182.

CAMARGO, A. P. de. **Necessidades hídricas do Cafeeiro.** In: Curso Prático Internacional de Agrometeorologia, Campinas, n. 3, 1989, 20 p.

CAMARGO, A. P. de; CAMARGO, M. B. P. de. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, vol. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.

CLOWES, M. ST. J. Drip irrigation on coffee. **Zimbabwe Agricultural Journal.** v. 81. n 6. p. 215 – 223, 1984.

COELHO, E. F.; OR, D. Modelo de distribuição de água e de potencial matricial no solo sob gotejamento com extração de água por raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 225-234, 1999.

CUNHA, F. M. **Estudo de mercado e análise da cadeia agroindustrial do café.** Relatório de Residência Agrônômica, Piracicaba, ESALQ – USP, 1996, 87 p.

EMBRAPA, 1999. **Relatório da estimativa da safra cafeeira na Brasil safra 1999/2000.** Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Embrapa. 6p. Maio 1999.

FLORIANI, C. G. **Agrotec:** Caderno Técnico, n. 4; IMA, 2000; 36p.

GERVÁSIO, E. S. **Efeito de diferentes lâminas de água no desenvolvimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) na fase inicial de formação da lavoura.** Lavras: UFLA, 1998. 58p. (Dissertação de mestrado)

GUERRA, F. A.; DA SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A. de. Tensão de água no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, vol. 29, n. 4, p. 631-636, 1994.

MALAVOLTA, E.; FAVARIN, J. L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C. P.; HEINRICH, R.; SILVEIRA, J. S. M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas, e flores do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, vol. 37, n. 7, p. 1017-1022, 2002.

MANTOVANI, E. C. A Irrigação do Cafeeiro. **Item, Irrigação e Tecnologia**, Brasília, n. 48, p. 45-49, set. 2000.

MATIELLO, J. B. **O café do cultivo ao consumo**. São Paulo, Globo, Coleção do agricultor, 1991, 320 p.

MENDES, A. N. G. **Cultivares com potencialidade para lavouras irrigadas**. In: SANTOS, C. M. dos; MENDONÇA F. C.; BENJAMIN, de M. TEODORO R. E. F.; SANTOS. V. L. M. dos. Irrigação da Cafeicultura no Cerrado. Uberlândia - MG, 2001. p 125 - 135.

MENDES, A. N. G. Cultivares de cafeeiro e espaçamento de plantio. In: RIBEIRO, E. de S.; ABREU, E. M. **Programa treina café: – produção e gerenciamento do café**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. p. 19-37.

MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, P. T. G.; BÁRTHOLO, G. F. Estudo do adensamento de plantio das cultivares Catuaí Vermelho e Mundo Novo no Sul de Minas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS. n. 21. Caxambu. 1995. **Anais**. Rio de Janeiro, MAARA/PROCAFÉ, 1995. p. 133-134.

MENDONÇA, F. C. **Evolução dos custos e avaliação econômica de sistemas de irrigação utilizados na cafeicultura**. In: SANTOS, C. M. dos; MENDONÇA F. C.; BENJAMIN, de M. TEODORO R. E. F.; SANTOS. V. L. M. dos. Irrigação da Cafeicultura no Cerrado. Uberlândia – MG, 2001. p. 45 – 78.

NAZARENO, R. B. **Crescimento inicial da parte aérea do cafeeiro rubi influenciado por NPK e regime hídrico**. Brasília. UnB, 2002. 64p. (Dissertação de mestrado)

PAVAN, M. A.; CHAVES, J. C. D. Influência da densidade de plantio de cafeeiros sobre a fertilidade do solo. In: Simpósio Internacional sobre Café Adensado, 1994, Londrina – PR. **Anais**. Londrina, IAPAR, 1996 p.87-105.

PEREIRA, G.; SAMPAIO, J. B. R.; AGUIAR, J. L. P. de; **O desenvolvimento da cafeicultura no Cerrado**. Planaltina, EMBRAPA CERRADOS. 1999. 32 p.

PICINI, A. G.; CAMARGO, M. B. P. de, ORTOLANI, A. A; FAZUOLI, L. C.; GALLO, P. B. Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para a estimativa de produtividade do cafeeiro. **Bragantia**, vol. 58, n. 1, p. 157-170, 1999.

RENA, A. B. & GUIMARÃES, P. T. G. **Sistema radicular do cafeeiro: estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam**. Belo Horizonte, EPAMIG, 2000. 80 p.

RENA, A. B.; NACIF, A. P.; GUIMARÃES, P. T. G.; PEREIRA, A. A. Fisiologia do cafeeiro em plantios adensados. In: Simpósio Internacional sobre Café Adensado, 1994, Londrina – PR. **Anais**. Londrina, IAPAR, 1996 p.73-85.

RENDING, V. V.; TAYLOR, H. M. **Principles of soil-plant interrelationships**. New York: Mc.Graw-Hill, 1989. 275 p.

RESCK, D. V. S. **Agricultural Intensification Systems and Their Impact on Soil and Water Quality in the Cerrados of Brazil**. In: SOIL QUALITY AND AGRICULTURAL SUSTAINABILITY, Chelsea. Michigan, Rattan Lal, 1998. p. 288-300.

SANTINATO, R. **Avanços da tecnologia de irrigação na cultura do café**. IRRIGAÇÃO DA CAFEICULTURA NO CERRADO. In: SANTOS, C. M. dos; MENDONÇA F. C.; BENJAMIN, de M. TEODORO R. E. F.; SANTOS. V. L. M. dos. **Irrigação da Cafeicultura no Cerrado**. Uberlândia – MG, 2001. p. 79 – 92.

SANTOS, C. M. dos; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C.; CAETANO, A. R.; DOMINGUES, E. P.; BRONZI, S. S. Diagnóstico da cafeicultura irrigada no cerrado. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada, n. 1, 1998, Uberlândia, MG. **Palestras e Resumos**. Uberlândia: UFU/DEAGO, 1998., p. 120-144.

SCARANARI, H. J. **Espaçamentos para o cafeeiro**. Boletim da Superintendência dos Serviços do Café. v. 33, n. 375, p. 45 – 46, 1958.

SERA, T. Biotecnologia no desenvolvimento de cultivares num menor prazo no "modelo IAPAR de café adensado". In: International Seminar on Biotechnology in the Coffee Agroindustry, n. 3, 1999, Londrina, PR. **Anais**. Londrina, IAPAR, 1999, p. 191-203.

SERA, T.; LOPES, M. A. Cultivares de café arábica em sistema adensado irrigado no oeste baiano - Adaptação do "modelo IAPAR" à região. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada, I, 1998, Uberlândia, MG. **Palestras e Resumos**. Uberlândia, UFU/DEAGO, 1998, p. 107-109.

SILVA, A. M. da; FARIA, M. A. de; REZENDE, F. C.; SOUZA, T. A. de; SORICE, L. S. D.; COELHO, G.; ROCHA, J. M. Avaliação de alguns parâmetros fisiológicos do cafeeiro irrigado por gotejamento, resultados parciais. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA n. 1, 1998, Araguari - MG. **Palestras e Resumos**. Uberlândia: UFU/DEAGO, 1998, p. 62-64.

SILVA, J. C. P. da. **Crescimento inicial da parte aérea do cafeeiro acaíá cerrado influenciado por espaçamento e regime hídrico**. Brasília. UnB, 2002. 67p. (Dissertação de mestrado).

SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; LUCATO, J. J. Uso racional de energia elétrica em sistemas de irrigação tipo pivô central no estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. n. 22, 1993. Ilhéus – BA. **Anais**. Ilhéus, 1993. p. 2688-2702.

URIBE, H. A.; MESTRE, M. A. A efecto de la densidad de poblacion y de la disposicion de las arboles en la producion de café. **Cenicafé**, v. 39, n. 2 p. 31 – 42, 1988.

URIBE, H. A.; MESTRE, M. A. A efecto de la densidad de poblacion y su sistema de manejo sobre la producion de café. **Cenicafé**, v. 31, n. 1, p. 29 – 51, 1980.

CAPÍTULO ÚNICO

CRESCIMENTO INICIAL DE DUAS CULTIVARES DE CAFEIEIRO ADENSADO INFLUENCIADO POR NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

Este trabalho será enviado para publicação na revista Pesquisa Agropecuária Brasileira, PAB.

Crescimento inicial de duas cultivares de cafeeiro adensado influenciado por níveis de irrigação localizada⁽¹⁾

Márcio Soares Santana⁽²⁾, Carlos Alberto da Silva Oliveira⁽²⁾ e Michael Quadros⁽²⁾

Resumo – O experimento foi conduzido na Fazenda Água Limpa – UnB, Distrito Federal. Objetivou avaliar o crescimento das cultivares de café IAPAR-59 e Obatã, submetidas a cinco níveis de irrigação por gotejamento durante o primeiro ano de formação. O delineamento experimental usado foi o de blocos completos ao acaso para o fator irrigação em parcelas, com o fator cultivar em subparcelas e o fator tempo em dias após o transplântio (dat) em subsubparcelas, com seis repetições. Os cinco níveis de irrigação foram: tensões de 20, 40 e 60 kPa, as quais foram determinadas com o auxílio de tensiômetros; **sistema Irrigas**, com tensão definida pelo próprio sensor; e sem irrigação, com teor de água acompanhado com TDR, “Time Domain Reflectometry”. As variáveis de crescimento avaliadas foram: o índice de área foliar, o número de folhas, o diâmetro do caule, a altura de plantas e o número de ramos plagiotrópicos. Aos 316 dat, os tratamentos irrigados tiveram o mesmo comportamento de crescimento, mas foram significativamente maiores em relação aos tratamentos não irrigados. O sistema irrigas mostrou ser uma opção para o manejo adequado da água com manutenção nula. As cultivares IAPAR-59 e Obatã têm comportamento de crescimento diferenciado, com todas as variáveis avaliadas favorecendo esta última.

Palavras-chave: *coffea arabica*, tensão de água no solo, índice de área foliar, sistema irrigas, IAPAR-59, obatã.

⁽¹⁾ Aceito para publicação em ...(parte de uma dissertação de mestrado do primeiro autor)

⁽²⁾ Universidade de Brasília, Fac. de Agronomia e Medicina Veterinária, Caixa Postal 04508, CEP 70.919-970. Brasília - DF. E-mail: msoares5@icqmail.com e dasilvao@unb.br

Initial growth of two high-density coffee tree cultivars as influenced by drip irrigation levels

Abstract - The experiment was carried out at “Água Limpa Farm – Brasília University”, DF. Its objective was to evaluate growth of IAPAR-59 and Obatã cultivars using five drip irrigation levels, during the crop first year. It was used a randomized complete block design for factor irrigation, with factor cultivar as a split plot on irrigation and factor time in days after transplanting (dat) as a split plot on cultivar. The five irrigation levels were 20, 40 and 60 kPa, established using tensiometers; irrigas system, with soil water tension defined by its sensor; and no irrigation, with soil water content monitored with a TDR device. Growth variables evaluated were leaf area index, leaf number, stem diameter, plant height and plagiotropic branches number. At 316 dat irrigated treatments had the same type of growth but they were significantly higher than the non-irrigated ones. Irrigas system has proved to be an option for an adequate water management with null maintenance. IAPAR-59 and Obatã cultivars had significant differences with all growth variable evaluated favoring the last one.

Keywords: *coffea arabica*, soil water tension, leaf area index, **Irrigas system**, IAPAR-59, obatã.

Introdução

A irrigação do cafeeiro tem ganhado importância, principalmente, em áreas com estação seca bem definida, como é o caso do Cerrado brasileiro (Santos et al., 1998). No Distrito Federal onde ocorre insuficiente disponibilidade hídrica Silva et al., (2000) afirmaram que a cultura do cafeeiro só é viável com o uso de práticas de irrigação para diminuir ou eliminar as deficiências hídricas observadas nas suas fases críticas. Entretanto, Vieira et al. (2000) verificaram que tanto o déficit como o excesso hídrico pode ser prejudicial ao desenvolvimento do cafeeiro.

No manejo racional da cafeicultura irrigada é de capital importância o conhecimento dos parâmetros básicos que definem a necessidade de água nos seus diversos estádios de desenvolvimento (Antunes et al. 2001). Na fase inicial de desenvolvimento do cafeeiro, predomina a evaporação da água do solo sobre a transpiração da cultura, o que favorece a aplicação localizada da água.

Por outro lado, estudando o efeito das densidades de plantio de 7143, 1429 e 893 plantas.ha⁻¹, Pavan et al. (1996), destacaram que o aumento na densidade populacional de cafeeiros amplia o teor de água no solo tanto nas profundidades de 0 a 20 cm como de 20 a 40 cm, principalmente entre as linhas de plantio, por reduzir a evaporação através do maior sombreamento do solo. Tal fato certamente tem implicações sobre o manejo da água do cafeeiro.

A irrigação do cafeeiro tem sido realizada preferencialmente com uso de sistemas pressurizados por aspersão ou localizada (Soares et al., 2001). Porém, em sistemas de irrigação localizada devidamente planejados, há economia de água em comparação com outros sistemas de irrigação, uma vez que molham, apenas, a região próxima à planta (Abreu & Sánchez, 1987), e apresentam maiores eficiências. Tais sistemas apresentam características

de manejo de água específicos de sistemas de irrigação fixo, tais como irrigações mais frequentes.

Assim, além de ser necessário levar em conta as características hidráulicas do sistema de irrigação selecionado, o manejo da água de irrigação também está diretamente relacionado com as necessidades hídricas nos diversos estádios de crescimento da cultura e com a capacidade de retenção de água pelo solo na profundidade efetiva da raiz da cultura considerada (Soares et al., 1998).

O manejo da irrigação pode ser realizado a partir de dados climáticos ou de dados de solo. Boa parte deste manejo registrado na literatura para o cafeeiro sugere a utilização a evapotranspiração de referência e da cultura (Mantovani, 1993). Entretanto, na fase inicial de crescimento os melhores resultados obtidos têm sido bastante variáveis como 100% da evaporação do tanque classe A, ECA, (Silva et al. 2002), 140 a 172% de ECA (Teodoro et al. 2003) e 60% de ECA (Vilela, et al. 2001). Um menor número de trabalhos utilizam dados de solo para o manejo da irrigação.

Coelho et al. (1995), afirmaram que as regiões do bulbo molhado para monitoramento do estado da água no solo, para gotejador instalado na superfície do solo, correspondem às profundidades (z) de 0,1 a 0,4 m, e distâncias radiais do gotejador maiores que 0,1 m. Essa definição de localização de medidores de tensão, pontos de emissores e planta é de extrema importância como relatou Coelho & Or, (1999) para o adequado manejo da água de irrigação.

Utilizando cinco critérios de irrigação para teores de água no solo com 20, 80, 140, 200 kPa, na profundidade de 25 cm, e o manejo baseado pelo balanço hídrico com o software SISDA 3.5[®], e em várias densidades de plantio de cafeeiro Rubi, Scalco et al. (2002) observaram que, na fase inicial do crescimento do cafeeiro (até 300 dat), não houve efeito significativo da densidade de plantio, mas a maior disponibilidade de água no solo proporcionou os maiores valores das características de crescimento. No ano seguinte,

utilizando as tensões de 20, 60, 100 e 140 kPa, os mesmos autores (Scalco et. al. 2003) observaram que os tratamentos com irrigações mais frequentes obtidas pelo manejo SISDA 3.5[®] e tensão de 20 kPa em plantio superadensado proporcionaram aumento de produtividade do café beneficiado.

O manejo da água do solo usando tensiômetros requer manutenção adequada e freqüente dos mesmos. Recentemente foi desenvolvido o sistema irrigas (Calbo, 2000) que possibilita o monitoramento da água do solo para uma determinada tensão, sendo necessários estudos de validação deste equipamento sobre condições contínuas de campo.

A colheita do cafeeiro requer grande quantidade de mão-de-obra sendo vantajoso o escalonamento da colheita utilizando-se cultivares com maturação de frutos precoce e tardia.. A cultivar IAPAR-59, com maturação dos frutos medianamente precoce (Sera et al., 2002), e a cultivar Obatã, com maturação dos frutos tardia (Fazuoli, 1996; Mendes, 2001) são consideradas de porte baixo e indicadas para o plantio adensado e quando plantadas num mesmo local podem permitir o escalonamento das diversas atividades de colheita e pós-colheita. Entretanto, é necessário quantificar se as necessidades hídricas destas cultivares são semelhantes visando o adequado manejo da irrigação.

Este estudo, realizado com as cultivares de cafeeiro “IAPAR-59” e “Obatã” (*Coffea arabica* L.), em fase de formação, sob plantio adensado e irrigado por gotejamento, objetivou quantificar o efeito de diversas tensões de água no solo sobre o crescimento vegetativo dessas cultivares e indicar formas de manejo da água de irrigação para a cultura.

Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida na Fazenda Água Limpa – Universidade de Brasília, Distrito Federal, situada à latitude 15° 56’ S e longitude 47° 56’ W Grw., com altitude média de 1080 metros. Segundo Köppen, o clima é do tipo Aw tropical chuvoso de inverno seco. A área

experimental localiza-se em terreno de relevo plano, com declive em torno de 3%. O solo é classificado como Latossolos Vermelho-Amarelos – LVA (Embrapa, 1999), textura argilosa, fase Cerrado. Os valores do pH em água, Al^{3+} , $\text{Ca}+\text{Mg}$, $\text{H}+\text{Al}$, e a matéria orgânica na camada de 0 a 20 cm foram: 5,30; 0,6 mmol/dm^3 ; 18,4 mmol/dm^3 ; 69,4 mmol/dm^3 ; 3,82%, respectivamente. A característica física foi determinada na profundidade de 0 a 20 cm e apresentou valores de 490 g/kg de argila; 240 g/kg de silte; 40 g/kg de areia grossa; 230 g/kg de areia fina. Os resultados, referentes à característica físico-hídricas para elaboração da curva de retenção, foram obtidos nas profundidades de 0 a 15, 15 a 30, 30 a 45 e 45 a 60 cm (Tabela 1). A curva de retenção de água no solo, ajustada por regressão ($r^2 = 0,91$), foi do tipo $Y = a + b \ln x$, sendo Y igual ao teor de água do solo em porcentagem, x igual a tensão de água, em kPa, $a = 43,6263$, e $b = -2,9076$.

De acordo com as análises física e química do solo, feitas antes da instalação do experimento, procedeu-se à adubação seguindo recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, quinta aproximação (Guimarães et al., 1999) para o cafeeiro em fase de formação. Efetuou-se calagem com calcário dolomítico na área total para elevar a saturação de bases para 60%. Aplicaram-se, nas linhas de plantio: esterco de galinha 3,5 kg/m; 268 g/m de calcário dolomítico; 444,5 g/planta de super-simples; 35 g/planta de cloreto de potássio; 11 g/planta de uréia; e 50 g/m de micronutrientes (FTE).

As cultivares de café utilizadas foram: a IAPAR-59 e Obatã. O transplante das mudas aos nove meses de idade foi realizado em março de 2002, com as mudas apresentando os seguintes dados médios de crescimento: área foliar 243,4 e 300,8 cm^2 ; número de 11,6 e 10,5 folhas; diâmetro do caule 0,40 e 0,38 cm; altura de planta 18,7 e 30,3 cm, respectivamente, para as cultivares IAPAR-59 e Obatã. O espaçamento entre plantas utilizado foi de 2,0 x 0,5 m em fileiras duplas espaçadas 3,6 m, com 7142 plantas. ha^{-1} , segundo classificação de Mendes et al. (2002), caracterizando um plantio adensado que está em torno de 5000 à 10.000

plantas.ha⁻¹. A área total da parcela com linha dupla de 11 plantas foi de 123,2 m² e a área útil da subparcela foi de 5,6 m² com quatro plantas para cada cultivar.

O delineamento experimental nos regimes hídricos foi o de blocos completos ao acaso para o fator irrigação, com o fator cultivar em subparcela, e o fator tempo em subsubparcela, com 5 tratamentos e 6 repetições. Cada unidade experimental constitui-se de 2 plantas centrais em cada fileira, mantendo as mesmas condições para todas as plantas avaliadas.

Os cinco tratamentos usados foram os seguintes:

1 – Com irrigação, tensão de 20 kPa. ($\theta_v = 34,9\%$); 2 – Com irrigação, tensão de 40 kPa. ($\theta_v = 32,9\%$); 3 – Com irrigação, tensão de 60 kPa. ($\theta_v = 31,7\%$); 4 – Com irrigação, sistema irrigas e 5 – Sem irrigação.

O sistema de irrigação por gotejamento foi instalado juntamente com o plantio da cultura em março de 2002. De início, utilizou-se a mesma lâmina de irrigação para todos os tratamentos. Os tratamentos de irrigação foram impostos a partir de 5 de junho (76 dias após o transplântio - dat). O sistema de irrigação foi constituído de: uma unidade de controle para fertirrigação, linhas de recalque principais e derivações de PVC, linhas de irrigação de tubo flexível de polietileno de baixa densidade espessura da parede de 0,0125 m, com emissores do tipo labirinto, incorporados ao próprio tubo, regime de fluxo turbulento da água, espaçados em 0,40 m, vazão média de 2,0 l.h⁻¹, pressão de 10 m.c.a, e coeficiente de variação de fabricação igual a 3 %.

A reposição da água no solo foi feita com base nas medidas da tensão da água do solo, registradas em tensiômetros, com tensímetro digital. Nas parcelas dos tratamentos 1, 2, e 3, os tensiômetros foram instalados em duas profundidades (20 e 40 cm) cerca de 10 cm ao lado da planta (Coelho et al., 1995), procurando-se manter as equidistâncias entre a planta, o emissor e o tensiômetro. O tensiômetro na profundidade de 20 cm foi usado para controlar a irrigação, e o de 40 cm para monitorar o excesso de água (percolação).

Nas parcelas do tratamento 4, foi utilizado o sistema **Irrigas** de controle de irrigação (Figura 1), desenvolvido por pesquisadores da Embrapa Hortaliças (Calbo, 2000; Calbo & Silva, 2001), o qual consta de uma cápsula porosa conectada por meio de um tubo flexível a uma pequena cuba transparente que é emborcada em um frasco com água no momento da medição. O sensor do **Irrigas** foi instalado na profundidade de 20 cm e, ao seu lado, um tensiômetro. No funcionamento do **Irrigas**, deve-se considerar que conforme a tensão da água aumenta, também aumentam os volumes gasosos que formam passagens gasosas contínuas na parede porosa da cápsula. Se o ar no interior da cápsula é bloqueado é porque os poros da cápsula estão cheios com água e o solo ainda está com umidade maior do que o valor crítico (Figura 1-A). Ao contrário, quando a umidade do solo diminui para valores abaixo desse valor crítico, o ar permeia a cápsula porosa e, quando se emborca uma cuba transparente no frasco de água, o menisco ar-água movimentar-se na cuba transparente para igualar ao nível da água nessa cuba (Figura 1-B). O valor crítico da tensão da água do solo no qual os poros da cápsula começam a ser permeados pelo ar depende da granulometria da cápsula porosa, como também de outros fatores.

Nas parcelas do tratamento sem irrigação, o teor de água, em volume, foi medido usando a reflectometria de domínio do tempo (TDR), com hastes metálicas de 0,20 m. As leituras (3 repetições) foram feitas mantendo-se as mesmas condições em relação à distância entre plantas. Uma curva de calibração relacionando o teor de água do solo medido com o TDR e medido através do método padrão de estufa foi estabelecida visando corrigir erros relativos à calibração interna do aparelho e condições de solos locais (Tommaselli & Bacchi, 2001). A curva de calibração com $r^2 = 0,989$, foi do tipo $X = [y - a / b]^{1/C}$, sendo X o teor de água do solo corrigido, em porcentagem; y o teor de água do solo, em porcentagem, obtido pelo aparelho; a = 70,2088; b = 35,6467; e c = 0,0887.

O acompanhamento do crescimento, na fase de formação do cafeeiro, foi feito utilizando-se as seguintes variáveis: índice de área foliar (IAF), número de folhas por planta (NF), altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC) e número de ramos plagiotrópicos por planta (NRP).

Para determinar a área foliar, foi estabelecida uma relação entre área e comprimento da folha, observando-se, no campo o comprimento sobre a nervura principal da folha, desde o ponto de inserção do limbo no pecíolo até o ápice da folha. A área de cada folha, medida com scanner, foi estimada segundo, Caldas et al. (1992). Com os dados de comprimento e área de cada folha ajustaram-se duas equações do tipo polinomial do segundo grau onde a primeira foi feita para comprimentos de folhas até 16 cm, sendo utilizada até a quarta avaliações, e a segunda para folhas até 22 cm de comprimento que, utilizada na quinta e sexta avaliações (Figura 2). Assim, determinou-se o índice de área foliar (IAF), obtido da relação funcional existente entre a área foliar e a área do terreno ocupada pela cultura.

Quanto ao diâmetro do caule, foi determinado a uma altura em relação à superfície do solo de 0,05 m utilizando-se do paquímetro com precisão de 0,05 mm.

A altura da planta foi determinada em relação, à superfície do solo e meristema apical da planta.

Os ramos plagiotrópicos e as folhas do cafeeiro foram quantificados a partir de 1 cm de comprimento.

Essas avaliações foram feitas de 45 em 45 dias, de 20 de junho de 2002 a 5 de fevereiro de 2003, abrangendo um período seco e um chuvoso (Figura 3c e 3d).

Os dados climatológicos, registrados durante o período estudado foram obtidos numa estação meteorológica automática da Fazenda Água Limpa – UnB, localizada cerca de 1 km da área experimental (Figura 3).

Os ensaios foram estabelecidos em condições adequadas de manejo da cultura no que se refere às adubações, controle de pragas, doenças, plantas-daninhas e todos os outros tratamentos culturais recomendados na literatura para o pleno desenvolvimento da cultura.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa computacional Mstat-c, e os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias, comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Resultados e Discussão

Em relação aos dados climáticos do período de março de 2002 a março de 2003, observou-se que as temperaturas médias mensais (Figura 3a) apresentaram maior amplitude térmica no mês de agosto. Entretanto, a menor temperatura mínima média mensal ocorreu no mês de junho (9,6 °C), e a maior temperatura máxima média mensal em outubro (31,6 °C), portanto, fora da faixa de temperatura ótima de 18 a 23 °C sugerida por Miranda et al. (1999), e de 16 a 23 °C, segundo Alegre (1959). As temperaturas absolutas médias mensais ficaram na faixa ótima (Figura 3a). A maior amplitude da umidade relativa média mensal ocorreu em setembro quando se verificaram maiores demandas de evaporação média mensal (Figura 3b e 3c). A precipitação foi praticamente nula de maio a agosto, com a evaporação acumulada pelo tanque classe A superando-a durante o período (Figura 3d). Dessa forma, foi possível estabelecer os diversos tratamentos de irrigação, principalmente, no período seco e de maior demanda evaporativa.

As tensões médias de água no solo, relativas aos diversos tratamentos (Figura 4a), possibilitaram observar que na tensão de 20 kPa houve menor variação tanto na época seca como na chuvosa. A tensão de 60 kPa foi a que originou as maiores variações na tensão de água no solo no período chuvoso. As tensões obtidas nos tratamentos de 40 kPa e **Irrigas** oscilaram para baixo em função das chuvas, podendo-se afirmar que o **sistema Irrigas**

consumiu uma lâmina de água um pouco maior do que o tratamento de 40 kPa (Figura 4b). No período chuvoso, o tratamento de 20 kPa recebeu as maiores lâminas de água. No tratamento não irrigado, no período frio e seco, foi observado que o teor de água no solo em volume chegou a atingir 22,4%, correspondente (Tabela 1) ao ponto de murcha permanente a 1500 kPa, evidenciando que ambas cultivares apesar de submetidas a déficit hídrico elevado toleraram tal estresse.

Nos meses de junho, julho e agosto (inverno seco), o consumo médio de água, em função da área molhada (22% da área plantada), foi: 0,8, 1,01, e 1,25 mm/dia para os tratamentos de 20 kPa; 0,36, 0,56 e 0,60 mm/dia para os tratamentos de 40 kPa; 0,24, 0,41, e 0,40 mm/dia para os tratamentos de 60 kPa; e 0,64, 0,48 e 0,68 mm/dia para o **Irrigas**, respectivamente. Esses valores estão coerentes com os valores encontrados por Antunes (2000), observando que em meses de menores ou de quase nenhuma precipitação (abril a agosto), os valores da ETc apresentaram pequena variação 1,03; 0,90; 0,95 e 1,07 mm/dia para a cultivar “Catuaí vermelho IAC-99”, e 1,09; 0,95; 1,01 e 1,20 mm/dia para cultivar “Acaia Cerrado seleção MG-1454” sob diferentes manejos de água utilizada, entre 390 e 600 dat.

Para todas as variáveis de crescimento avaliadas, na análise de variância dos dados, houve diferenças altamente significativas entre regimes hídricos, cultivares, épocas e entre as interações regime hídrico versus época e cultivar versus época. Os regimes hídricos relativos às tensões de 20, 40, 60 kPa e **Irrigas** não diferiram entre si, mas diferiram do tratamento não irrigado. Não houve tríplice interação entre regime hídrico e cultivar, indicando que as duas cultivares apresentaram a mesma resposta aos tratamentos de irrigação.

Índice de área foliar (IAF): A média geral do IAF para os tratamentos não irrigados foi cerca de 93% menor do que as médias dos tratamentos irrigados.

O crescimento do IAF, para as tensões de 20, 40, 60 kPa e o **Irrigas**, veio apresentar diferença significativa a partir de 226 dat (Figura 5a) e no tratamento sem irrigação, só a

partir de 271 dat. Mesmo com o teor de água adequado do solo, o cafeeiro teve baixo crescimento durante a estação fria e seca, evidenciando que o efeito da temperatura do ar é mais relevante para a redução do IAF do que o regime hídrico (Figura 5a).

Antunes (2000) observou que embora as taxas de crescimento inicial da área foliar do cafeeiro tivessem reduzido com as quedas de temperatura, o decréscimo não chegou a valores nulos no tratamento irrigado, evidenciando a importância da água para manutenção do crescimento vegetativo, mesmo nas épocas mais frias e secas do ano, o que foi também observado nesse trabalho.

O conhecimento da área foliar da planta permite uma estimativa da perda de água, pois as folhas são os principais órgãos a participar do processo transpiratório, sendo responsável pela troca gasosa com o ambiente (Pereira et al., 1997) e colabora para a definição de melhores estratégias de manejo da irrigação (Favarin et al., 2002). Isso nos permite afirmar que, possivelmente os tratamentos irrigados, há maior troca gasosa com o ambiente em relação ao tratamento não irrigado.

As taxas médias de crescimento em área foliar foram mais acentuadas nos tratamentos irrigados em relação ao não irrigado, o que foi também observado por Barros et al. (1997).

A partir de 181 dat, a maior disponibilidade hídrica foi devida às chuvas, as quais associadas a outros fatores, o que não favoreceu o rápido crescimento vegetativo dos tratamentos não irrigados, ao contrário do observado por Nazareno (2002), com a cultivar Rubi MG-1192 em que os cafeeiros não irrigados apresentaram um surto de crescimento, igualando ao tratamento irrigado, provavelmente, por causa da presença de níveis de adubação NPK naquele trabalho, que possibilitou ao tratamento não irrigado melhor utilização da adubação posteriormente.

Na interação entre as cultivares IAPAR-59 e Obatã versus épocas de avaliação, houve crescimento diferenciado em IAF a partir de 226 dat em diante (Figura 6a), já em plena

estação chuvosa, em favor da cultivar Obatã que chegou atingir valor médio de $0,936 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ ($1,31 \text{ m}^2$ de área foliar por planta), aos 316 dat. Favarin et al. (2002), utilizando-se do volume e da área do dossel do cafeeiro, calculados com base na altura e no diâmetro da seção inferior do dossel de plantas da cultivar Mundo Novo IAC 388-17, enxertado em cultivar Apatã IAC 2258, conseguiram estimar valores de IAF, aos 450 e 510 dat, iguais a $0,27$ e $0,58 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$, ($0,67$ e $1,45 \text{ m}^2$ de área foliar por planta), respectivamente, valores esses abaixo do encontrado nesta pesquisa. Por sua vez, Nazareno (2002), utilizando equipamento eletrônico para determinação da área foliar, demonstrou que aos 383 dat as plantas irrigadas atingiram o IAF de $1,16 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ ($1,62 \text{ m}^2$ de área foliar por planta) e para o cafeeiro não irrigado $0,66 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ ($0,92 \text{ m}^2$ de área foliar por planta), valores esses próximos aos obtidos com esta pesquisa. Esses resultados sugerem um comportamento específico para cada cultivar ou mesmo combinação de enxerto e porta-enxerto utilizado.

Número de folhas (NF): Nos tratamentos irrigados e não irrigados, somente houve diferença significativa a partir de 226 dat (Figura 5b), ou seja, no início da estação chuvosa, à semelhança do comportamento observado para IAF, sugerindo que as plantas estão emitindo folhas em resposta às chuvas e às temperaturas mais elevadas iniciadas em setembro. Comparando as duas cultivares, a diferença no número de folhas surgiu a partir de 181 dat, com a cultivar Obatã que apresentou o maior número de folhas (Figura 6b).

O número final de folhas aos 316 dat foi de 336 e 275 para Obatã e IAPAR-59, respectivamente (Figura 6b), que está acima dos valores de 321 folhas relatadas por Favarin et al. (2002) em cafeeiro Mundo Novo sobre Apatã, aos 450 dat.

Tal comportamento evidencia a necessidade de estudos específicos para cada genótipo e práticas culturais evitando-se generalizações para as diversas cultivares da espécie *Coffea arabica* L.

Diâmetro do caule (DC): Em regimes hídricos, houve diferença significativa a partir de 181 dat, 0,77 cm (Figura 5c). No tratamento sem irrigação, observou-se diferença significativa apenas aos 226 dat, com 0,69 cm. O efeito da irrigação sobre essa variável de crescimento foi diferente do encontrado por Martins et al. (2000) que analisaram o diâmetro do caule, na fase inicial de formação da cultivar Rubi, no período de agosto/1999 a dezembro de 2001. Porém os dados são semelhantes aos encontrados por Scalco et al. (2002; 2003) e Teodoro (2003) para a cultivar Rubi.

Antunes (2000), iniciando o estudo na estação do verão chuvoso até a estação do inverno seco, constatou que, nas cultivares Acaiá Cerrado e Catuaí, houve tendência clara de diferenciação entre os tratamentos irrigados e não irrigados somente nos meses frios e secos, com taxa de crescimento praticamente nula no não irrigado e taxas de crescimento semelhante nos meses chuvosos.

Dentro das cultivares IAPAR-59 (0,45 cm) e Obatã (0,55 cm), observou-se crescimento diferenciado já a partir da primeira avaliação aos 91 dat (Figura 6c), o que está de acordo com Bonomo et al. (2000), com 300 dat. Considerando que ambas apresentaram o mesmo valor de 0,4 cm por ocasião do plantio e que os tratamentos irrigados só foram praticados a partir de 76 dat, constata-se a maior taxa de crescimento da cultivar Obatã por causa das diferenças entre genótipos.

Quanto à da cultivar IAPAR-59, só houve diferença significativa a partir de 181 dat, confirmando as menores taxas de crescimento dessa cultivar em relação à Obatã.

Altura de planta (AP): O crescimento da altura da planta, entre os tratamentos irrigados e não irrigados, foi significativo a partir de 181 dat (Figura 5d), no início da estação chuvosa, evidenciando o efeito favorável da irrigação sobre essa variável de crescimento. Nos tratamentos irrigados e não irrigados, só foram observadas diferenças significativas depois de 226 e 271dat, respectivamente.

As cultivares IAPAR-59 (19,9 cm) e Obatã (28,8 cm), tiveram crescimento diferenciado para a variável altura de planta, da primeira avaliação em diante (Figura 6d). Entretanto, as mudas já apresentaram uma diferença de 11,7 cm por ocasião do plantio. Essa diferença se manteve aproximadamente constante até 316 dat, mostrando que ambas as cultivares apresentaram a mesma taxa de crescimento para essa variável, atingindo os mesmos valores observados por Bonomo et al. (2000), com 300 dat, para as duas cultivares em fase inicial de desenvolvimento.

Número de ramos plagiotrópicos (NRP): Diferenças significativas nos tratamentos irrigados (16,4) e não irrigados (13,1), ocorreram a partir de 271 dat em diante (Figura 5e), em pleno período chuvoso, conforme Silva (2002) que somente observou estas diferenças aos 223 dat com os tratamentos irrigados apresentando as melhores médias.

Antunes (2000), ao estudar a fase de formação do cafeeiro, observou o mesmo efeito do regime hídrico para número de ramos plagiotrópicos, obtendo em tratamentos irrigados de “Catuaí vermelho IAC-99” 24 ramos aos 360 dat, e de “Acaiá Cerrado seleção MG-1454” 32 ramos aos 360 dat, mas ao final do trabalho aos 570 dat, observou que as diferenças nos regimes hídricos para a cultivar “Catuaí vermelho” estava em média, de 4 ramos, e para a cultivar “Acaiá Cerrado” em média, de 12 ramos plagiotrópicos.

Isoladamente, os tratamentos irrigados e não irrigados mostraram diferenças entre épocas a partir de 181 dat, no início da estação chuvosa sendo observado maiores taxas de crescimento para os tratamentos irrigados. Como esta variável está correlacionada diretamente com maior produção (Antunes, 2000), pode-se sugerir que os tratamentos irrigados podem apresentar melhor produtividade esperada.

Observando as cultivares IAPAR-59 (10,6) e Obatã (11,9), notou-se crescimento estatisticamente significativo aos 226 dat (Figura 6e).

Regimes hídricos: Analisando conjuntamente as diversas variáveis de crescimento em relação às tensões aplicadas observa-se que não há diferenças significativas entre elas podendo-se optar pelo manejo da irrigação com 60 kPa, nesta fase de crescimento visando maior economia de água e mão-de-obra. Este resultado difere dos encontrados por Morales (1981) que observou maiores valores de altura de planta e diâmetro do caule do cafeeiro quando a umidade do solo foi mantida em níveis próximos à capacidade de campo e, também, em desacordo com Scalco (2002), estudando tensões de 20, 80, 140 e 200 kPa, concluindo-se que a tensão de 20 kPa apresentou os maiores valores de parâmetros de crescimento, da cultivar Rubi MG-1192, aos 300 dat.

O sistema Irrigas funcionou adequadamente durante o período de experimento, sendo mais adequado que os tensiômetros, principalmente, em relação à manutenção do equipamento que foi nula, os tensiômetros apresentaram o inconveniente da reposição freqüente de água destilada, e maior vulnerabilidade aos tratos culturais com quebra do equipamento. Trabalhos a serem desenvolvidos com o sensor **Irrigas** poderão possibilitar diversas opções de operação em outras tensões além das observadas neste experimento, que oscilaram próximo a tensão de 40 kPa.

Bonomo et al. (2000) e Souza et al. (2002), acompanhando desde a fase de formação da lavoura até a primeira produção, em cultivares de porte baixo resistentes à ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.) sob condições de cerrado e irrigação localizada, demonstraram que a Obatã foi a cultivar que apresentou os maiores parâmetros de crescimento e produtividade em relação às outras 12 cultivares estudadas, dentre as quais o IAPAR-59.

Conclusões

1. Do transplântio do cafeeiro até 316 dat, não há diferença no comportamento das cultivares IAPAR-59 e Obatã para as tensões de água no solo de 20, 40, 60 kPa, e sistema

Irrigas, mas há diferença entre o uso ou não da irrigação, com os tratamentos irrigados impondo maiores valores de crescimento.

2. O sistema Irrigas é uma opção para o manejo da irrigação na fase inicial do cafeeiro e apresenta manutenção nula.

3. O consumo médio diário dos meses junho, julho e agosto, para os tratamentos irrigados foi de 1,01, 0,60, 0,50 e 0,35 mm/dia para os tratamentos irrigados com 20 kPa, Irrigas, 40 e 60 kPa, respectivamente.

4. A cultivar Obatã apresentou maiores valores do que o IAPAR-59, em todos os parâmetros de crescimento analisados.

5. O crescimento do cafeeiro, no Cerrado, independente do genótipo, é estimulado por fatores meteorológicos, especialmente a temperatura, associada ao teor de água no solo.

Agradecimentos

À Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília; a Fazenda Água Limpa – FAL/UnB; e ao CNPq pela concessão de auxílio financeiro para o projeto.

Referências

ABREU, J. M. H.; SANCHEZ, J. R. C. **Riego localizado**. Diseño agronómico, obturaciones y fertirrigación. In: CURSO INTERNACIONAL DE RIEGOS, Brasilia, 1987. 194 p.

ALÈGRE, C. Climats et caféiers d' arabie. **Agronomie Tropicale**. v. 14, p. 23-58, 1959.

ANTUNES, R. C. B. **Determinação da evapotranspiração e influência da irrigação e da fertirrigação em componentes vegetativos, reprodutivos e nutricionais do café arábica**. Viçosa, UFV, 2000. 162p. (Dissertação de mestrado).

ANTUNES, R. C. B.; MANTOVANI, E. C.; RENA, A. B.; ALVARENGA, A. P.; COSTA, L. C.; PALARETTI, L. F. **Determinação da evapotranspiração de dois cultivares de café arábica em formação.** Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais, UFV/DEA, 2001. 118p.

BARROS, R. S.; MOTA, J. W. da S. e; DA MATTA, F. M.; MAESTRI, M. Decline of vegetative growth in *Coffea arabica* L. in relation to leaf temperature, water potential and stomatal conductance. **Field Crops Research**, v. 54, p. 65-72, 1997.

BONOMO, R.; SOARES, A. R.; MANTOVANI, E. C.; PEREIRA, A. A.; REIS, C. G. dos. Estudo comparativo de variedades de café arábica, na fase de formação, sob condições de irrigação localizada - Resultados preliminares. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, I, 2000, Poços de Caldas, MG. **Resumos expandidos.** Brasília, D.F. : Embrapa Café e Belo Horizonte, Minasplan, 2000, v. 2. p. 845-848.

CALBO, A. G. **Sistema de Controle gasoso de irrigação baseado na determinação de umidade do solo por meio de cápsulas porosas.** 2000. PI 0004264-1.

CALBO, A. G.; SILVA, W. L. C. Irrigas: novo sistema para o controle da irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGACAO E DRENAGEM, 11, 2001, Fortaleza. **Anais.** Fortaleza, ABID, 2001. p.177-182.

CALDAS, L. S.; BRAVO, C.; PICCOLO, H.; FARIA, C. R. S. M. Measurement of leaf area with a hand-scanner linked to a microcomputer. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 4, n. 1, p. 17-20, 1992.

COELHO, E. F.; OR, D. Modelo de distribuição de água e de potencial matricial no solo sob gotejamento com extração de água por raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 225-234, 1999.

COELHO, E. F.; OR, D.; ANDRADE, C. de L. T. de. Avaliação de regime permanente em irrigação por gotejamento e posicionamento de sensores de umidade e de potencial matricial no bulbo molhado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 11, p. 1327-1333, 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, 1ª Edição, Brasília, Embrapa produção de informação, Embrapa Solos, 1999, p. 412.

FAZUOLI, L. C. Contribuição da pesquisa para a obtenção de cafeeiros adaptados ao plantio adensado. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1994, Londrina, PR. **Anais**. Londrina, IAPAR, 1996. p. 1-43.

FAVARIN, J. L.; DOURADO NETO, D.; GARCIA, A. Y GARCIA; VILA NOVA, N. A.; FAVARIN, M. da G. G. V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 769-773, 2002.

GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ V., V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C. **Cafeeiro**. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.

T. G.; ALVAREZ V., V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª Aproximação, Viçosa. MG. 1999. p. 289-302.

MANTOVANI, E. C. **Desarrollo y evaluación de modelos para el manejo del riego: estimación de la evapotranspiración y efectos de la uniformidad de aplicación del riego sobre la producción de los cultivos.** Universidad de Cordoba, Cordoba, España, 1993. 184p.

MARTINS, C. de P.; LIMA, L. A.; VILELA, L. A. A.; GOMES, N. M.; FERREIRA, M. A. Manejo da irrigação do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) desde a fase inicial de formação. In: SIMPOSIO DE PESQUISAS DO CAFÉS DO BRASIL, I, 2000, Poços de Caldas. **Resumos expandidos.** Brasília; Embrapa Café e Belo Horizonte, Minasplan, v. 2, 2000. p. 928-931.

MENDES, A. N. G. **Cultivares com potencialidade para lavouras irrigadas.** In: SANTOS, C. M. dos; MENDONÇA F. C.; BENJAMIN, de M. TEODORO R. E. F.; SANTOS. V. L. M. dos. Irrigação da Cafeicultura no Cerrado. Uberlândia - MG, 2001. p 125 - 135.

MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. Implantação da lavoura: espaçamentos e sistemas de plantio, preparo e conservação do solo, plantio, planejamento dos tratos culturais e colheita. In: GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. **Cafeicultura**, Lavras – MG, UFLA/FAEPE, 2002, p. 160-181.

MIRANDA, E. M. de; PEREIRA, R. de C. A.; BERGO, C. L. Comportamento de seis linhagens de café (*Coffea arabica* L.) em condições de sombreamento e a pleno sol no estado do acre, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 62-69, 1999.

MORALES, D. Effect of different soil moisture levels on growth and yield of coffee trees in full sunlight. **Cultivos tropicales**, Cuba, v. 3, n. 3, p. 65-73, 1981.

NAZARENO, R. B. **Crescimento inicial da parte aérea do cafeeiro rubi influenciado por NPK e regime hídrico**. Brasília. UnB, 2002. 64p. (Dissertação de mestrado).

PAVAN, M. A.; CHAVES, J. C. D. Influência da densidade de plantio de cafeeiros sobre a fertilidade do solo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1994, Londrina, PR. **Anais**. Londrina, IAPAR, 1996. p.87-105.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: Fealq, 1997. 183 p.

SANTOS, C. M. dos; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C.; CAETANO, A. R.; DOMINGUES, E. P.; BRONZI, S. S. Diagnóstico da cafeicultura irrigada no cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, I, 1998, Uberlândia, MG. **Palestras e resumos**. Uberlândia, UFU/DEAGO, 1998. p. 120-144.

SCALCO, M. S.; MORAIS, A. R. de; COLOMBO, A.; CARVALHO, C. H. M. de; FARIA, M. A. de; MELO, L. Q. de; SILVA, E. L. da. Influência de diferentes critérios de irrigação e densidades de plantio sobre o crescimento inicial do cafeeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA V, 2002, Araguari, MG. **Anais**. Uberlândia/UFU, 2002. p. 150 – 155.

SCALCO, M. S.; PAIVA, L. C.; COLOMBO, A.; RIBEIRO, A. A. S.; CARVALHO, C. H. M. de; FARIA, M. A. de. Avaliação de primeira produção e do crescimento do cafeeiro sob diferentes critérios de irrigação e densidades de plantio. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA VI, 2003, Araguari, MG. **Anais**. Uberlândia/UFU, 2003. p. 15 – 19.

SERA, T.; ALTEIA, M. Z.; PETEK, M. R.; MATA, J. S. da. Novas cultivares para o modelo IAPAR de café adensado para o Paraná. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, XXVIII, 2002, Caxambu, MG. **Trabalhos apresentados**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002, p. 432-434.

SILVA, F. A. M. da; RESCK, D. V. S.; FRANÇA-DANTAS, M. S.; FEITOZA, L.; EVANGELISTA, B. A. Necessidade de irrigação para a cultura do café (*Coffea arabica* L.) nos latossolos do Distrito Federal. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, I, 2000, Poços de Caldas, MG. **Resumos expandidos**. Brasília, Embrapa Café e Belo Horizonte, Minasplan, 2000, vol. 1. p. 101-103.

SILVA, J. C. P. da. **Crescimento inicial da parte aérea do cafeeiro acaíá cerrado influenciado por espaçamento e regime hídrico**. Brasília. UnB, 2002. 67p. (Dissertação de mestrado).

SILVA, M. de L. O. E; FARIA, M. A. de; SILVA, A. L. da; COSTA, H. de S. C.; GARCIA, P. R.; GUIMARÃES, P. T. G.; SILVA, E. L. da. Crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, V, 2002, Araguari, MG. **Anais**. Uberlândia, UFU, 2002. p. 20 – 23.

SOARES, A. R.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, L. O. C. de; BONOMO, R. **Estudo comparativo do desenvolvimento do café Catuaí IAC 144 em condições de irrigação por gotejamento e em condições de sequeiro.** Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais, Viçosa, MG. UFV/DEA, 2001. 118p. (Boletim técnico; n.4).

SOARES, J. M.; COSTA, F. F.; SANTOS, C. R. **Manejo de irrigação em fruteiras.** In: FARIA, M. A.; SILVA, E. L. A. A.; SILVA, A. M. Manejo de irrigação, (Eds.), Poços de Caldas, MG. UFLA/SBEA, 1998. p. 281-310.

SOUZA, L. O. C. de; SOARES, A. R.; MANTOVANI, E. C.; REIS, C. G. Produtividade de cultivares de café arabica sob condições de irrigação localizada em condições do cerrado de MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, V, 2002, Araguari, MG. **Anais.** Uberlândia/UFU, 2002. p. 121 – 124.

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, VI, 2003, Araguari. **Anais.** Uberlândia, UFU, 2003. p. 93 – 97.

TOMMASELLI, J. T. G.; BACCHI, O. O. S. Calibração de um equipamento de TDR para medida de umidade de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 9, p.1145-1154. 2001.

VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, M. B. A. de; BONOMO, R. Influência de diferentes lâminas de irrigação nos parâmetros de crescimento do cafeeiro na região de

Viçosa, MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, I, 2000, Poços de Caldas, MG. **Resumos expandidos.** Brasília, Embrapa Café, Belo Horizonte, Minasplan, 2000. p. 879-881.

VILELA, L. A. A.; MARTINS, C. de P.; GOMES, N. M. Estudo de diferentes lâminas de irrigação do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) desde a fase inicial de formação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 27, Uberaba-MG. **Trabalhos apresentados.** MA/PROCAFÉ, Rio de Janeiro, 2001. p. 403-405.

Tabela 1. Resultado das propriedades físico-hídricas do solo em amostras coletadas antes do estabelecimento do experimento. (Fazenda Água Limpa/UnB, 2001).

Característica	Unidade	Profundidade (cm)			
		0-15	15-30	30-45	45-60
Densidade do solo	g/cm ³	0,88	0,85	0,78	0,79
Tensão 0 kPa	% (volume)	59,2	60,9	62,4	62,4
Tensão 6 kPa	% (volume)	39,8	36,1	35	36,2
Tensão 10 kPa	% (volume)	36,8	32,7	31,6	32,5
Tensão 33 kPa	% (volume)	32,7	29,6	27,7	28
Tensão 60 kPa	% (volume)	31,2	28,2	26,6	26,7
Tensão 100 kPa	% (volume)	29,4	27,3	25,6	25,7
Tensão 500 kPa	% (volume)	25,9	25,3	23,2	23,8
Tensão 1500 kPa	% (volume)	23,0	23,0	21,4	21,7
Saturação	% (volume)	59	61	62	62
Capac. de Campo	% (volume)	40	36	35	36
Microporos	% (volume)	40	36	35	36
Murcha Permanente	% (volume)	23	23	21	22
Porosidade	% (volume)	59	61	62	62
Macroporos	% (volume)	19	25	27	26

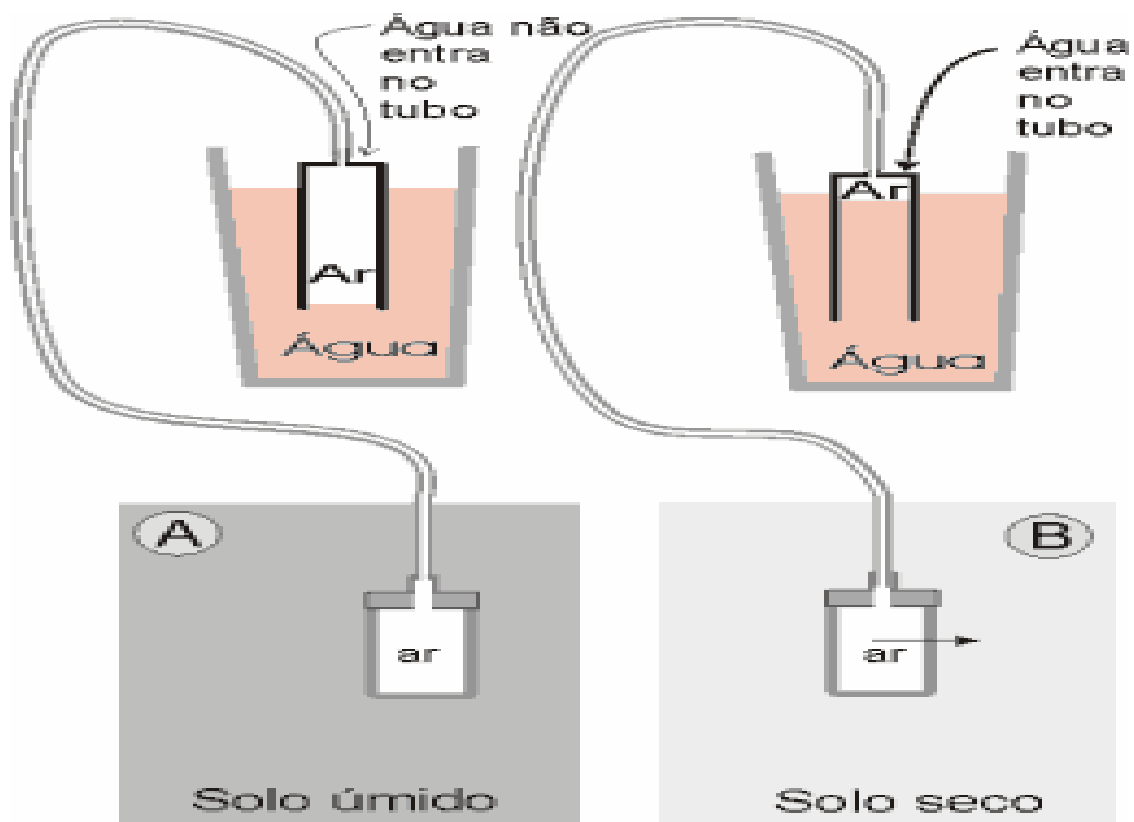


Figura 1. Sistema irrigas, com seus componentes e forma de funcionamento.

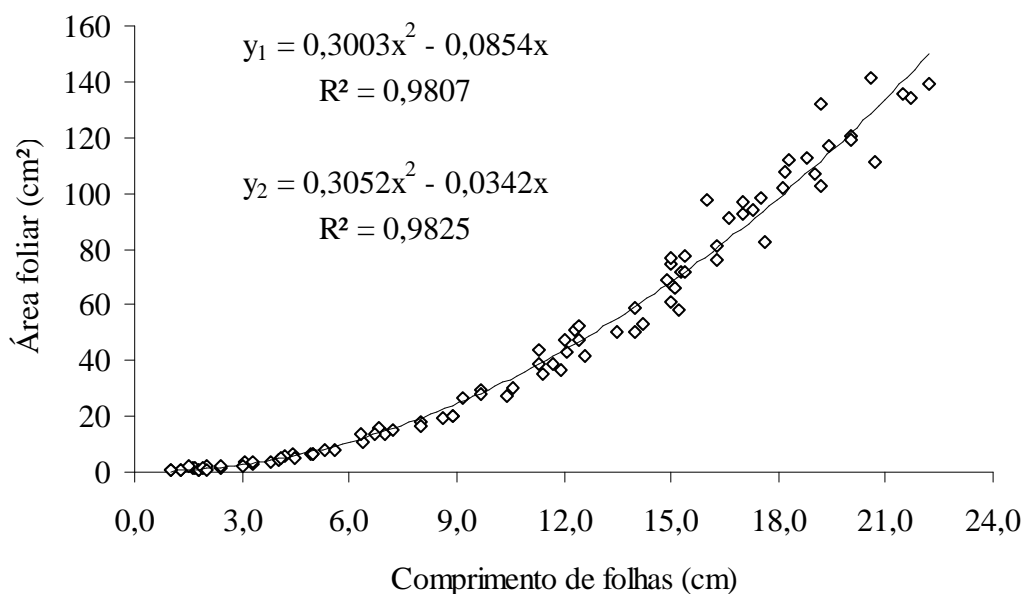


Figura 2. Equações utilizadas para determinação da área foliar y , em cm^2 , em função do seu comprimento x . Da primeira a quarta avaliação foi utilizado y_1 , sendo $1 \leq x \leq 16\text{cm}$ e da quinta a sexta avaliação y_2 , sendo $1 \leq x \leq 22\text{cm}$.

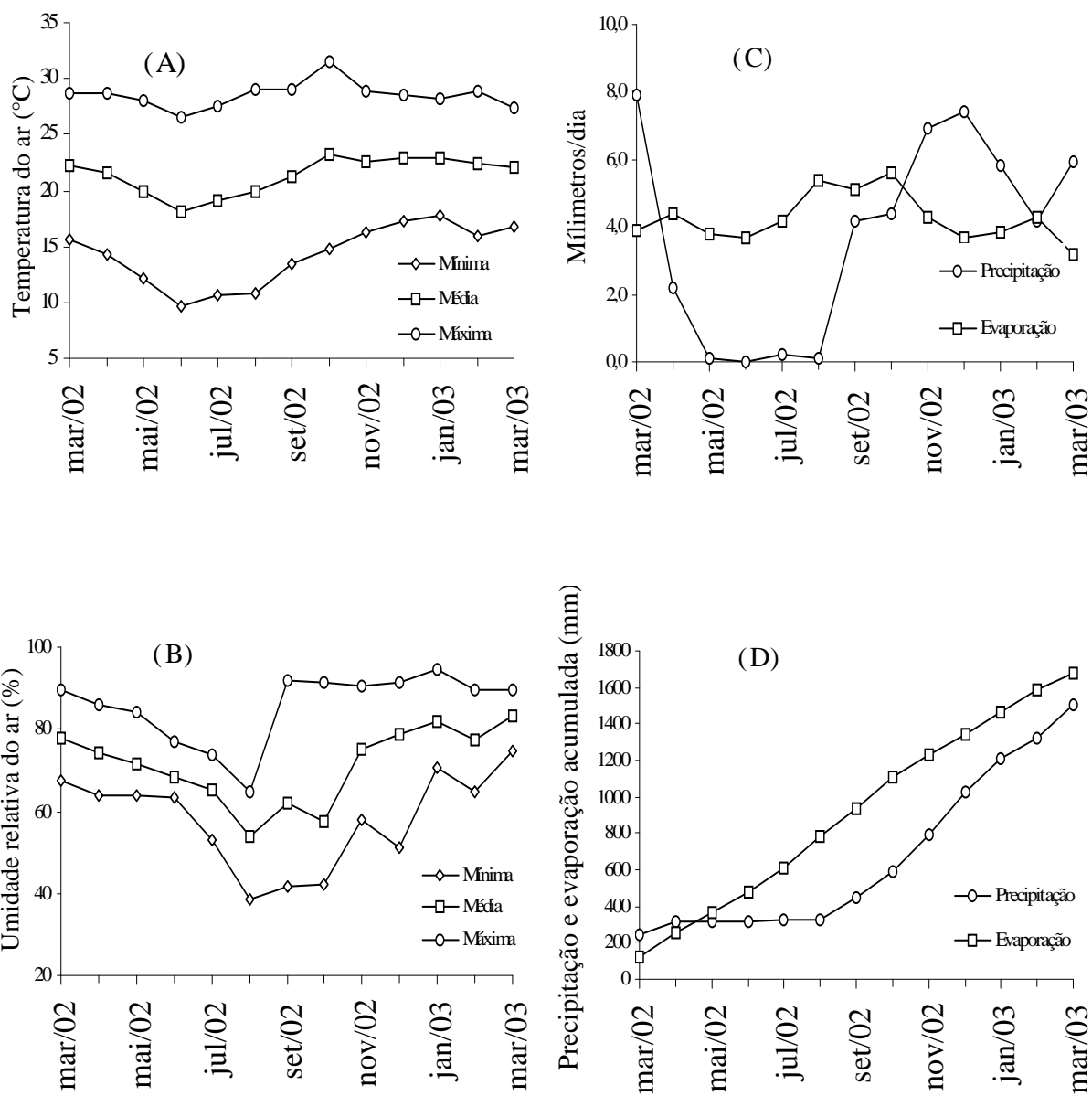


Figura 3. Dados climáticos médios mensais observados de 1 a 365 dias após o transplante do cafeeiro. Fazenda Água Limpa – UnB, Distrito Federal.

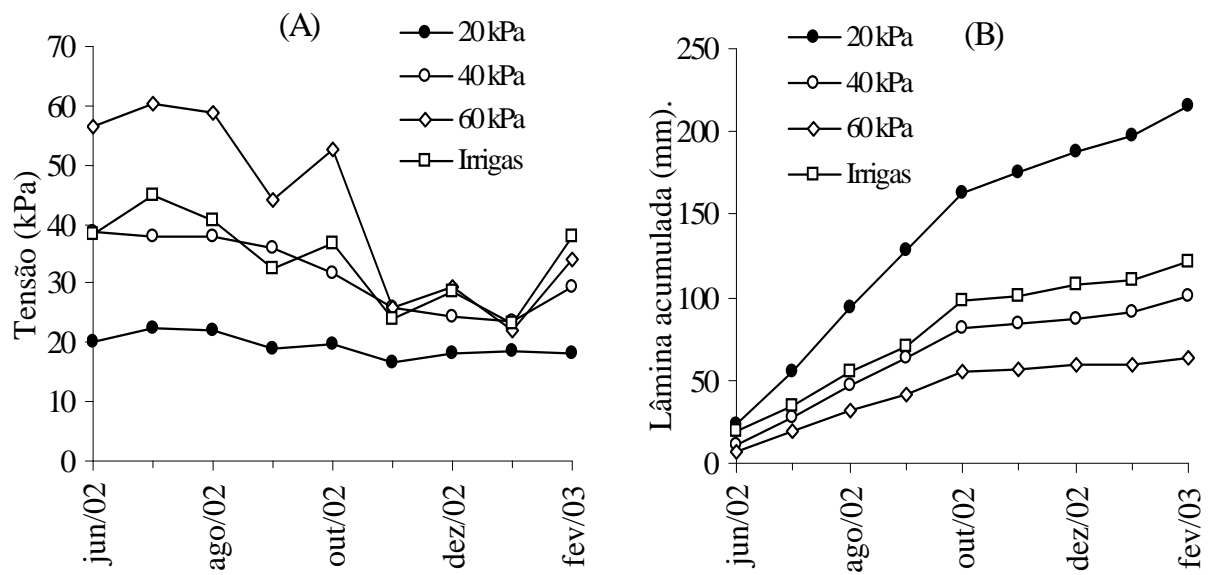


Figura 4. Valores médios de: (A) tensões de água no solo; (B) e lâmina acumulada de água de irrigação em milímetros, observadas de 91 a 316 dias após o transplante do cafeeiro. Fazenda Água Limpa – UnB, Distrito Federal.

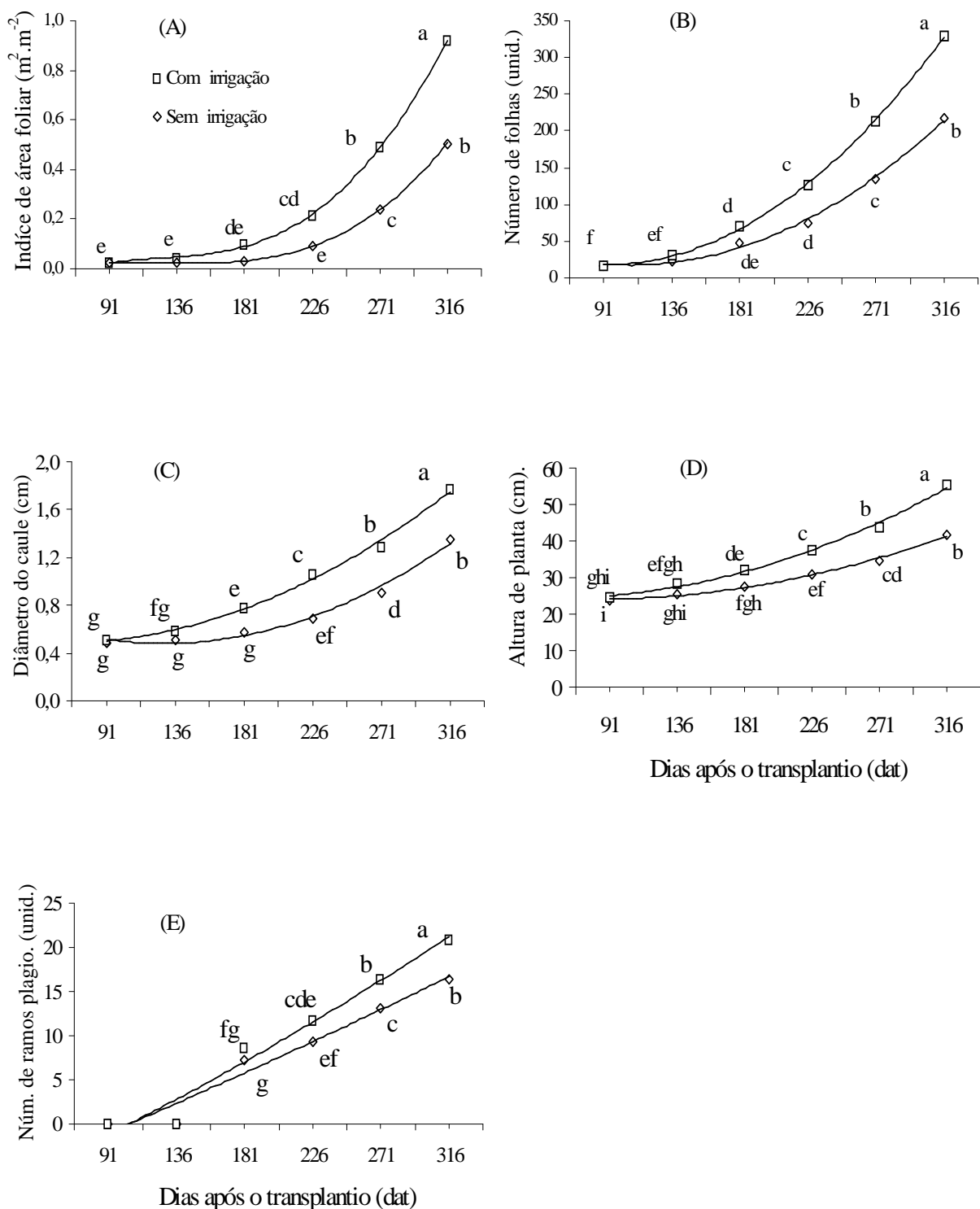


Figura 5. Valores médios observados e ajustados de variáveis de crescimento, para as cultivares de cafeeiro estudadas, em função dos tratamentos irrigados e sem irrigação e interação com época de avaliação, no período de 91 (20/06/02) a 316 dat (05/02/03). Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

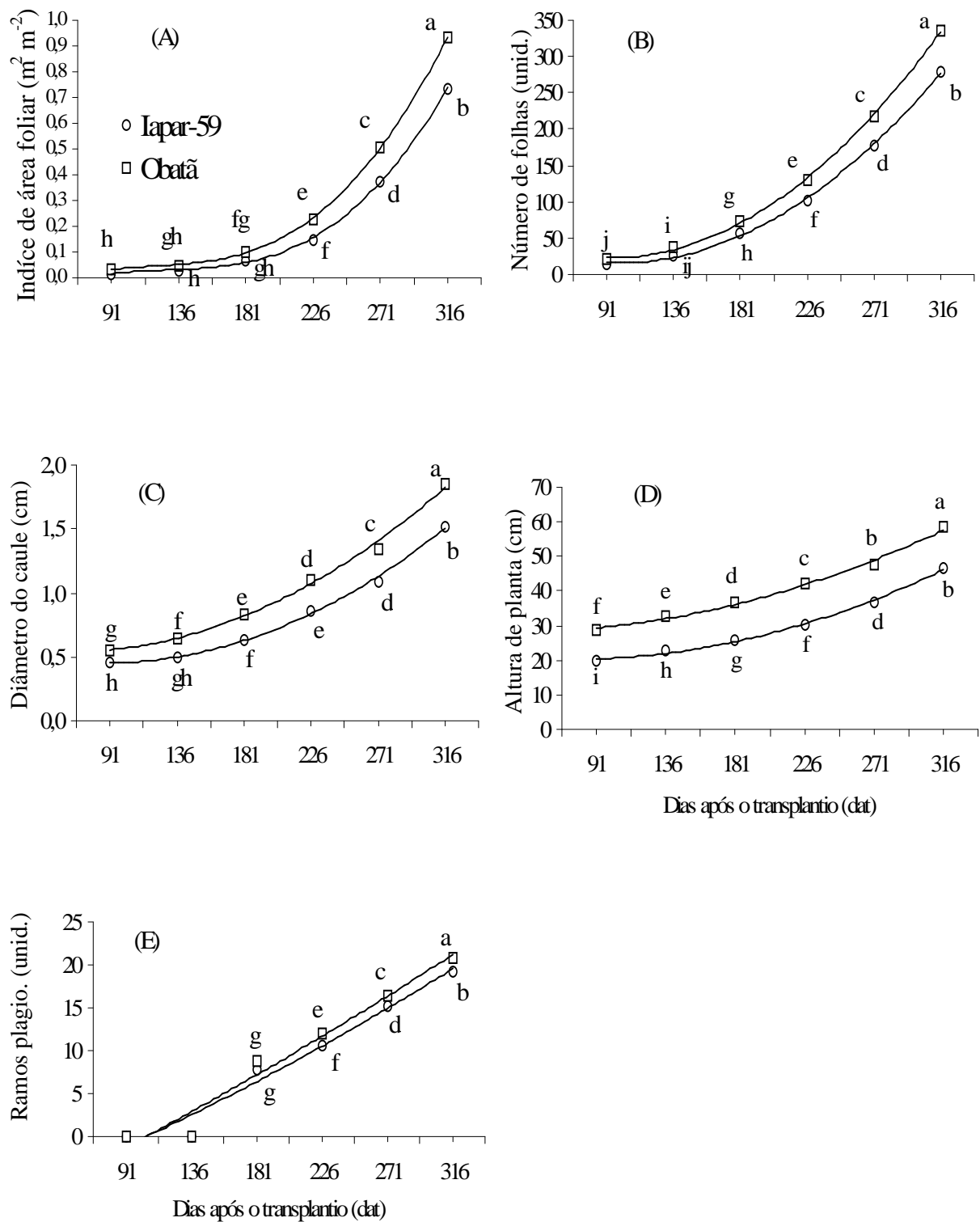


Figura 6. Valores médios observados e ajustados de variáveis de crescimento, para ambos os regimes hídricos estudados, em função das cultivares IAPAR-59 e Obatã e interação com a época de avaliação, no período de 91 (20/06/02) a 316 dat (05/02/03). Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

ANEXOS

Anexo A – Análise de variância das variáveis estudadas segundo o delineamento proposto.

Tabela 2. Análise de variância da variável **índice de área foliar** por planta do cafeeiro.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Prob
Blocos	5	0,090	0,018	1,0156	0,4346
Irrigação (A)	4	1,276	0,319	17,9784	0,0000
Resíduo	20	0,355	0,018		
Cultivar (B)	1	0,584	0,584	32,7471	0,0000
Interação AxB	4	0,081	0,020	1,1325	0,3639
Resíduo	25	0,446	0,018		
Época	5	30,278	6,056	1479,5370	0,0000
Interação AxC	20	1,269	0,063	15,5077	0,0000
Interação BxC	5	0,396	0,079	19,3723	0,0000
Interação AxBxC	20	0,080	0,004	0,9832	
Resíduo	250	1,023	0,004		
Total	359	35,880			
Coeficiente de variação: 23,78%					

Tabela 3. Análise de variância da variável **número de folhas** por planta do cafeeiro.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Blocos	5	6795,158	1359,032	0,5303	
Irrigação (A)	4	127422,694	31855,674	12,4298	0,0000
Resíduo	20	51257,106	2562,855		
Cultivar (B)	1	64614,803	64614,803	24,2956	0,0000
Interação AxB	4	2403,961	600,990	0,2260	
Resíduo	25	66488,153	2659,526		
Época	5	3758883,858	751776,772	2315,4272	0,0000
Interação AxC	20	94124,572	4706,229	14,4949	0,0000
Interação BxC	5	27860,614	5572,123	17,1618	0,0000
Interação AxBxC	20	2031,039	101,552	0,3128	
Resíduo	250	81170,417	324,682		
Total	359	4283052,375			
Coeficiente de variação: 14,72%					

Tabela 4. Análise de variância da variável **altura da planta** do cafeeiro.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Prob
Blocos	5	746,799	149,360	4,6303	0,0057
Irrigação (A)	4	2315,947	578,987	17,9490	0,0000
Resíduo	20	645,146	32,257		
Cultivar (B)	1	10221,023	10221,023	298,8551	0,0000
Interação AxB	4	157,596	39,399	1,1520	0,3555
Resíduo	25	855,015	34,201		
Época	5	32318,860	6463,772	1648,5953	0,0000
Interação AxC	20	1039,563	51,978	13,2571	0,0000
Interação BxC	5	87,614	17,523	4,4692	0,0006
Interação AxBxC	20	53,731	2,687	0,6852	
Resíduo	250	980,194	3,921		
Total	359	49421,486			
Coeficiente de variação:	5,56%				

Tabela 5. Análise de variância da variável **diâmetro do caule** do cafeeiro.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Blocos	5	0,529	0,106	3,1388	0,0298
Irrigação (A)	4	3,453	0,863	25,6169	0,0000
Resíduo	20	0,674	0,034		
Cultivar (B)	1	4,036	4,036	106,5445	0,0000
Interação AxB	4	0,171	0,043	1,1293	0,3653
Resíduo	25	0,947	0,038		
Época	5	60,305	12,061	2248,6935	0,0000
Interação AxC	20	1,469	0,073	13,6929	0,0000
Interação BxC	5	0,503	0,101	18,7718	0,0000
Interação AxBxC	20	0,077	0,004	0,7200	
Resíduo	250	1,341	0,005		
Total	359	73,505			
Coeficiente de variação:	7,73%				

Tabela 6. Análise de variância da variável **número de ramos plagiotrópicos** por planta do cafeeiro.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Prob.
Blocos	5	31,092	6,218	0,7371	
Irrigação (A)	4	230,039	57,510	6,8169	0,0012
Resíduo	20	168,728	8,436		
Cultivar (B)	1	68,469	68,469	8,3846	0,0077
Interação AxB	4	11,794	2,949	0,3611	
Resíduo	25	204,153	8,166		
Época	5	20098,192	4019,638	2829,1816	0,0000
Interação AxC	20	173,794	8,690	6,1162	0,0000
Interação BxC	5	38,881	7,776	5,4731	0,0001
Interação AxBxC	20	20,439	1,022	0,7193	
Resíduo	250	355,194	1,421		
Total	359	21400,775			
Coeficiente de variação:	12,92%				

Anexo B – Comparação entre médias das interações tratamentos, cultivares e épocas.

Tabela 7. Médias das variáveis de crescimento inicial do cafeeiro, com irrigação e sem irrigação, duas cultivares e seis períodos de avaliação (91 a 316 dat).

	Sem Irrigação	Com Irrigação	Relação(%) ⁽²⁾
Ind. de área foliar (m ² .m ⁻²)	0,15 b ⁽¹⁾	0,29 a	93
Altura de planta (cm)	30,6 b	36,8 a	20
Diâmetro do caule (cm)	0,75 b	0,99 a	32
Número de folhas (unidade)	85,6 b	131,6 a	53
Número de ramos (unidade)	7,6 b	9,6 a	26

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

⁽²⁾ Relação de crescimentos com irrigação e sem irrigação (considerado 100%).

Tabela 8. Comparação entre médias para **índice de área foliar** por planta do cafeeiro, em m².m⁻², para a interação tratamento de irrigação versus época de avaliação, em dias após o transplântio (dat).

Tratamentos	Data das avaliações e dias após o transplântio					
	20/06/02 91 dat	05/08/02 136 dat	20/09/02 181 dat	05/11/02 226 dat	20/12/02 271 dat	05/02/03 316 dat
20 kPa	0,0237 e ⁽¹⁾	0,0426 e	0,0946 e	0,1988 cd	0,4710 b	0,8913 a
40 kPa	0,0250 e	0,0450 e	0,1045 de	0,2300 c	0,5209 b	0,9365 a
60 kPa	0,0249 e	0,0454 e	0,1066 de	0,2229 c	0,4904 b	0,9726 a
Irrigas	0,0235 e	0,0385 e	0,0883 e	0,2007 cd	0,4858 b	0,8747 a
Sem irrigação	0,0233 e	0,0218 e	0,0330 e	0,0890 e	0,2381 c	0,5061 b

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 9. Comparação entre médias para **índice de área foliar** por planta do cafeeiro, em $m^2.m^{-2}$, para a interação cultivar versus época de avaliação, em dias após o transplântio (dat).

Cultivar	Data das avaliações e dias após o transplântio					
	20/06/02	05/08/02	20/09/02	05/11/02	20/12/02	05/02/03
	91 dat	136 dat	181 dat	226 dat	271 dat	316 dat
IAPAR - 59	0,0159 h ⁽¹⁾	0,0281 h	0,0676 gh	0,1488 f	0,3754 d	0,7365 b
Obatã	0,0323 h	0,0493 gh	0,1032 fg	0,2278 e	0,5071 c	0,9360 a

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 10. Comparação entre médias do **número de folhas** por planta do cafeeiro, para a interação regime hídrico versus época de avaliação, em dias após o transplântio (dat).

Tratamentos	Data das avaliações e dias após o transplântio					
	20/06/02	05/08/02	20/09/02	05/11/02	20/12/02	05/02/03
	91 dat	136 dat	181 dat	226 dat	271 dat	316 dat
20 kPa	15,92 f ⁽¹⁾	32,33 ef	66,67 d	117,9 c	202,3 b	321,6 a
40 kPa	17,33 f	24,00 ef	70,92 d	132,1 c	214,7 b	326,3 a
60 kPa	18,08 f	36,58 ef	75,58 d	131,6 c	222,8 b	345,3 a
Irrigas	15,08 f	32,75 ef	65,92 d	121,8 c	212,3 b	327,7 a
Sem irrigação	16,83 f	22,42 ef	47,50 de	75,25 d	134,6 c	217,2 b

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 11. Comparação entre médias do **número de folhas** por planta do cafeeiro para a interação cultivar versus época de avaliação, em dias após o transplântio (dat).

Cultivar	Data das avaliações e dias após o transplântio					
	20/06/02	05/08/02	20/09/02	05/11/02	20/12/02	05/02/03
	91 dat	136 dat	181 dat	226 dat	271 dat	316 dat
IAPAR - 59	13,13 j ⁽¹⁾	26,50 ij	56,70 h	101,00 f	177,50 d	279,00 b
Obatã	20,17 j	36,73 i	73,93 g	130,40 e	217,10 c	336,30 a

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 12. Comparação entre médias da **altura da planta** do cafeeiro, em cm, para a interação regime hídrico versus época de avaliação, em dias após o transplantio (dat).

Tratamentos	Data das avaliações e dias após o transplantio.					
	20/06/02 91 dat	05/08/02 136 dat	20/09/02 181 dat	05/11/02 226 dat	20/12/02 271 dat	05/02/03 316 dat
20 kPa	24,49 hi ⁽¹⁾	27,90 fgh	31,82 de	37,47 c	44,07 b	54,55 a
40 kPa	23,83 i	28,16 fg	32,44 de	37,67 c	44,22 b	55,44 a
60 kPa	25,27 ghi	29,00 ef	32,48 de	37,83 c	44,00 b	56,42 a
Irrigas	24,45 hi	27,61 fgh	31,66 de	36,61 c	43,34 b	54,49 a
Sem irrigação	23,62 i	25,47 ghi	27,45 fgh	30,70 ef	34,68 cd	41,74 b

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 13. Comparação entre médias de **altura da planta** do cafeeiro, em cm, para a interação cultivar versus época de avaliação, em dias após o transplantio (dat).

Cultivar	Data das avaliações e dias após o transplantio					
	20/06/02 91 dat	05/08/02 136 dat	20/09/02 181 dat	05/11/02 226 dat	20/12/02 271 dat	05/02/03 316 dat
IAPAR - 59	19,86 i ⁽¹⁾	22,67 h	25,81 g	30,15 f	36,62 d	46,70 b
Obatã	28,81 f	32,58 e	36,53 d	41,96 c	47,51 b	58,35 a

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 14. Comparação entre médias do **diâmetro do caule** do cafeeiro, em cm, para a interação regime hídrico versus época de avaliação, em dias após o transplantio (dat).

Tratamentos	Data das avaliações e dias após o transplantio					
	20/06/02 91 dat	05/08/02 136 dat	20/09/02 181 dat	05/11/02 226 dat	20/12/02 271 dat	05/02/03 316 dat
20 kPa	0,496 g ⁽¹⁾	0,577 fg	0,765 e	1,043 c	1,263 b	1,742 a
40 kPa	0,502 g	0,588 fg	0,781 e	1,085 c	1,320 b	1,778 a
60 kPa	0,523 g	0,585 fg	0,781 e	1,068 c	1,312 b	1,814 a
Irrigas	0,500 g	0,572 g	0,761 e	1,035 c	1,276 b	1,736 a
Sem irrigação	0,485 g	0,515 g	0,575 g	0,690 ef	0,905 d	1,352 b

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 15. Comparação entre médias do **diâmetro do caule** do cafeeiro, em cm, para a interação cultivar versus época de avaliação, em dias após o transplântio (dat).

Cultivar	Data das avaliações e dias após o transplântio					
	20/06/02	05/08/02	20/09/02	05/11/02	20/12/02	05/02/03
	91 dat	136 dat	181 dat	226 dat	271 dat	316 dat
IAPAR - 59	0,453 h ⁽¹⁾	0,494 gh	0,634 f	0,862 e	1,085 d	1,522 b
Obatã	0,550 g	0,641 f	0,832 e	1,106 d	1,345 c	1,847 a

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 16. Comparação entre médias do **número de ramos plagiotrópicos** por planta de cafeeiro, para a interação regime hídrico versus época de avaliação, em dias após o transplântio (dat).

Tratamentos	Data das avaliações e dias após o transplântio					
	20/06/02	05/08/02	20/09/02	05/11/02	20/12/02	05/02/03
	91 dat	136 dat	181 dat	226 dat	271 dat	316 dat
20 kPa	0,00 h ⁽¹⁾	0,00 h	8,250 fg	11,170 de	15,580 b	20,420 a
40 kPa	0,00 h	0,00 h	8,583 fg	12,000 cd	16,750 b	21,250 a
60 kPa	0,00 h	0,00 h	8,750 fg	12,250 cd	16,500 b	21,500 a
Irrigas	0,00 h	0,00 h	8,583 fg	11,67 cd	16,830 b	20,580 a
Sem irrigação	0,00 h	0,00 h	7,167 g	9,333 ef	13,170 c	16,420 b

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 17. Comparação entre médias do **número de ramos plagiotrópicos** por planta de cafeeiro, para a interação cultivar versus época de avaliação, em dias após o transplântio (dat).

Cultivar	Data das avaliações e dias após o transplântio					
	20/06/02	05/08/02	20/09/02	05/11/02	20/12/02	05/02/03
	91 dat	136 dat	181 dat	226 dat	271 dat	316 dat
IAPAR - 59	0,000 h ⁽¹⁾	0,000 h	7,767 g	10,600 f	15,200 d	19,170 b
Obatã	0,000 h	0,000 h	8,767 g	11,970 e	16,330 c	20,900 a

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Anexo C – Equações ajustadas para os parâmetros de crescimento com as interações.

Tabela 18. Equações das variáveis de crescimento (y) em função do tempo (x), em dias após o transplântio⁽¹⁾ (dat) para a interação regime hídrico versus época de avaliação.

Parâmetros ⁽²⁾	Regime hídrico	Equações	R ²
IAF (m ² .m ⁻²)	irrigado	$Y = -0,0008x^4 + 0,0193x^3 - 0,0857x^2 + 0,1577x - 0,0669$	0,999
	sem irrigação	$Y = -0,0001x^4 + 0,008x^3 - 0,0402x^2 + 0,0658x - 0,0103$	1,000
NF (unid.)	irrigado	$Y = 12,629x^2 - 26,429x + 32,114$	0,999
	sem irrigação	$Y = 9,3237x^2 - 26,234x + 36,041$	0,996
AP (cm)	irrigado	$Y = 0,8682x^2 - 0,1892x + 24,378$	0,995
	sem irrigação	$Y = 0,608x^2 - 0,7854x + 24,137$	0,995
DC (cm)	irrigado	$Y = 0,0388x^2 - 0,022x + 0,4852$	0,995
	sem irrigação	$Y = 0,0484x^2 - 0,178x + 0,6435$	0,986
NRP (unid.)	irrigado	$Y = 0,1253x^2 + 3,6133x - 4,9359$	0,968
	sem irrigação	$Y = 0,0523x^2 + 3,1702x - 4,2076$	0,962

⁽¹⁾ Os valores dos dias após o transplântio devem estar no intervalo de $91 \leq x \leq 316$.

⁽²⁾ IAF (Índice de área foliar); NF (Número de folhas); AP (Altura de planta); DC (Diâmetro do caule); NRP (Número de ramos plagiotrópicos).

Tabela 19. Equações dos parâmetros de crescimento (y) em função do tempo (x), em dias após o transplântio⁽¹⁾ (dat) para a interação cultivar versus época de avaliação.

Parâmetros ⁽²⁾	Regime hídrico	Equações	R ²
IAF(m ² .m ⁻²)	IAPAR-59	$Y = -0,0008x^4 + 0,0189x^3 - 0,0805x^2 + 0,1416x - 0,0475$	0,999
	Obatã	$Y = -0,0005x^4 + 0,0152x^3 - 0,073x^2 + 0,1374x - 0,064$	0,999
NF (unid.)	IAPAR-59	$Y = 12,7x^2 - 26,665x + 36,482$	0,999
	Obatã	$Y = 11,176x^2 - 26,041x + 30,615$	0,998
AP (cm)	IAPAR-59	$Y = 0,7455x^2 + 0,4361x + 28,123$	0,994
	Obatã	$Y = 0,887x^2 - 1,0547x + 20,541$	0,995
DC (cm)	IAPAR-59	$Y = 0,0401x^2 - 0,0274x + 0,5409$	0,995
	Obatã	$Y = 0,0413x^2 - 0,0791x + 0,4924$	0,996
NRP (unid.)	IAPAR-59	$Y = 0,0932x^2 + 3,8242x - 5,1378$	0,965
	Obatã	$Y = 0,1283x^2 + 3,2246x - 4,4418$	0,968

⁽¹⁾ Os valores dos dias após o transplântio devem estar no intervalo de $91 \leq x \leq 316$.

⁽²⁾ IAF (Índice de área foliar); NF (Número de folhas); AP (Altura de planta); DC (Diâmetro do caule); NRP (Número de ramos plagiotrópicos).