



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

**RESPOSTAS DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.)
A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E
FERTIRRIGAÇÃO**

MARIA EMÍLIA BORGES ALVES

1999

48476

MTN/33633

MARIA EMÍLIA BORGES ALVES

**RESPOSTAS DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) A DIFERENTES
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração Irrigação e Drenagem, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Manoel Alves de Faria

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

1999

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

Alves, Maria Emília Borges

Respostas do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) a diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação / Maria Emília Borges Alves. -- Lavras : UFLA, 1999.
94 p. : il.

Orientador: Manuel Alves de Faria.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Café. 2. Irrigação. 3. Fertirrigação. 4. Produtividade. 5. Crescimento. 6. Época de irrigação. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.7387

MARIA EMÍLIA BORGES ALVES

**RESPOSTAS DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) À DIFERENTES
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração Irrigação e Drenagem, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 12 de novembro de 1999

Prof. Rubens José Guimarães

UFLA

Prof. Elio Lemos da Silva

UFLA


Prof. Manoel Alves de Faria
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

Ao meu querido pai Vicente.

A minha mãe Maria Célia (in memorian), sempre tão presente.

**Aos meus queridos irmãos Giovanni, Celso, Aldo, Maria Cristina, Lilian e
Victor, cunhadas, cunhado e sobrinhos.**

Ao meu amigo Marco César, que nos deixou no meio da caminhada.

Ofereço e dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por proporcionar a maravilhosa oportunidade de viver sob sua luz e guia.

À Universidade Federal de Lavras, que me acolheu.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), juntamente com o Consórcio Brasileiro de Pesquisa & Desenvolvimento do Café (CBP&DC), que financiaram este trabalho.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela concessão de bolsa de estudo.

Ao Prof. Manoel Alves de Faria, pela orientação, amizade e apoio prestados ao longo deste trabalho.

Aos membros da banca: Prof. Elio Lemos da Silva e Prof. Rubens José Guimarães, que, juntamente com o Prof. Joel Augusto Muniz, Prof. Antônio Marciano, Dr. Paulo Gontijo, e a Engenheira Agrícola Fátima Conceição Rezende, tanto contribuíram para o bom êxito deste trabalho.

Ao Wagner, Luiz Alexandre, Adriano, Eliézer, Ataulpa e outros tantos colegas que de uma forma ou de outra auxiliaram neste trabalho, tornando possível sua execução.

Ao Sr. "Berg", José Luiz, "Nenem" e demais funcionários do Departamento de Engenharia da UFLA, sempre prestativos.

Aos funcionários do Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura, pelo auxílio nas atividades de campo.

Aos colegas do curso, pelo companheirismo.

À amiga Márcia, pela companhia e amizade.

E, finalmente, aos meus familiares, pelo carinho, apoio e incentivo.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Irrigação do cafeeiro.....	4
2.2 Crescimento e produtividade do cafeeiro irrigado.....	6
2.3 Manejo da irrigação.....	8
2.4 Irrigação por gotejamento.....	13
2.5 Fertirrigação e nutrição do cafeeiro.....	15
2.6 A cultivar Acaia MG-1474.....	18
2.7 Colheita e secagem do café.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Área experimental.....	21
3.2 Cultura.....	21
3.3 Delineamento experimental.....	22
3.4 Parâmetros avaliados.....	24
3.5 Sistema e manejo da irrigação.....	25
3.6 Fertirrigação.....	29
3.7 Monitoramento da umidade.....	29
3.8 Produtividade.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 Dotação hídrica e monitoramento da umidade.....	33
4.2 Parâmetros de crescimento da cultura.....	40
4.2.1 Diâmetro do caule.....	41
4.2.2 Altura da planta.....	44

4.2.3 Diâmetro da copa.....	46
4.2.4 Número de ramos plagiotrópicos.....	48
4.2.5 Comprimento do primeiro ramo plagiotrópico.....	49
4.2.6 Número de ramificações no primeiro ramo plagiotrópico.....	55
4.2.7 Número de internódios.....	57
4.3 Distribuição de potássio no solo.....	59
4.4 Teores de nutrientes na folha.....	64
4.5 Produtividade.....	67
4.6 Épocas de Irrigação.....	70
4.6.1 Parâmetros de crescimento da cultura e produtividade.....	70
4.6.2 Distribuição de potássio no solo e conteúdo de nutrientes na folha.....	73
4.7 Considerações gerais.....	76
5 CONCLUSÕES.....	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
ANEXOS.....	88

RESUMO

ALVES, Maria Emilia Borges. Respostas do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) a diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação. Lavras: UFLA, 1999. 94p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Agrícola)*

Com os objetivos de avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação no crescimento e produtividade da cultura do cafeeiro e avaliar diferentes números de parcelamentos para aplicação de fertilizantes via água de irrigação, instalou-se em Lavras, MG, nas dependências da UFLA, um experimento com cafeeiro Acaia MG-1474. Foram testadas 5 diferentes lâminas de irrigação e 3 diferentes parcelamentos de adubação. As lâminas aplicadas correspondiam a percentuais da evaporação do tanque Classe A (ECA), sendo 0%, 100%, 80%, 60% e 40%, correspondendo, respectivamente, aos tratamentos L₀, L₁, L₂, L₃ e L₄. A adubação foi feita em 3, 6 e 9 parcelamentos, no período tradicional de adubação do cafeeiro. Foram avaliados parâmetros de crescimento da planta e a produtividade (safra 98/99). Dentre os parâmetros de crescimento, somente o diâmetro do caule, diâmetro da copa, comprimento do 1º ramo plagiotrópico e nº de ramificações no 1º ramo plagiotrópico sofreram efeitos significativos de lâmina. Para os três primeiros, a lâmina que proporcionou maior incremento foi L₁, enquanto para o último, o efeito das lâminas foi inverso, quanto maior a lâmina, menor o nº de ramificações. A produtividade obteve incrementos de 54,90%, 26,09%, 33,11% e 25,19%, para as lâminas L₁, L₂, L₃ e L₄, respectivamente, quando comparadas à testemunha L₀. Os parcelamentos de adubação somente apresentaram efeito significativo para o comprimento do 1º ramo plagiotrópico, sendo que a adubação feita em 3 parcelamentos foi a que surtiu melhor resultado. A interação Lâmina x Parcelamento foi significativa para alguns parâmetros de crescimento, porém estes resultados não apresentaram uma tendência comum que permitisse constatar qual o tratamento mais indicado para a condução do cafeeiro. Foi feito, ainda, o acompanhamento dos conteúdos de nutrientes no solo e na folha e o monitoramento da umidade do solo com o uso de tensiômetros.

* Comitê Orientador: Manoel Alves de Faria – UFLA (Orientador), Rubens José Guimarães – UFLA, Joel Augusto Muniz - UFLA.

ABSTRACT

ALVES, Maria Emilia Borges. Responses of the coffee trees (*Coffea arabica* L.) under different irrigation water depths and fertigation. Lavras: UFLA, 94p. (Dissertation – Master in Agricultural Engineering).*

This work was carried out with purpose to evaluate the effects of irrigation on coffee crop growing and productivity. It was also studied the application of fertilizers, parceled in three times, through irrigation water. The experimental area was installed in the city of Lavras-MG, Brazil, at UFLA. It was planted the cultivar "Acaia MG-1474". The irrigation management was done by applying 100 %, 80 %, 60 %, 40% and 0 % of the cumulative evaporation measured by USWS class A pan, characterizing the water depths L_1 , L_2 , L_3 , L_4 and L_0 , respectively. The fertilization was done in 3, 6 and 9 times, in the traditional period of coffee crop fertilization. There were evaluated crop growing characteristics and crop productivity (98/99 harvest). The obtained data so far allowed a statistics analysis evidencing a significant effect of the different treatments of water depth on the following plant characteristics: stalk diameter, crown diameter, first branch length and number of twigs from the first branch. The water depth that allowed the best development on the three first characteristics was L_1 (100 % of the cumulative pan evaporation), while for the last characteristic, the water depth effect was inverse, as bigger the water depth, smaller the number of twigs. The crop productivity increased 54.90 %, 26.09 %, 33.1 % and 25.19 % for water depth L_1 , L_2 , L_3 and L_4 , respectively, when they were compared with L_0 . The effect of fertilizer splitting was significant for first branch length only with the three times application achieving the highest effect. The interaction between irrigation water depth and fertilizer splitting was significant for some characteristics, but the results didn't show a common tendency. Therefore, it was not possible indicate the best treatment for crop coffee conduction. It also monitored the contents of nutrients in the soil and leaf, and the soil moisture content.

* Guidance Committee: Manoel Alves de Faria – UFLA (Major Professor), Rubens José Guimarães – UFLA, Joel Augusto Muniz – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o país maior produtor mundial de café, sendo que a exportação deste produto representa uma significativa fonte de divisas para o país. Em 1997, a exportação de café correspondeu a aproximadamente 6% do total das exportações brasileiras (Anuário..., 1998). Segundo Moricochi, Martin e Vegro (1997), o café movimenta atualmente mais de US\$40 bilhões no mercado mundial, sendo uma importante atividade para a geração de emprego e renda em muitos países. Estima-se que mais de 20 milhões de pessoas no mundo dependem diretamente desta atividade para sua sobrevivência econômica. O café foi para o Brasil e ainda é para várias de suas regiões produtoras a força propulsora do desenvolvimento sócio-econômico, produzindo e distribuindo riquezas, além de ter grande capacidade geradora de empregos e de ser importante fator de fixação de mão-de-obra na zona rural. No Brasil, para cada hectare de café plantado, são gerados aproximadamente 2,3 empregos diretos e, pelo menos, 4 indiretos (Mendes e Guimarães, 1997).

Os produtores têm adotado novas tecnologias de condução e manejo da lavoura, como o adensamento, a mecanização, inclusive da colheita, e a irrigação e fertirrigação, a fim de aumentar a produtividade e, conseqüentemente, a margem de lucro.

A irrigação do cafeeiro surgiu com o avanço desta cultura para as regiões consideradas marginais ao seu cultivo quanto às necessidades hídricas, como, por exemplo, as regiões de cerrado, entre elas o Triângulo Mineiro e o Oeste Baiano. Nestas regiões a cafeicultura só é viável quando irrigada, e desta maneira, vale ressaltar, têm-se alcançado elevadas produtividades e produto de alta qualidade.

Nas regiões consideradas aptas à cafeicultura, tradicionalmente produtoras como o sul de Minas Gerais, a ocorrência de estiagens prolongadas

(veranicos) nas fases críticas de demanda de água pela cultura tem promovido uma redução significativa na produção. Este fato, juntamente com o desejo de se obter altas produtividades, tem provocado o interesse de técnicos e produtores no que diz respeito a irrigação de lavouras de café no Sul de Minas. A necessidade, o quanto, quando e como irrigar, bem como a viabilidade econômica da adoção desta técnica, são dúvidas que têm surgido com relativa frequência.

A adoção da irrigação, além de garantir um suprimento adequado de água à planta, é também um veículo prático para a aplicação de fertilizantes e defensivos – a quimigação. Porém, observa-se que seus efeitos benéficos podem não ser manifestados devido ao manejo inadequado.

Na região do cerrado, a irrigação e a fertirrigação são técnicas adotadas sistematicamente pelos produtores, no entanto não existem critérios definidos no sentido de orientar os usuários destas técnicas quanto ao seu manejo. A literatura apresenta poucas informações sobre o assunto. Dados referentes ao uso consuntivo de água pela cultura em suas fases fenológicas são escassos, o que leva ao uso inadequado da irrigação, podendo gerar, não só sua inviabilidade econômica, como também a degradação de recursos naturais com o possível uso excessivo de água e energia.

Diante deste quadro e do crescente uso da irrigação nas lavouras de café, nota-se a necessidade de desenvolver pesquisas que identifiquem a demanda de água pela cultura, e assim apresentar propostas para um manejo adequado da irrigação e da quimigação.

Considerando-se as hipóteses de que a adoção da irrigação promoverá melhor desenvolvimento da cultura assegurando elevados níveis de produtividade, e que a aplicação de fertilizantes via água de irrigação aumenta a eficiência dos produtos, este trabalho teve por objetivo:

- avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação no crescimento e produtividade da cultura;
- avaliar diferentes parcelamentos para aplicação de fertilizantes via água de irrigação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Irrigação do cafeeiro

A irrigação não é, ainda, uma prática recomendada extensivamente para as regiões zoneadas como climaticamente aptas à cafeicultura no centro-sul do País. Porém, vastas áreas de cerrado em Minas Gerais, consideradas marginais, quanto ao déficit hídrico, apresentam excelentes características edafoclimáticas que permitem a exploração da cafeicultura. No entanto, há necessidade de adotar a irrigação nessas regiões. Por outro lado, regiões climaticamente aptas para o cultivo de café vêm sofrendo o efeito de estiagens prolongadas nos períodos críticos de demanda de água pelo cafeeiro, promovendo queda de produção em várias lavouras na região Sul de Minas.

Já na década de 40, os estudiosos da cultura do café no Brasil observaram a existência de uma correlação positiva entre as produções dos cafezais e a precipitação ocorrida nos cinco meses mais secos, geralmente de maio a setembro. Quando esta precipitação não atingia um total de 200 mm a produção pode ser prejudicada (Lazzarini, 1952).

Segundo Matiello (1991), a deficiência hídrica é prejudicial ao cafeeiro, principalmente na fase de frutificação, onde a irrigação passa a ser necessária. Nessas condições, a utilização da irrigação tem resultado em bom retorno, com aumentos significativos de produção.

De acordo com Miguel, Reis e Matiello (1993), na região centro-sul do Brasil os cafeeiros exibem um ciclo fenológico bem definido, com abotoamento no outono/inverno, florescimento na primavera, frutificação no verão e maturação no outono. Uma vez que a estação chuvosa, nestas regiões, ocorre na

primavera/verão e seca no inverno, o período de vegetação e frutificação coincide com uma boa disponibilidade de água no solo.

A ocorrência de estiagens ocasionais e deficiências hídricas acentuadas na fase de frutificação ou expansão, afeta o crescimento dos grãos; se ocorrerem na fase de granação, quando os frutos estão se solidificando internamente, eles poderão ficar chochos ou mal granados (Camargo, 1989).

Apesar da região Sul de Minas se encontrar dentro do zoneamento ecológico adequado para a cultura do café, a ocorrência de veranicos tem causado efeitos negativos no rendimento do café.

Perón e Castro Neto, citados por Castro Neto e Vilela (1986), constataram, na região de Lavras-MG, a ocorrência de veranico, com grande frequência, na segunda quinzena de outubro e primeira quinzena de novembro, sendo que, em média, ocorre, anualmente, um veranico com duração igual ou maior que 12 dias.

Foi observado em Varginha-MG, no ano de 1984, quando os meses de janeiro, fevereiro e março apresentaram baixas precipitações pluviométricas e temperaturas médias elevadas, a incidência de frutos chochos variando de 25 a 40%, sendo que, em anos normais de chuva, este índice fica em torno de 10% (Freire e Miguel, 1984).

Vários autores verificaram o efeito positivo da irrigação no crescimento (Matiello e Dantas, 1987; Gervásio, 1998) e na produção do cafeeiro (Araújo, 1982; Reis, Miguel e Oliveira, 1990; Santinato, Lessi e Yamada, 1996).

[Por se tratar de uma prática nova na cafeicultura, a irrigação deve ser estudada de forma detalhada, em termos de dimensionamento, manejo e desenvolvimento da cultura (Fernandes et al., 1998).]

Há que se ressaltar que a irrigação do cafeeiro vem ocorrendo, na maioria dos casos, sem a utilização de técnicas adequadas de manejo. Isto se

deve à quase inexistência de informações a respeito, evidenciando a necessidade de pesquisas na área em questão.

2.2 Crescimento e produtividade do cafeeiro irrigado

Durante muito tempo não se considerou a cultura do cafeeiro como dependente da irrigação para produzir, pois a área de cultivo não abrangia regiões com deficiências hídricas mais severas. [Devido à expansão da cafeicultura fala-se, atualmente, em níveis de produtividade, observando-se as exigências hídricas, da mesma forma que as exigências nutricionais, dependendo dos níveis de produtividade desejado. Assim, a irrigação tem ganhado importância na cafeicultura, principalmente em áreas com estação seca bem definida, como é o caso do cerrado brasileiro, que compreende diversos Estados do País (Santos et al., 1998). E não só nestas regiões a cafeicultura irrigada tem ganhado espaço. Hoje se fala, nas regiões tradicionalmente produtoras de café, como o Sul de Minas Gerais, em aumento de produtividade através da irrigação, redução de riscos advindos de secas ocasionais e no uso cada vez maior de novas tecnologias de produção.]

A produtividade média dos cafeeiros do Sul e Oeste de Minas Gerais, nos anos de 1994, 1995 e 1996, foi de 15,7 sc/ha. E, em todo o Estado, considerando as regiões cafeeiras da Zona da Mata, Jequitinhonha, Noroeste Mineiro, Alto Paranaíba e Triângulo, e as regiões Sul e Oeste de Minas, a produtividade média, nestes anos, ficou em 14,9 sc/há (sacas por hectare). Estes níveis se encontram dentro de uma faixa regular de produtividade (10-20 sc/ha), sendo considerados bons níveis quando a produtividade é superior a 20 sc/ha (Ministério..., 1996).

[A irrigação do cafeeiro bem como as pesquisas nesta área são muito recentes. Pouco se sabe a respeito dos efeitos desta prática sobre o crescimento e

a produtividade da cultura. A quantidade de água a ser aplicada e as épocas em que os cafeeiros devem ser irrigados são, também, objetos de discussão.

Gopal e Visveswara (1971) constataram que secas prolongadas e chuvas inadequadas determinam um retardamento no desenvolvimento normal do cafeeiro.

Gervásio (1998), trabalhando com cafeeiro "Icatu" em casa de vegetação, em Lavras-MG, constatou que, na fase inicial de formação do cafeeiro, o aumento da umidade do solo acelerou o desenvolvimento da planta.

Uma diferença significativa entre os valores de diâmetro de caule obtidos nos tratamentos com e sem irrigação, onde os irrigados foram bastante superiores aos cafeeiros não irrigados, foi encontrada por Snoeck (1977). Fato semelhante foi detectado por Araújo (1982), analisando os valores médios de diâmetro de copa e de caule, em que os tratamentos irrigados apresentaram em média valores superiores àqueles sem irrigação.

Faria e Siqueira (1988) constataram que a irrigação promoveu efeito sobre o crescimento do cafeeiro somente nos primeiros 18 meses de diferenciação dos tratamentos com e sem irrigação, ocorrendo maior incremento do parâmetro altura da planta. Acredita-se que, a partir desta fase, o maior aprofundamento das raízes permitiu a absorção de água a maiores profundidades, eliminando o efeito dos tratamentos.

Awatramani, Matheus e Mathew (1973), afirmam que a irrigação determina um aumento do número de nós por ramo, e conseqüentemente, o aumento da produção.

A produtividade do cafeeiro é particularmente sensível ao estresse hídrico durante os estádios fenológicos do início do florescimento e formação do grão (Picini, 1998). Em contrapartida, Rena e Maestri (1986) afirmam que o efeito do déficit hídrico na planta sobre a iniciação floral não tem sido investigado sistematicamente e tem sido mesmo difícil correlacionar os dois

fenômenos por meio de observações fenológicas. Afirmam, ainda, que a floração depende estreitamente do crescimento de ramos laterais, especialmente os primários.

Comparando tratamentos irrigados e não irrigados aplicados à lavoura da variedade "Catuaí", em Pernambuco, Matiello e Dantas (1987), constataram que os parâmetros de produção e crescimento da parte aérea (diâmetro de copa e altura da planta) foram bastante superiores nos cafeeiros irrigados, com acréscimo de 49% na produtividade, 41% no diâmetro de copa e 39% na altura das plantas. Kobayashi e Nagao (1986), também observaram um incremento na altura das plantas à medida que aumentou o nível de irrigação.

Santinato, Lessi e Yamada (1996), constataram em ensaio realizado em Planaltina de Goiás - GO com cafeeiro Mundo Novo, que a irrigação durante todo o ano elevou a produtividade em 23% em relação à irrigação no período seco, e em 48% em relação ao tratamento sem irrigação. A provocação do estresse hídrico próximo à florada (setembro ou agosto/setembro) ou no período de diferenciação floral (abril ou abril/maio) foi prejudicial à produção nos dois tipos de irrigação (anual ou período seco).

2.3 Manejo da irrigação

O limite superior de produção de uma cultura é determinado pelas condições climáticas e seu potencial genético. Até que ponto pode-se alcançar esse limite dependerá sempre da precisão com que os aspectos de engenharia de suprimento de água estiverem em consonância com as necessidades biológicas na produção da cultura. Portanto, a utilização eficiente da água na produção das culturas só poderá ser alcançada quando o planejamento, o projeto e a operação de suprimento de água e do sistema de distribuição estiverem orientados com o propósito de atender, em quantidade e tempo requeridos, incluindo os períodos

de escassez de água, as necessidades hídricas da cultura para ótimo crescimento e altos rendimentos (Doorenbos e Kassam, 1994).

A utilização da irrigação na agricultura brasileira, de uma maneira geral, vem ocorrendo sem um monitoramento criterioso do nível de água no solo. A ausência de um manejo adequado da água utilizada na irrigação contribui para o seu desperdício (Junqueira, Oliveira e Valadão, 1998).

Gomide (1998), ressalta que um sistema de monitoramento e controle baseado em medições, em tempo real, de parâmetros ligados ao contínuo solo-planta-atmosfera podem e devem ser usados para determinar a necessidade hídrica das culturas, e estabelecer estratégias de manejo de irrigação, visando otimizar e racionalizar a utilização da água e da energia com melhoria de produtividade das culturas. Um método que é bastante utilizado no manejo da irrigação para determinar a ET_c (evapotranspiração da cultura) a partir da E_{to} (evapotranspiração de referência) e dos coeficientes de cultura (K_c) é o do tanque Classe A. O mesmo autor, citando Doorenbos & Pruitt (1977), afirma que este método é recomendado pela FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura).

A utilização dos dados de ECA (evaporação do tanque Classe A) está vinculada ao valor do coeficiente do tanque (K_t) do qual os dados foram adquiridos. Doorenbos e Pruitt (1977), citados por Bernardo (1989), apresentaram uma tabela (Tabela 1) para determinar o K_t em função dos dados meteorológicos da região e do meio onde está instalado o tanque.

Dentre os fatores que favorecem o uso do tanque Classe A no manejo de sistemas de irrigação estão o custo relativamente baixo, possibilidade de instalação próximo a cultura a ser irrigada, facilidade de operação e boa estimativa de demanda hídrica das culturas (Andrade Júnior et al., 1998).

TABELA 1. Valores do coeficiente do tanque Classe A, em função dos dados meteorológicos da região e do meio em que ele está instalado, segundo Doorenbos e Pruitt (1977), citados por Bernardo (1989).

UR% (média)	Exposição A					Exposição B		
	Tq circundado por grama					Tq circundado por solo nu		
	Baixa < 40%	Média 40-70%	Alta > 70%			Baixa < 40%	Média 40-70%	Alta > 70%
Vento (km/dia)	Posição do tq R (m)*				Posição do tq R (m)*			
Leve < 175	1	0,55	0,65	0,75	1	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,50	0,60	0,70
Moderado 175-425	1	0,50	0,60	0,65	1	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55	0,60
Forte 425-700	1	0,45	0,50	0,60	1	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55	0,75
	100	0,60	0,65	0,75	100	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45	0,55
Muito forte > 700	1	0,40	0,45	0,50	1	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	10	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,60	1000	0,35	0,40	0,45

Obs.: Para extensas áreas de solo nu, reduzir os valores de Kt em 20%, em condições de alta temperatura e vento forte, e de 5 a 10%, em condições de temperatura, vento e umidade moderados.

*Por R(m) entende-se a menor distância (expressa em metros) do centro do tanque ao limite da bordadura (grama ou solo nu).

Fonte: Bernardo, 1989.

Outro método de manuseio relativamente simples, que tem encontrado uma certa aceitação é o tensiômetro. Segundo Junqueira, Oliveira e Valadão (1998), este já é bastante difundido na área técnica. Estes autores dizem que o monitoramento das condições de umidade do solo na profundidade desejada através da técnica da tensiometria, monitoramento da tensão de água no solo

através de tensiômetros, contribui para uma melhoria no manejo das irrigações, aumento da produtividade das culturas e permite o uso racional de água, energia e fertilizantes.

Snoeck (1977), afirma que o uso de tensiômetros permite uma economia de água bastante apreciável, com resultados que certificam que as doses aplicadas com base neste sistema de manejo foram suficientes. Constatações semelhantes foram obtidas, pelo mesmo autor, com o uso do tanque Classe A, porém este último apresentou exigência de um ritmo de regas mais rápido. Este autor, trabalhando em um experimento de café irrigado por aspersão, coletou dados de produção durante cinco anos. Nos dois primeiros anos a produção dos cafeeiros irrigados não foi significativamente maior do que a dos não irrigados. Em contrapartida, nos três anos seguintes os cafeeiros irrigados atingiram uma produção bastante superior à dos não irrigados. O autor atribui este acontecimento ao fato de que somente no terceiro ano terem sido instalados tensiômetros na área experimental, e o manejo passar a ser feito em função da tensão de água no solo, o que reduziu pela metade o número de regas e a quantidade de água aplicada em relação ao ano anterior. Assim considera-se que o que impediu o aumento da produção nos dois primeiros anos foi o excesso de água, destacando que o manejo utilizado anteriormente à adoção dos tensiômetros, consistia em aplicar uma lâmina de 166 mm mensais, descontando as chuvas.

Este fato específico, e questões que vão desde economia pura e simples gerada pelo dimensionamento e manejo adequado de sistemas de irrigação até a questões ambientais de racionalização do uso da água e energia e seus benefícios preservacionistas, vêm ressaltar a importância da irrigação convenientemente dosada.

O manejo da irrigação inclui, também, e principalmente, o bom conhecimento das características físicas do solo, como sua capacidade de

retenção de água, e das necessidades hídricas da cultura a ser irrigada. O conhecimento destes dados é que tornará possível a utilização dos recursos citados anteriormente (tensiômetros e tanque Classe A). No que diz respeito ao manejo de irrigação do cafeeiro, dados referentes às necessidades hídricas da cultura são escassos.

Doorenbos e Kassam (1994), afirmam que o valor de K_c varia com as fases de desenvolvimento das culturas. Para a maioria dos cultivos o valor de K_c para o período total de crescimento está entre 0,85 e 0,90, sendo ligeiramente superior para a banana, o arroz, o café e o cacau, e um pouco inferior para o citros, a videira, o sisal e o abacaxi.

Santinato, Fernandes e Fernandes (1996), afirmam que a água facilmente disponível para o cafeeiro, ou DRA (disponibilidade real de água), corresponde a 50% da DTA, disponibilidade total de água. Considera-se para a determinação da DTA, as umidades na capacidade de campo (CC) e no no ponto de murcha permanente (PMP) no perfil correspondente à profundidade efetiva do sistema radicular. Os mesmos autores sugerem valores de K_c (coeficiente da cultura) para o cafeeiro, determinados com base em experimentos e acompanhamentos de campo de inúmeras lavouras irrigadas, em função da densidade de plantio e idade da lavoura (Tabela 2).

Quanto à profundidade efetiva do sistema radicular, Franco e Inforzato (1964), citados por Malavolta (1993), afirmam que a maior densidade das raízes absorventes do cafeeiro se apresenta nos 30 cm superficiais – cerca de 90% do total.

TABELA 2. Valores de Kc (coeficiente de cultura) para a cultura do café – 1ª aproximação.

Idade (anos)	Espaçamento entre ruas x entre plantas (metros)	Valor de Kc
1. Adulta > 3	a) > 3,0 x > 1,0 – 2500 plantas/ha	1,0
	b) > 3,0 x 0,5 a 1,0 – 3333 plantas/ha	1,1
	c) 2,0 a < 3,0 x 0,5 a 1,0 – 6666 plantas /ha	1,2
	d) 1,0 a 2,0 x 0,5 a 1,0 – 13333 plantas/ha	1,3
2. Nova 1 a < 3	a) > 3,0 x > 1,0 – 2500 plantas/ha	0,8
	b) > 3,0 x 0,5 a 1,0 – 3333 plantas/ha	0,9
	c) 2,0 a < 3,0 x 0,5 a 1,0 – 6666 plantas /ha	1,0
	d) 1,0 a 2,0 x 0,5 a 1,0 – 13333 plantas/ha	1,1
3. Nova < 1	a) > 3,0 x > 1,0 – 2500 plantas/ha	0,6
	b) > 3,0 x 0,5 a 1,0 – 3333 plantas/ha	0,7
	c) 2,0 a < 3,0 x 0,5 a 1,0 – 6666 plantas /ha	0,8
	d) 1,0 a 2,0 x 0,5 a 1,0 – 13333 plantas/ha	0,9

Fonte: Santinato, Fernandes e Fernandes (1996).

2.4 Irrigação por gotejamento

A irrigação por gotejamento é um método que vem despertando grande interesse em todo o mundo. Vários trabalhos experimentais e observações de campo mostram que este sistema permite bom controle e economia da água aplicada. Em diversas condições, tem proporcionado produções superiores às obtidas por outros métodos (Olitta, 1981).

De acordo com Bernardo (1989), a irrigação localizada não deve ser considerada somente como uma nova técnica para suprir de água as culturas, mas como parte integrante de um conjunto de técnicas agrícolas no cultivo de determinadas plantas, de modo que se obtenham efeitos significativos na produção por área e por água consumida, bem como na época da colheita e na qualidade do produto. A aplicação de água ao solo, na irrigação por

gotejamento, é sob forma de "ponto fonte", ficando a superfície do solo com uma área molhada com forma circular, e o volume de solo molhado com forma de um bulbo (cebola). Quando os pontos de gotejamento são próximos uns dos outros, forma-se uma faixa contínua. Sendo assim, somente uma pequena porção da superfície do solo será molhada, reduzindo a evaporação. A irrigação localizada é usada, em geral, sob a forma de sistema fixo, ou seja, o sistema é constituído de tantas linhas laterais quantas forem necessárias para suprir toda a área, assim, seu custo torna-se mais elevado o que limita seu uso a culturas com alta capacidade de retorno.

Nos locais onde se tem implantado a irrigação localizada ocorre uma verdadeira revolução agrícola, pois não se trata somente de novos sistemas de irrigação, com suas vantagens e inconvenientes em relação aos sistemas tradicionais por aspersão ou gravidade, mas sim de sistemas que trazem consigo uma nova forma de cultivar, e além disto tem revalorizado grandes extensões de terrenos marginais (arenoso, muito acidentados, pouco profundos, etc.) que eram improdutivos em sequeiro e que apresentavam dificuldades na utilização da irrigação por sistemas convencionais (Pizarro Cabello, 1996).

Araújo (1982), diz que em nosso País a introdução do método de irrigação por gotejamento, como fonte suplementar de dotação hídrica, tem apresentado uma série de características altamente favoráveis, tais como: aproveitamento de pequenos mananciais hídricos, maior eficiência operacional, economia de água, pois propicia disponibilidade direta de água à planta, e, quando comparado a outros métodos de irrigação, oferece, ainda, a vantagem de menor custo de mão-de-obra. Além disso, a superfície molhada é menor, pois o líquido penetra no solo formando um bulbo, fornecendo ao sistema radicular do vegetal a umidade necessária ao seu desenvolvimento.

Vários sistemas de irrigação podem ser usados em cafezais, destacando-se irrigação localizada por gotejamento, irrigação por aspersão convencional,

autopropelido e pivô central, assim como sistemas simplificados com mangueiras simples ou perfuradas, destacando que a uniformidade de aplicação de água influencia diretamente a produtividade da cultura e a energia gasta no bombeamento da água (Bonomo et al., 1998)

2.5 Fertirrigação e nutrição do cafeeiro

A fertirrigação consiste, de modo geral, na fertilização combinada com a irrigação, isto é, os adubos minerais são injetados na água de irrigação para formar “água de irrigação enriquecida” (Vitti, Boareto e Penteado, 1994).

Pair et al. (1975), citados por Bueno (1998), relatam que a fertirrigação faz uso da importante interrelação existente entre a solução do solo e o fertilizante aplicado.

Coelho (1994) salienta que, independente do sistema de irrigação utilizado na fertirrigação, os nutrientes diluídos na água são aplicados de forma a infiltrar no solo, predominando a absorção radicular e não foliar. Nesse sentido, o conhecimento do comportamento dos nutrientes no solo, com relação à sua mobilidade, e a exigência da cultura durante o ciclo são fatores importantes a considerar no manejo dos fertilizantes através desse sistema, indicando, também, as vantagens e economicidade de sua utilização.

O sucesso da aplicação de produtos químicos via água de irrigação, em países onde a agricultura irrigada é desenvolvida, tem motivado o uso desta tecnologia no Brasil, apresentando as seguintes vantagens: economia de mão-de-obra, pouco contato do operador com os produtos, possibilidade de aplicação em épocas críticas e redução de danos mecânicos à cultura e ao solo, maior uniformidade de aplicação da adubação, maior flexibilidade, maior eficiência de uso do produto e menores custos de aplicação (Costa, França e Alves, 1986).

O princípio da aplicação da fertirrigação preconiza a utilização de produtos solúveis. Assim, na seleção do fertilizante deve-se considerar, além de outros aspectos, a sua solubilidade, uma vez que esta é extremamente importante no manejo operacional do sistema e na uniformidade de aplicação dos produtos. A aplicação de nitrogênio e potássio via água de irrigação, geralmente, não apresenta problemas, podendo ser utilizados em qualquer sistema de irrigação, sob as formas: uréia, nitrato ou sulfato de amônio como fonte de N; e cloreto de potássio como fonte de K (Sousa e Sousa, 1993).

De acordo com Coelho (1994), o nitrogênio é o elemento mais freqüentemente aplicado via água de irrigação, por apresentar, em relação aos outros nutrientes, alta mobilidade no solo, porém tem alto potencial de perdas por lixiviação. Com o uso da fertirrigação, pode-se parcelar a aplicação de fertilizantes nitrogenados de acordo com a demanda da cultura, reduzindo as perdas sem onerar o custo de produção.

Segundo Vitti, Boaretto e Penteado (1994), a aplicação de potássio através da fertirrigação praticamente não apresenta problemas, devido à alta solubilidade da maioria dos sais de potássio. Coelho (1994), diz que o ponto crucial é definir em que condições deve-se fazer o parcelamento desse nutriente.

Segundo Malavolta (1993), o potássio possui média mobilidade no solo quando comparado com o nitrogênio (alta) e com o fósforo (baixa).

Abreu et al. (1987), comentam que a prática da fertirrigação não é exclusiva dos sistemas de irrigação localizada. Entretanto, neste sistema, pode-se conseguir melhores eficiências na aplicação de adubos, pois os nutrientes são aplicados somente na região do sistema radicular e com maior uniformidade de distribuição.

Santinato et al. (1989), em trabalho conduzido no município de Jaboticatubas – MG, com cafeeiro “Catuai Vermelho”, no qual comparou o efeito da adubação NK aplicada através do sistema de irrigação por gotejamento,

com aplicação convencional e sem irrigação, verificaram que os tratamentos em que a aplicação do adubo foi realizada através do sistema de irrigação apresentaram resultados superiores àqueles observados no tratamento convencional. Afirmam, ainda, que a fertirrigação é o modo de adubar indicado para fornecimento de NK ao cafeeiro irrigado por gotejamento.

Carvajal, Acevedo e Lopez (1969), avaliando a absorção líquida dos macronutrientes, com exceção do enxofre, por plantas de café (*Coffea arabica* L. var. Bourbon) durante um ciclo vegetativo e reprodutivo completo, constataram que a contribuição por parte dos nutrientes estudados, ao total da absorção líquida, indicou claramente que o nitrogênio é o elemento quantitativamente mais importante na nutrição do café, seguido do potássio. A contribuição destes elementos ao total absorvido foi de 48 e 28%, respectivamente.

Malavolta (1993), considerando a composição das plantas aos 6,5 anos de idade, diz que a demanda dos elementos obedece à seguinte ordem decrescente:

- macronutrientes: $N > K > Ca > Mg > S > P$;
- micronutrientes: $Fe > Mn > Zn > B = Cu$.

O mesmo autor afirmou que como as plantas absorvem os elementos da solução do solo, o objetivo da adubação é simplesmente o de elevar e manter a sua concentração de modo a atender às exigências do cafeeiro. Destacou, ainda, o efeito dos elementos em determinadas funções da planta, como por exemplo o fato de altos teores de K estarem associados a colheitas elevadas.

Bastos (1994), constatou, em seu trabalho, que diferentes doses de cloreto de potássio influenciaram nas características de crescimento do cafeeiro. Entre elas, a altura média das plantas e o diâmetro do caule apresentaram acréscimos significativos com o aumento das doses de potássio.

Ezequiel (1980), não encontrou respostas significativas, no que diz respeito aos valores médios de altura das plantas e diâmetro do caule do cafeeiro

(*Coffea arabica* L.), para as diferentes doses de B aplicadas, encontrando, inclusive, uma correlação negativa entre as mesmas e os valores de diâmetro do caule.

Já Lima Filho (1991) constatou que o teor do boro no solo, e conseqüentemente na planta de café, influenciou o desenvolvimento floral. E que o fornecimento deste elemento afetou a produção de matéria seca de todas as partes da planta, altura e diâmetro do caule, comprimento total de ramos plagiotrópicos, números de ramos e folhas, teor de B no solo e nas folhas, ocorrendo correlações positivas entre o boro disponível no solo e todos estes parâmetros.

Segundo Malavolta (1986), a deficiência de B, entre outros sintomas, induz ao menor pegamento da florada, conduzindo a menores níveis de produção.

O mesmo autor, em 1993, comentou sobre as diversas maneiras de se diagnosticar as deficiências ou excessos de nutrientes nas lavouras cafeeiras. Dentre estas maneiras está a diagnose foliar, para a qual o autor apresenta a classificação dos teores foliares dos nutrientes no cafeeiro, variando estes teores entre deficiente, adequado e excessivo (Anexo A).

2.6 A cultivar Acaiá MG-1474

Dentro da cultivar “Mundo Novo” foram selecionadas linhagens com sementes de tamanho maior e com boa produção. Em vista de apresentarem essa característica, de interesse econômico, receberam a denominação de “Acaiá”, que significa frutos de sementes graúdas (IBC, 1986)

A cultivar “Acaiá” apresenta-se com boa produção de café beneficiado e boa rusticidade. A altura média das plantas chega a atingir 4,2 m e o diâmetro médio de copa de 1,8 m. A cor da brotação jovem é geralmente bronze e os

ramos secundários são menos abundantes que nas seleções Mundo Novo. Em Minas Gerais, em 1995, foi lançada uma cultivar derivada da Acaiá, que recebeu a denominação de Acaiá Cerrado. Esta cultivar vem exibindo excelente desenvolvimento vegetativo, com elevadas produções, mesmo em condições de solos menos férteis. A altura média é inferior ao Acaiá tradicional (em média 3,1 m), com diâmetro da copa médio de 1,88 m. A progênie que tem se mostrado mais promissora é MG-1474 (Mendes e Guimarães, 1996).

2.7 Colheita e secagem do café

A colheita é uma das principais fases do cultivo do café, principalmente quando se trata de garantir a qualidade final do produto e sua comercialização.

O fruto ideal para ser colhido é aquele que tenha completado o estágio de maturação fisiológica, correspondente ao denominado fruto cereja. Normalmente o cafeeiro apresenta, na fase de maturação, frutos em diferentes estádios (verdes, cereja, passas e secos), devido à característica da planta em produzir várias florações. A quantidade de frutos verdes na planta, considerada ideal para o início da colheita, é de no máximo 5%, sendo toleráveis quantidades de até 20%, que, no entanto, trazem prejuízos à qualidade (Bártholo e Guimarães, 1997).

Os mesmos autores, discorrendo sobre o processo de secagem, dizem que este pode ser feito em terreiros ou com auxílio de secadores, obtendo-se, em ambos os casos, um produto final de qualidade semelhante. No processo de secagem é aconselhável trabalhar com lotes homogêneos, considerando-se tanto a época de colheita, quanto o estágio de maturação ou umidade, para a obtenção de um café uniforme e de boa qualidade.

O tempo médio de secagem total em terreiro é de 15 dias para as condições do Sul de Minas, Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro, e de 25 a 30 dias para a Zona da Mata de Minas Gerais.

Uma série de cuidados no processo de secagem do café em terreiro devem ser observados, entre eles, o revolvimento do café pelo menos oito vezes ao dia, de acordo com a posição do sol.

Ainda Bártholo e Guimarães (1997) dizem que a umidade final, recomendada para o armazenamento, deve ser de 10 a 12%.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O experimento foi instalado na área experimental do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG; ocupando, aproximadamente, uma área de 0,24 ha.

O município de Lavras se localiza a uma latitude de 21°45'S, longitude de 45°00'W e altitude média de 918 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen (Lorente, 1966), é considerado de transição entre Cwa e Cwb, variando de subtropical a temperado propriamente dito, com chuvas predominantes no verão e tendo o inverno considerado como seco.

O solo é do tipo Latossolo Vermelho Escuro distrófico. Foram feitas análises para caracterização físico-hídrica do solo.

3.2 Cultura

Foram utilizadas, neste trabalho, plantas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) da cultivar "Acaia Cerrado" (MG-1474).

O plantio foi feito em março de 1997, utilizando espaçamento semi-adensado (3,0 x 0,6 m), contendo 13 linhas de plantio com 103 plantas cada.

Após o plantio, a lavoura experimental foi irrigada igualmente, por aspersão convencional, a fim de garantir o "pegamento" das mudas, até agosto de 1997.

No dia 16 de outubro de 1997 iniciou-se a diferenciação dos tratamentos.

Durante todo o período de condução do experimento, procedeu-se aos tratos culturais e controles fitossanitários sempre que necessários e recomendados pelos técnicos do Setor de Cafeicultura da UFLA.

3.3 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas, com 4 repetições. Cada bloco consistia de 5 parcelas com 30 plantas, as quais foram divididas em subparcelas de 10 plantas (15 subparcelas por bloco). Destas, apenas 8 foram consideradas como plantas úteis, sendo as primeiras plantas das extremidades das subparcelas consideradas como bordadura. Também uma linha de plantas compondo a bordadura separava os blocos. Além das 4 repetições, o experimento contou com dois blocos que constituíram uma unidade de observação onde foram aplicadas lâminas de irrigação em épocas diferentes do ano. O croqui da área experimental é apresentado na Figura 1.

As parcelas dos blocos I, II, III e IV receberam os tratamentos adotados no manejo da irrigação, os quais foram a parcela testemunha (sem irrigação, L_0) e 4 lâminas de irrigação resultantes da multiplicação da evaporação do tanque Classe A pelos fatores: 1,0 (L_1); 0,8 (L_2); 0,6 (L_3) e 0,4 (L_4); aplicados nas áreas efetivamente irrigadas.

As subparcelas, inclusive as da unidade de observação, receberam os tratamentos de N e K, via água de irrigação, correspondentes a 3, 6 e 9 parcelamentos de adubação, recomendada com base nas análises químicas do solo, na época tradicional de aplicação (outubro a março).

Nas parcelas definidas como testemunha (sem irrigação), a aplicação de N e K foi feita de acordo com o número de parcelamentos definido para as demais parcelas, porém com distribuição manual.

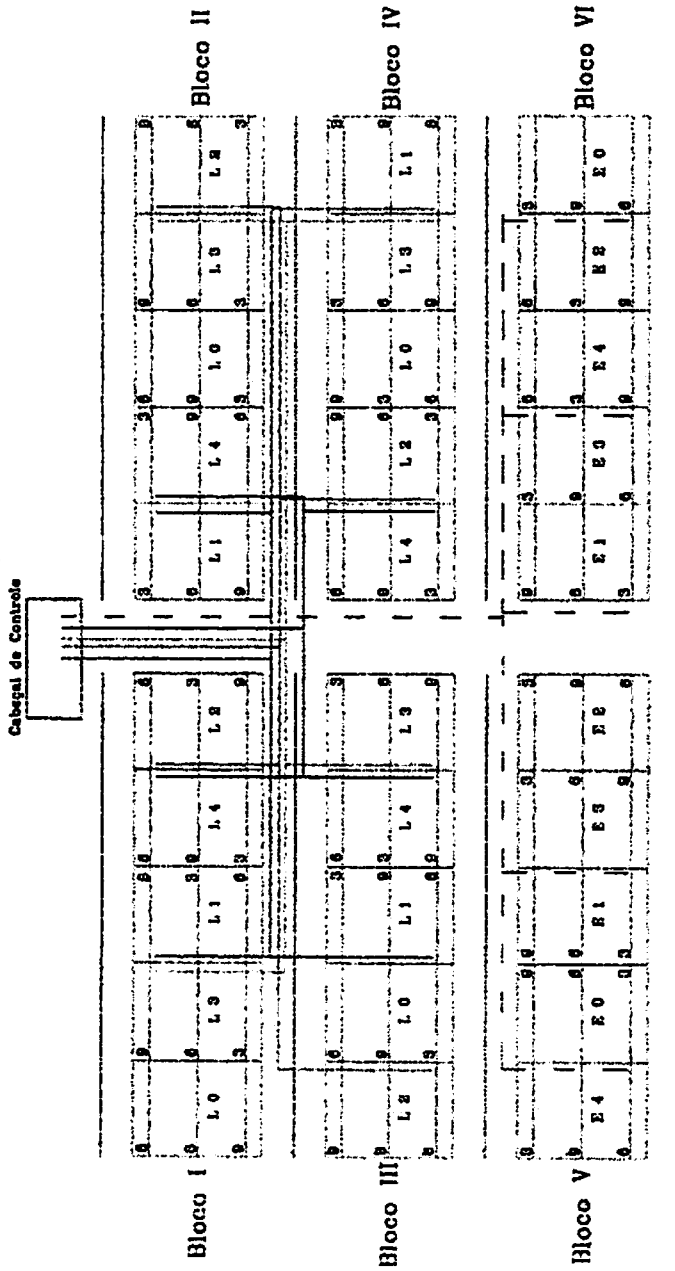


FIGURA 1: Croqui da área experimental.

Os blocos da unidade de observação (blocos V e VI) receberam irrigação nas seguintes épocas:

- de abril a julho (E_0);
- de abril a junho (E_1);
- abril e maio (E_2);
- maio e junho (E_3);
- agosto e setembro (E_4).

3.4 Parâmetros avaliados

Foram avaliados os seguintes parâmetros:

- Crescimento: diâmetro do caule, altura da planta, diâmetro da copa, número de ramos plagiotrópicos, comprimento do 1º ramo plagiotrópico, número de ramificações no ramo plagiotrópico e número de internódios;
- Distribuição do potássio no solo até a profundidade de 60 cm, em camadas de 20 cm;
- Teores de nutrientes na folha;
- Umidade do solo até a profundidade de 60 cm, em camadas de 20 cm;
- Produtividade no primeiro ano de produção (safra 98/99).

A altura da planta foi medida com mira estadimétrica e o diâmetro do caule com paquímetro, padronizando as medições, deste último, a uma altura de 10cm do solo. O diâmetro da copa e comprimento do 1º ramo plagiotrópico foram medidos com trena, sendo que o diâmetro da copa foi medido no sentido perpendicular à linha de plantio. Os demais parâmetros de crescimento foram avaliados através de contagem direta. Os parâmetros de crescimento foram avaliados trimestralmente, tendo sido feitas 7 avaliações nas seguintes épocas:

setembro/97, dezembro/97, março/98, junho/98, setembro/98, janeiro/99 e abril/99.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância. Quando a análise de variância apresentou resultados significativos foi, então, aplicado análise de regressão polinomial para as variáveis quantitativas. Para as variáveis Parcelamento de Adubação e o desdobramento de Parcelamento dentro de Lâmina, aplicou-se teste de médias de Scott-Knott (Silva, 1998).

A distribuição dos nutrientes no solo e seu conteúdo na folha foram avaliados através de análises químicas do solo e de análise foliar, nos Laboratórios de Análise de Solos do Departamento de Ciência do Solo e de Análise Foliar do Departamento de Química da UFLA, respectivamente, mediante amostragens feitas anualmente 30 dias após o término do período de adubação.

As amostras de solo foram retiradas com auxílio de trado tipo holandês, na linha de plantio, onde foi aplicado o fertilizante. Foram feitas amostras compostas dos tratamentos (subparcelas), eliminando as repetições.

A metodologia utilizada no monitoramento da umidade e na avaliação de produtividade estão descritas em itens específicos.

3.5 Sistema e manejo de irrigação

O experimento foi irrigado por gotejamento. O sistema de irrigação constou de um conjunto moto-bomba que recalava a água até uma unidade central de controle (cabeçal de controle) constituída de filtros de areia e de disco, válvulas solenóides, controlador de vazão, manômetros e conexões, linha principal de tubos de PVC, PN80, linhas de derivação de PVC, PN60, linhas laterais de tubo flexível de polietileno, PN40, registros, e gotejadores

autocompensantes com vazão nominal de 3,78 l/h e pressão de serviço de 5-35 mca.

Os gotejadores foram instalados com espaçamento de 0,40 m, de maneira que a superfície molhada formasse uma faixa contínua ao longo da linha de plantio, mesmo nos tratamentos com menores lâminas.

O manejo da irrigação foi feito através do tanque Classe A. Os dados climatológicos, evaporação e precipitação, foram obtidos, diariamente, junto à Estação Climatológica da UFLA. Estes dados diários eram contabilizados e, ao se atingir o valor pré-estabelecido de ECA_{norm} , eram realizadas as irrigações.

Os tratamentos de lâmina recebiam irrigação durante todo o ano, enquanto que os de época, correspondentes a unidade de observação, eram irrigados somente nos períodos definidos no delineamento experimental e recebiam uma lâmina equivalente a 0,6ECA.

A evaporação do tanque Classe A (ECA) relativa a evapotranspiração máxima da cultura, correspondente ao momento de irrigar, foi estabelecida a partir dos dados da Curva de Retenção de Água no Solo (θ_{CC} e θ_{FMP} , correspondentes às tensões de 10 kPa e 1500 kPa, respectivamente) e de parâmetros relacionados às exigências hídricas da cultura do café sugeridos por Santinato, Fernandes & Fernandes (1996). Os parâmetros são os seguintes:

- $DRA = 0,5 * DTA$
- K_c , para 1º ano da cultura = 0,8
- K_c , para 2º ano da cultura = 1,0

Os cálculos foram feitos a partir da média dos coeficientes de cultura para os dois primeiros anos, $K_c = 0,9$.

Outros dados utilizados para a determinação do momento de irrigar foram o coeficiente do tanque, $K_t = 0,75$ (Bernardo, 1989) e a profundidade efetiva do sistema radicular, $z = 0,40$ m, considerando que a maior densidade das

raízes absorventes do cafeeiro se apresenta nos 30 cm, segundo afirmaram Franco e Inforzato (1964), citados por Malavolta (1993).

A seguir, descreve-se a seqüência de cálculos utilizada na determinação da ECA_{irrig} , como definição do momento de irrigar:

$$DTA = (\theta_{CC} - \theta_{PMP}) * z \quad \text{eq.1}$$

onde: DTA = disponibilidade total de água no solo, mm;

θ_{CC} = umidade do solo (base volume) na capacidade de campo, cm^3/cm^3 ;

θ_{PMP} = umidade do solo (base volume) no ponto de murcha permanente, cm^3/cm^3 ;

z = profundidade efetiva do sistema radicular da cultura, mm.

$$DRA = 0,5 * DTA \quad \text{eq.2}$$

onde: DRA = disponibilidade real de água no solo, mm.

$$DRA = ET_{max} \quad \text{eq.3}$$

onde: ET_{max} = evapotranspiração máxima da cultura, mm.

$$ET_{max} = ECA_{irrig} * K_C * K_t \quad \text{eq.4}$$

onde: ECA_{irrig} = evaporação do tanque Classe A, correspondente ao momento de irrigar, mm;

K_C = coeficiente da cultura, adimensional;

K_t = coeficiente do tanque, adimensional.

$$ECA_{irrig} = ET_{max} / (K_c * K_t) \quad \text{eq.5}$$

$$ECA_{acum} = \sum_{i=1}^n (ECA - P) \quad \text{eq.6}$$

onde: ECA_{acum} = evaporação do tanque Classe A acumulada, mm;

ECA = evaporação do tanque Classe A diária, mm;

P = precipitação diária, mm.

Utilizando as equações 1 a 5, calculou-se a ECA_{irrig} , correspondente ao momento de irrigar, de 45 mm. Desta forma, quando o somatório de $(ECA - P)$ diários, eq.6, atingisse este valor eram efetuadas as irrigações. Realizada a irrigação, o valor da ECA_{acum} retornava a zero e reiniciava o somatório.

Os tempos de irrigação e volumes aplicados foram determinados utilizando as equações 7 e 8, com o valor da área molhada média por subparcela foi estimado em 3,60 m² (6,00 x 0,60 m).

$$V_{apl} = L * A_m \quad \text{eq.7}$$

onde: V_{apl} = volume aplicado, l;

L = lâmina aplicada, mm;

A_m = área molhada média, m².

$$T_{apl} = V_{apl} / q_l \quad \text{eq.8}$$

onde: T_{apl} = tempo de irrigação, h;

q_l = vazão da linha lateral, l/h.

$$q_i = q_g * N \quad \text{eq.9}$$

onde: q_g = vazão do gotejador, l/h;
 N = nº de gotejadores por linha lateral.

3.6 Fertirrigação

As aplicações de nitrogênio e potássio nas parcelas irrigadas foram feitas através do sistema de irrigação utilizando uma bomba injetora de fertilizantes, que promovia a sucção da solução água+fertilizante do reservatório onde era feita a mistura. Seu mecanismo é acionado por meio de diferencial de pressão entre a entrada e a saída do sistema injetor.

No período de adubação 97/98, foram utilizados como fonte de N e K, respectivamente, uréia e cloreto de potássio vermelho. Para o segundo período, 98/99, o cloreto de potássio vermelho foi substituído pelo branco, uma vez que o primeiro, devido às suas impurezas, apresentou grande entupimento dos filtros quando da sua utilização dissolvido em água.

As dosagens de fertilizantes utilizadas (Anexo A) foram aquelas recomendadas de acordo com os resultados das análises químicas de solo e/ou foliares, parceladas conforme definido no delineamento experimental.

3.7 Monitoramento da umidade

A fim de acompanhar o estado energético e a umidade do solo em cada tratamento, foi feito o monitoramento do potencial matricial/umidade do solo. Para isto foram instaladas, sob as linhas de plantio do Bloco III, 30 baterias com três tensiômetros – a 0,10; 0,30 e 0,50 m de profundidade, representando as

camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade – sendo 2 baterias em cada subparcela.

As leituras foram feitas sempre pela manhã, antes das 9 horas. Os tensiômetros eram escorvados no dia anterior, possibilitando o equilíbrio entre a tensão da água contida na cápsula do tensiômetro e a tensão da água no solo ao seu redor, de forma que a leitura da tensão correspondesse ao estado real de umidade do solo.

Foram utilizados tensiômetros construídos e testados no próprio Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia da UFLA, utilizando tubos de PVC, roscável, com diâmetro de $\frac{1}{2}$ ”, cápsulas de porcelana porosa, tubo acrílico com diâmetro interno equivalente a 13 mm e borracha de vedação apropriada para leitura digital com tensímetro de punção.

3.8 Produtividade

A colheita do café foi feita escalonadamente, já que a maturação ocorreu em tempos diferentes em função dos tratamentos.

Foram feitas avaliações em que se determinou o grau de maturação das subparcelas. Nestas avaliações de maturação foi adotado o seguinte procedimento:

- Escolheu-se, de acordo com critérios visuais, um ramo de uma das plantas de bordadura de cada subparcela, como sendo aquele que representasse o grau de maturação da subparcela em questão.
- Os frutos deste ramo foram colhidos, acondicionados separadamente e devidamente identificados.
- Fez-se, então, a contagem dos frutos colhidos, separando os frutos verdes, verde-cana (entre o verde e o maduro), cereja (maduro), passa e seco, possibilitando a determinação do percentual de verdes.

- Estabeleceu-se o ponto de colheita quando o percentual médio de frutos verdes das repetições dos tratamentos (subparcelas) se situasse entre 10 e 15%.

Assim, as subparcelas que estivessem no ponto de colheita deveriam ser colhidas. As que não estavam, eram novamente avaliadas – em intervalos que variavam entre uma e duas semanas, em função de observações visuais, baseados em critérios práticos – tantas vezes quantas foram necessárias até que todas as subparcelas tivessem sido colhidas.

A colheita foi feita utilizando derraça manual no pano, com varrição do café do chão, técnica usualmente utilizada nas lavouras brasileiras. O café do pano e do chão foram acondicionados separadamente, identificados, para mais tarde serem somados a fim de determinar a produção da subparcela.

Foram obtidos, então, o peso e o volume colhidos. Para cada subparcela, foi retirada uma amostra homogênea de 10 litros, dos quais 1 litro, representando a subparcela, foi utilizado para uma nova contagem e avaliação da maturação. Esta avaliação teve a finalidade de caracterizar a possível influência do grau de maturação em uma posterior análise de qualidade do café. Após a contagem, o volume de 1 litro retirado era retornado à amostra que era pesada e acondicionada em sacos reaproveitados. Estes sacos possuem uma trama com uma largura tal que permitiu a ventilação e incidência de luz na amostra, possibilitando a secagem dos grãos, e impedindo sua saída, evitando perdas. Este procedimento foi feito no mesmo dia da colheita.

As amostras colhidas foram expostas, diariamente, ao sol, sobre bancadas de ripas de madeira, até que estivessem secas o suficiente para serem beneficiadas (entre 11 e 13% de umidade). Durante o período de exposição ao sol, as amostras foram reviradas de hora em hora, para que a secagem ocorresse de forma homogênea.

Depois da secagem, foi determinado o peso do café em coco, procedeu-se ao beneficiamento e pesou-se novamente a amostra para que fosse calculado seu rendimento e a produtividade em sacas de café beneficiado por hectare em cada tratamento. Para isto, os volumes colhidos nas subparcelas foram extrapolados para uma área equivalente a 1 ha.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dotação hídrica e monitoramento da umidade no solo

No período de 16 de outubro de 1997 a 23 de abril de 1999, quando foi realizada a última avaliação de crescimento, foram realizadas 22 irrigações nos tratamentos de lâmina, e 10, 8, 6, 4 e 6 nos tratamentos E₀, E₁, E₂, E₃ e E₄, respectivamente. A Tabela 3 mostra a lâmina aplicada por irrigação em cada tratamento, e as lâminas acumuladas aplicadas durante todo o período de condução do experimento.

No total (irrigação e chuva), o tratamento L₁ recebeu uma lâmina 44,8% superior a recebida por L₀; L₂ recebeu 37,04%; L₃, 29,26% e L₄, 21,47%.

TABELA 3. Lâminas aplicadas por irrigação em cada tratamento (L_{apl}), volumes (V_{apl}) e tempos de aplicação (T_{apl}), lâminas acumuladas (L_{acum}), lâminas aplicadas decorrentes das fertirrigações (Fertirrig.), precipitação acumulada durante o período de condução do experimento (P_{acum}) e lâmina total aplicada (L_{total}).

Tratam.	L_{apl} (mm)	V_{apl} (L)	T_{apl} (h)	L_{acum} (mm)	Fertirrig. (mm)	P_{acum} (mm)	L_{total} (mm)
L ₀	0	0,0	0	0	0	2542,81	2542,81
L ₄	18	64,8	1,04	396	150	2542,81	3088,81
L ₃	27	97,2	1,55	594	150	2542,81	3286,81
L ₂	36	129,6	2,08	792	150	2542,81	3484,81
L ₁	45	162,0	2,58	990	150	2542,81	3682,81
E ₀	27	97,2	1,55	270	150	2542,81	2962,81
E ₁	27	97,2	1,55	216	150	2542,81	2908,81
E ₂	27	97,2	1,55	162	150	2542,81	2854,81
E ₃	27	97,2	1,55	108	150	2542,81	2800,81
E ₄	27	97,2	1,55	162	150	2542,81	2854,81

Obs.: L₀ = 0%ECA; L₄ = 40%ECA; L₃ = 60%ECA; L₂ = 80%ECA; L₁ = 100%ECA; E₀ = abril a julho; E₁ = abril a junho; E₂ = abril e maio; E₃ = maio e junho; E₄ = agosto e setembro.

A Tabela 4 mostra os dados de temperatura média e precipitação total mensais, ocorridas no período de condução do experimento, e aquelas oriundas das Normais Climatológicas, dados médios de 30 anos de observações, 1961 a 1990 (Departamento..., 1992), como referência. Desta forma, foi possível comparar o ocorrido, durante o experimento, com os dados considerados "normais". Observa-se que, na maioria dos meses, as temperaturas foram superiores à média normal, e as precipitações, por sua vez, foram menores.

Apesar das Normais Climatológicas não apresentarem dados de ECA, os dados observados na Tabela 4 permitem que se tenha uma idéia do que pode ter ocorrido, em termos de evaporação, no período em questão. Provavelmente, a

ECA foi superior a que ocorreria normalmente, já que as precipitações foram menores e as temperaturas mais elevadas. Este fato pode ter influenciado diretamente na frequência das irrigações, e na eficácia dos tratamentos aplicados.

TABELA 4. Dados de temperatura média e precipitação total mensais ocorridas, em Lavras-MG, durante o período de condução do experimento, obtidos junta à Estação Climatológica da UFLA, e os dados oriundos das Normais Climatológicas (Departamento..., 1992).

MESES	1997		1998		1999		NORMAIS*	
	T _{média} (°C)	P _{total} (mm)	T _{média} (°C)	P _{total} (mm)	T _{média} (°C)	P _{total} (mm)	T _{média} (°C)	P _{total} (mm)
Janeiro	21,8	383,3	23,3	149,5	23,3	286,1	27,7	272,4
Fevereiro	23,0	114,5	23,7	159,2	22,7	294,6	22,1	192,3
Março	21,1	96,5	23,2	140,1	21,5	273,6	20,9	174,0
Abril	20,2	61,1	21,5	32,6	20,6	36,7	19,8	67,0
Maiο	17,6	38,0	18,0	73,7			17,5	40,6
Junho	16,2	19,8	15,7	0,4			16,3	27,9
Julho	16,4	5,6	17,0	0,0			15,8	23,4
Agosto	18,7	1,2	19,8	51,3			17,7	24,8
Setembro	22,0	38,8	21,3	16,5			19,0	72,5
Outubro	22,3	91,1	19,7	200,7			20,4	126,0
Novembro	23,2	194,8	21,0	166,8			20,9	213,0
Dezembro	23,0	253,6	22,6	189,1			21,1	295,8

*dados médios de 30 anos de obsevações, 1961-1990.

O monitoramento do potencial matricial do solo permitiu “visualizar” o comportamento das diversas lâminas aplicadas, e, assim, discorrer sobre a resposta da cultura aos tratamentos e sobre a distribuição de potássio no perfil do solo.

A seguir apresentam-se leituras dos tensiômetros feitas, sistematicamente, no período de 14/08/98 a 13/10/98, ou seja, num período de 61 dias, antes e logo após o início do período chuvoso, quando a umidade entre os tratamentos se tornou uniforme, e, assim, as leituras se tornaram mais esporádicas.

As Figuras 2, 3 e 4 permitem observar claramente a variação do potencial matricial do solo em função das irrigações e das precipitações ocorridas (Tabela 5), com base nos dados dos tensiômetros instalados na área experimental.

TABELA 5. Dias em que ocorreram chuvas ou irrigações durante o período de 14/08 a 13/10/98, contando do 1º ao 61º dia de leitura dos tensiômetros.

DIAS	IRRIGAÇÃO	CHUVA (mm)	DIAS	IRRIGAÇÃO	CHUVA (mm)
4º	X		49º	X	14,70
11º	X		50º		11,00
17º		12,40	51º		8,80
22º	X		53º		2,40
29º	X		55º		19,00
34º		8,20	56º		10,00
39º		3,20	57º		22,80
41º	X		58º		19,80
47º		3,40	59º		12,20
48º		5,72	61º		17,00

Os picos nas curvas de dados da profundidade de 10 cm (Figura 2) representam os dias em que o experimento foi irrigado ou que ocorreram chuvas. Observa-se, nesta camada, a reação imediata dos potenciais matriciais às irrigações e chuvas, o menor intervalo entre os picos em relação ao observado nas outras profundidades. As lâminas L₁, L₂ e L₃ sempre atingiram valores de potencial matricial próximos ou superiores à capacidade de campo (-10 kPa), atingindo o objetivo proposto no manejo da irrigação, com valores mínimos de potencial matricial não ultrapassando -70 kPa, equivalente a $\theta = 32,9 \%$, valor este superior a $\theta = 23 \%$, que corresponde à umidade do solo caso o consumo de água atingisse 50 % da DTA, para a camada de 0-20 cm.

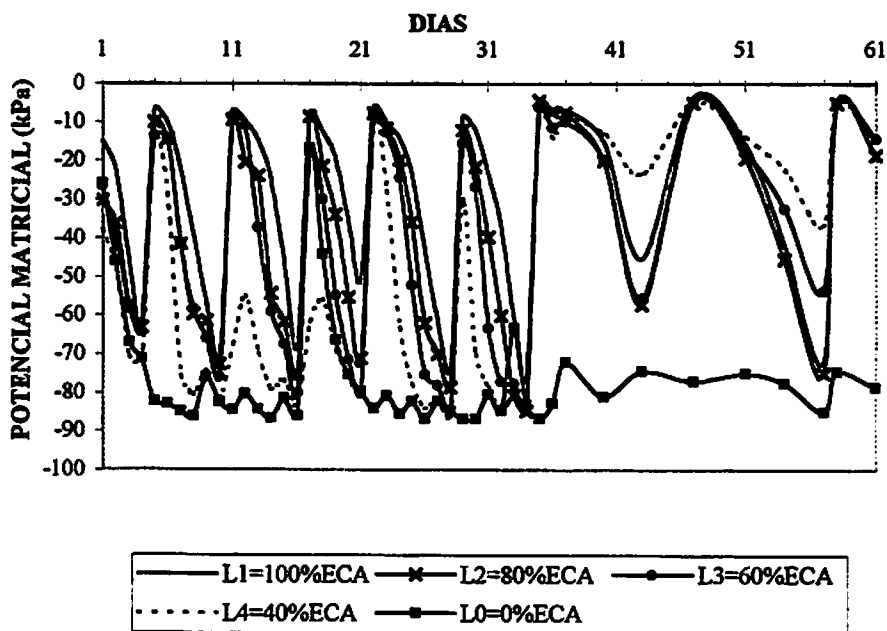


FIGURA 2. Médias das leituras dos tensiômetros instalados a 10 cm de profundidade.

Na profundidade de 30 cm (Figura 3), somente as lâminas L₁ e L₂ mantiveram um comportamento semelhante ao observado na profundidade de 10 cm, confirmando que toda profundidade efetiva do sistema radicular do cafeeiro, nestes tratamentos, manteve-se com a umidade dentro de um nível considerado ótimo. Os picos das curvas se tornaram mais espaçados, demonstrando que determinadas lâminas de chuva não chegaram a alcançar estas profundidades, como é o caso da chuva ocorrida em torno do 17º dia de leitura, que provocou uma elevação da umidade na profundidade de 10 cm bastante significativa, constatada através dos menores potenciais matriciais observados, e apenas uma diminuição na inclinação das curvas das outras duas profundidades.

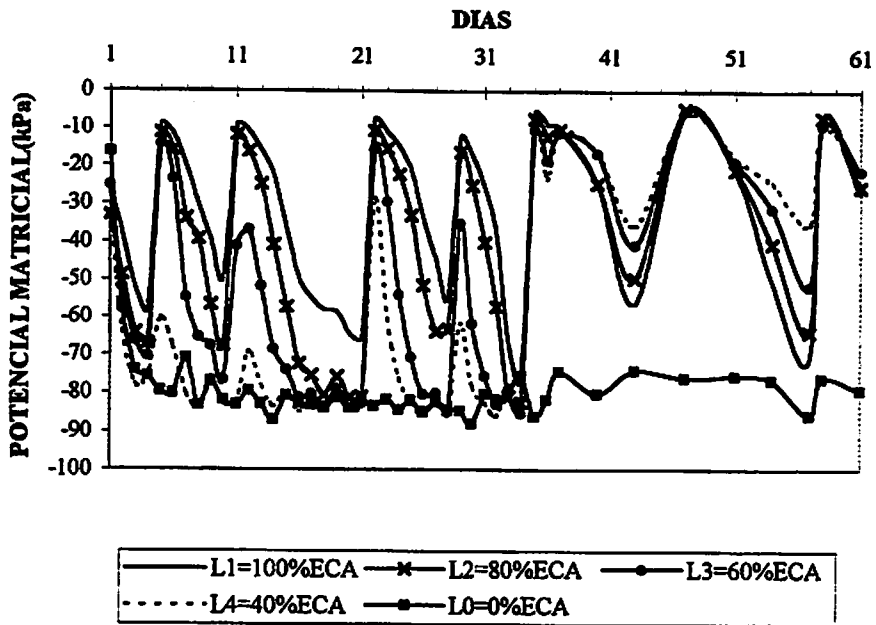


FIGURA 3. Médias das leituras dos tensiômetros instalados a 30 cm de profundidade.

As lâminas L_1 e L_2 , proporcionaram na profundidade de 50 cm (Figura 4), valores de potenciais matriciais iguais ou superiores ao da capacidade de campo, o que pode representar perda de água e nutrientes, já que a profundidade efetiva do sistema radicular do cafeeiro situa-se próximo a 30 cm.

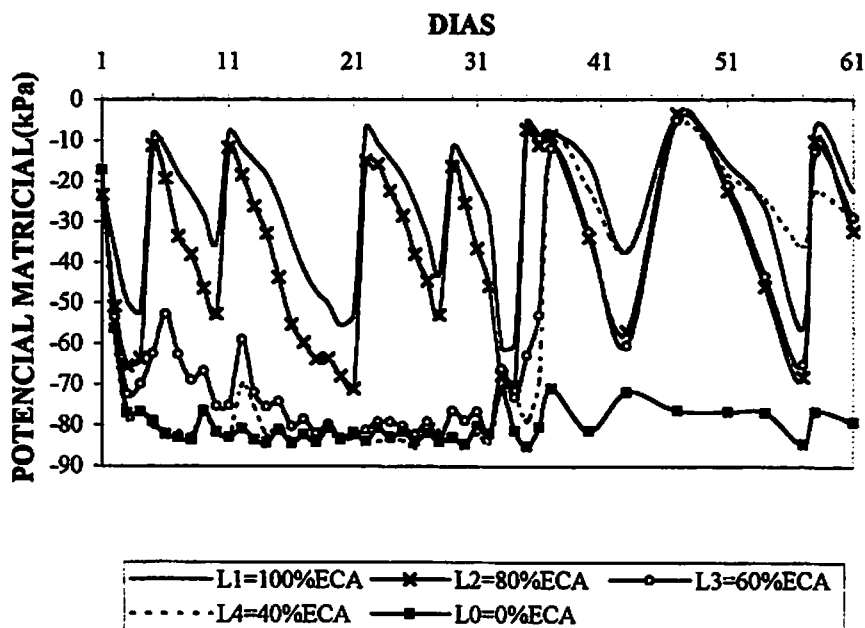


FIGURA 4. Média das leituras dos tensiômetros instalados a 50 cm de profundidade.

Observa-se, através das três figuras apresentadas (2, 3 e 4), que L_0 , em todas as profundidades, manteve leituras em torno de -80 kPa. Neste caso, provavelmente, os potenciais matriciais atingiram valores inferiores a este. Porém, as cápsulas de porcelana não permitem leituras acima desta tensão (equivalente a 80 kPa). Neste ponto, o ar penetra no instrumento através dos

poros da cápsula, a água começa a passar do estado líquido para o estado de vapor e as leituras perdem a precisão.

A eficácia do uso dos tensiômetros no monitoramento da umidade do solo se confirmou ao confrontar os dados obtidos por meio deste equipamento, com os dados de precipitações e irrigações feitas neste período, havendo coerência entre eles.

4.2 Parâmetros de crescimento da cultura

Foi feita uma primeira avaliação de caracterização do experimento (Anexo B), antes do início dos tratamentos, através da qual constatou-se que não havia diferenças significativas entre as parcelas, partindo-se, então, de uma condição homogênea, em que se considerou que todas as plantas apresentavam um mesmo grau de desenvolvimento.

A partir daí, em avaliações trimestrais, acompanhou-se o crescimento da cultura, e os efeitos dos tratamentos potencializados pelas condições climáticas e exigências da cultura em cada estação do ano. Ao final de 18 meses de condução do experimento, nem todos os parâmetros de crescimento da cultura apresentaram diferenças significativas em função dos tratamentos. Entretanto, com relação aos tratamentos de lâmina, houve um incremento nos valores médios dos parâmetros avaliados, quanto maior fosse a lâmina aplicada, ainda que não significativo, com exceção do número de ramificações no 1º ramo plagiotrópico, para o qual houve um decréscimo a medida que se aumentou a lâmina.

Os efeitos dos tratamentos de parcelamento de adubação foram bastante variáveis, não havendo uma tendência de comportamento comum a todos os parâmetros, como é possível observar nas tabelas e figuras apresentadas nos próximos itens.

4.2.1 Diâmetro do Caule

Dada a significância da influência do fator Lâmina de Irrigação, observado na Tabela 6, a análise de regressão polinomial indicou um polinômio de 1º grau como sendo a equação que melhor descreve o comportamento do Diâmetro do Caule em função das lâminas aplicadas (Figura 5). Os demais fatores não influenciaram significativamente no parâmetro em questão, com exceção da casualização (Blocos).

TABELA 6. Resumo da análise de variância dos dados obtidos na 7ª avaliação de crescimento (23/04/99) para o parâmetro diâmetro do caule do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Acaiá MG-1474, UFLA, Lavras-MG, 1999.

Fator de Variação	G.L.	Q.M.
Lâmina	4	42,5668 *
Bloco	3	30,6877 *
Resíduo 1	12	7,0671
Parcelamento	2	2,0327 NS
Lâmina x Parcelamento	8	10,2075 NS
Resíduo 2	30	7,1696
Total	59	
Média Geral:	43,0183	
R ² :	0,6680	
CV 1:	6,1797%	
CV 2:	6,2243%	

* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

NS: não significativo.

TABELA 7. Valores médios de diâmetro do caule, observados e estimados pela equação de regressão, em função das lâminas aplicadas, UFLA, Lavras-MG, 1999.

Tratamento (%ECA)	Médias Observadas (mm)	Médias Estimadas (mm)
0	40,53	40,40
40	41,97	42,27
60	43,75	43,21
80	43,32	44,14
100	45,52	45,07

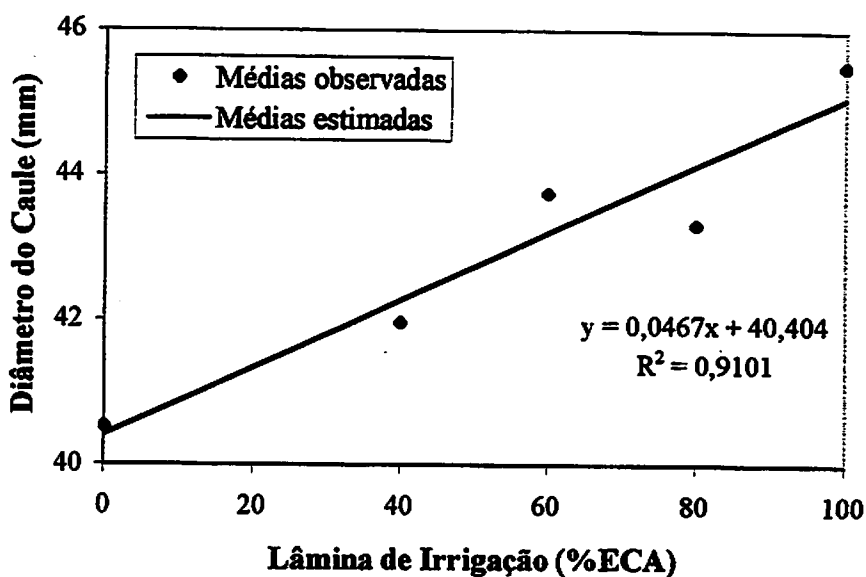


FIGURA 5. Efeito dos tratamentos de Lâmina de Irrigação sobre o diâmetro do caule do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Acaia MG-1474, UFLA, Lavras-MG, 1999.

Como é possível observar na Tabela 7, o valor médio de diâmetro do caule observado para a lâmina equivalente a 80% da ECA (L_2) foi ligeiramente

inferior àquele observado para a lâmina L₃ (60%ECA), não correspondendo a proporcionalidade entre lâmina e diâmetro sugerida pela equação. A lavoura experimental apresentou sintomas de deficiência de boro, confirmada através de análise foliar, apresentada no item 4.4, Tabela 24. Os teores foliares de boro adequados ao cafeeiro estão entre 59 e 80 ppm (Anexo A). Os sintomas da deficiência se apresentaram mais rigorosos nas plantas do tratamento L₂ (80%ECA), apesar de todos os tratamentos terem apresentado teores foliares de B bastante semelhantes, podendo ser esta a razão do decréscimo, observado, também, em alguns outros parâmetros avaliados.

Outra razão pela qual este decréscimo pode ter ocorrido, foi a presença de menores teores de K no solo, observada nas parcelas que receberam lâmina equivalente a 80% da ECA (L₂), quando comparada com as demais lâminas, especialmente as subparcelas nas quais a adubação foi feita em 3 parcelamentos (item 4.3). Bastos (1994), constatou acréscimos significativos no diâmetro do caule e na altura média das plantas com o aumento das doses de potássio. Fato semelhante foi observado por Lima Filho (1991), testando doses de B em plantas de café.

O incremento do diâmetro do caule, constatado em função das lâminas de irrigação, veio confirmar fatos semelhantes relatados por diversos autores (Snoeck, 1977 e Araújo, 1982), os quais detectaram diferenças significativas entre os valores médios de diâmetro do caule obtidos nos tratamentos com e sem irrigação, em que os irrigados apresentaram, em média, valores superiores àqueles sem irrigação.

4.2.2 Altura da planta

De todos os fatores de variação analisados, somente a interação Lâmina x Parcelamento apresentou efeito significativo para o parâmetro altura da planta (Tabela 8).

A Tabela 9 mostra os valores médios deste parâmetro em função dos níveis de irrigação. Há que se observar que, mesmo o fator Lâmina não tendo provocado efeitos significativos, os valores médios de altura da planta manteve uma tendência ascendente em função da lâmina aplicada. Resultados análogos foram encontrados por Kobayashi e Nagao (1986), no Havai.

Faria e Siqueira (1988) e Matiello e Dantas (1987), também constataram que, entre outros parâmetros, os valores médios de altura da planta foram bastante superiores nos cafeeiros irrigados comparados aos não irrigados.

TABELA 8. Resumo da análise de variância dos dados obtidos na 7ª avaliação de crescimento (23/04/99) para o parâmetro altura da planta, UFLA, Lavras-MG, 1999.

Fator de Variação	G.L.	Q.M.
Lâmina	4	764,8950 NS
Bloco	3	335,0865 NS
Resíduo 1	12	318,4783
Parcelamento	2	140,4720 NS
Lâmina x Parcelamento	8	215,8788 *
Resíduo 2	30	91,7807
Total	59	
Média Geral:	172,6746	
R ² :	0,7823	
CV 1:	10,3350%	
CV 2:	5,5481%	

* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

NS: não significativo.

TABELA 9. Valores médios de altura da planta observados em função das lâminas aplicadas, UFLA, Lavras-MG, 1999.

Tratamento (%ECA)	Médias Observadas (cm)
0	163,41
40	168,88
60	173,68
80	172,32
100	185,07

A altura média das plantas foi bastante superior no tratamento L₁ (100%ECA) quando comparada às daquelas observadas nos demais tratamentos, notando-se uma certa semelhança entre os valores obtidos nos tratamentos L₂ (80%ECA), L₃ (60%ECA) e L₄(40%ECA).

Foi feita análise de variância para os desdobramentos nos quais se fixou a lâmina e variou o parcelamento de adubação. Para aqueles que apresentaram efeito significativo, aplicou-se o teste de médias de Scott-Knott (Tabela 10).

TABELA 10. Resultado do teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, aplicado às médias das alturas das plantas do cafeeiro obtidas em função da interação entre as Lâminas de Irrigação aplicadas e os Parcelamentos de Adubação, UFLA, Lavras-MG, 1999.

Lâmina	Parcelamento	Média (cm)	Grupo
L ₀	3	153,30	1
	6	171,79	2
	9	165,14	2
L ₂	3	165,52	1
	6	167,31	1
	9	181,14	2

Para este parâmetro, a interação só surtiu efeito nos tratamentos de lâmina L_0 (0%ECA) e L_2 (80%ECA), sendo que o pior resultado, pode-se dizer, foi aquele obtido nas subparcelas que receberam 3 parcelamentos de adubação.

4.2.3 Diâmetro da Copa

O parâmetro diâmetro da copa foi influenciado significativamente pelo fator Lâmina de Irrigação (Tabela 11). O polinômio que melhor se ajustou aos dados observados foi uma reta cuja equação é apresentada na Figura 6. Os demais fatores não promoveram nenhum efeito sobre este parâmetro.

TABELA 11. Resumo da análise de variância dos dados obtidos na 7ª avaliação de crescimento (23/04/99) para o parâmetro diâmetro de copa, UFLA, Lavras-MG, 1999.

Fator de Variação	G.L.	Q.M.
Lâmina	4	1327,5936 *
Bloco	3	85,5495 NS
Resíduo 1	12	259,3529
Parcelamento	2	164,9075 NS
Lâmina x Parcelamento	8	144,0751 NS
Resíduo 2	30	126,2480
Total	59	
Média Geral:	173,3882	
R ² :	0,7284	
CV 1:	9,2880%	
CV 2:	6,4803%	

* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

NS: não significativo.

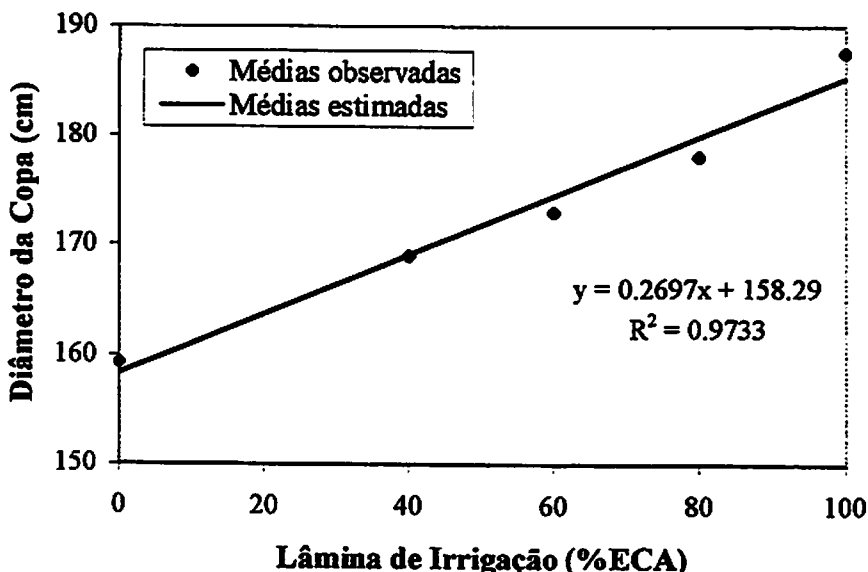


FIGURA 6. Efeito dos tratamentos de Lâmina de Irrigação sobre o diâmetro da copa do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Acaia MG-1474, UFLA, Lavras-MG, 1999.

A Tabela 12 mostra os valores médios de diâmetro da copa obtidos em função das lâminas de irrigação. Há que se observar que já com 2 anos após o plantio, o cafeeiro “Acaia MG-1474” irrigado com lâmina equivalente a 100% da ECA, alcançou um diâmetro médio de copa quase igual ao diâmetro médio máximo alcançado pelas plantas desta mesma cultivar, cultivadas na maneira tradicional, que é de 1,88 m, de acordo com Mendes e Guimarães (1996).

Araújo (1982) e Matiello e Dantas (1987), constataram, tal como neste trabalho, que o diâmetro da copa do cafeeiro foi influenciado positivamente pela irrigação. Isto vem salientar o quanto a irrigação pode ser benéfica ao desenvolvimento do cafeeiro, o que irá, sem dúvida, refletir sobre sua produtividade.

TABELA 12. Valores médios de diâmetro da copa, observados e estimados pela equação de regressão, em função das lâminas aplicadas, UFLA, Lavras-MG, 1999.

Tratamento (%ECA)	Médias Observadas (cm)	Médias Estimadas (cm)
0	159,28	158,28
40	169,00	169,07
60	172,97	174,47
80	178,10	179,86
100	187,59	185,26

4.2.4 Número de Ramos Plagiotrópicos

O número de ramos plagiotrópicos não foi influenciado significativamente por nenhum dos fatores de variação como é possível constatar através da Tabela 13.

TABELA 13. Resumo da análise de variância dos dados obtidos na 7ª avaliação de crescimento (23/04/99) para o parâmetro número de ramos plagiotrópicos, UFLA, Lavras-MG, 1999.

Fator de Variação	G.L.	Q.M.
Lâmina	4	1,5353 NS
Bloco	3	80,1872 NS
Resíduo 1	12	118,3522
Parcelamento	2	91,2899 NS
Lâmina x Parcelamento	8	83,4152 NS
Resíduo 2	30	53,6394
Total	59	
Média Geral:	57,5650	
R ² :	0,6099	
CV 1:	18,8986%	
CV 2:	12,7228%	

NS: não significativo.

A Tabela 14 mostra como foi o comportamento deste parâmetro em função da lâmina de irrigação, que, mesmo não tendo produzido efeito significativo, provocou uma tendência de aumento no número de ramos plagiotrópicos à medida que se aumentou a quantidade de água aplicada. No entanto, cabe ressaltar que, para as menores lâminas (L_2 , L_3 e L_4 , 80%, 60% e 40% da ECA, respectivamente), este aumento foi discreto, constatando, sim, um sensível acréscimo deste parâmetro no tratamento L_1 (100%ECA).

TABELA 14. Valores médios de nº de ramos plagiotrópicos observados em função das lâminas aplicadas, UFLA; Lavras-MG, 1999.

Tratamento (%ECA)	Médias Observadas
0	57,26
40	57,19
60	57,58
80	58,07
100	61,97

4.2.5 Comprimento do Primeiro Ramo Plagiotrópico

O comprimento do primeiro ramo plagiotrópico foi avaliado no intuito de caracterizar o comprimento, também, dos demais ramos plagiotrópicos da planta e assim, ter uma idéia de seu potencial produtivo.

Através da Tabela 15, constata-se que este parâmetro foi influenciado significativamente pelas variáveis Lâmina de Irrigação, Parcelamento de Adubação e pela interação Lâmina x Parcelamento.

A variável Lâmina apresentou um efeito linear sobre o parâmetro em questão. A equação que melhor se ajustou aos dados observados pode ser vista na Figura 7. Os valores médios de comprimento do 1º ramo plagiotrópico

observados e estimados pela equação são apresentados na Tabela 16. Nota-se um incremento de aproximadamente 20% no comprimento médio do 1º ramo plagiotrópico no tratamento L₁ (100%ECA), quando comparado com a testemunha. É importante destacar o efeito positivo que maiores comprimentos de ramos podem provocar sobre a produção. De acordo com Rena e Maestri (1986) existe uma estreita dependência da floração em relação ao crescimento dos ramos, e, por consequência, da produção em relação a floração.

TABELA 15. Resumo da análise de variância dos dados obtidos na 7ª avaliação de crescimento (23/04/99) para o parâmetro comprimento do 1º ramo plagiotrópico, UFLA, Lavras-MG, 1999.

Fator de Variação	G.L.	Q.M.
Lâmina	4	562,8917 *
Bloco	3	65,6611 NS
Resíduo 1	12	48,6472
Parcelamento	2	250,0167 *
Lâmina x Parcelamento	8	232,6417 *
Resíduo 2	30	68,0500
Total	59	
Média Geral:	90,5167	
R ² :	0,7254	
CV 1:	7,7055%	
CV 2:	9,1135%	

* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

NS: não significativo.

TABELA 16. Valores médios de comprimento do 1º ramo plagiotrópico, observados e estimados pela equação de regressão, em função das lâminas aplicadas, UFLA, Lavras-MG, 1999.

Tratamento (%ECA)	Médias Observadas (cm)	Médias Estimadas (cm)
0	79,92	81,34
40	87,25	87,89
60	95,08	91,17
80	95,67	94,45
100	94,67	97,73

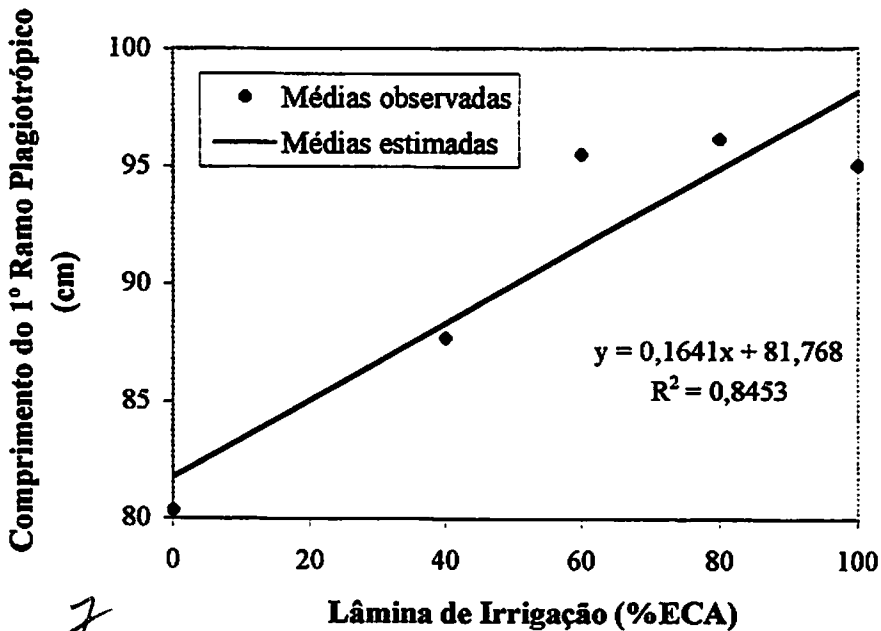


FIGURA 7. Efeito dos tratamentos de Lâmina de Irrigação sobre o comprimento do 1º ramo plagiotrópico do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Acaia MG-1474, UFLA, Lavras-MG, 1999.

O Parcelamento de Adubação produziu maior efeito sobre o comprimento do 1º ramo plagiotrópico quando a adubação foi feita em 3

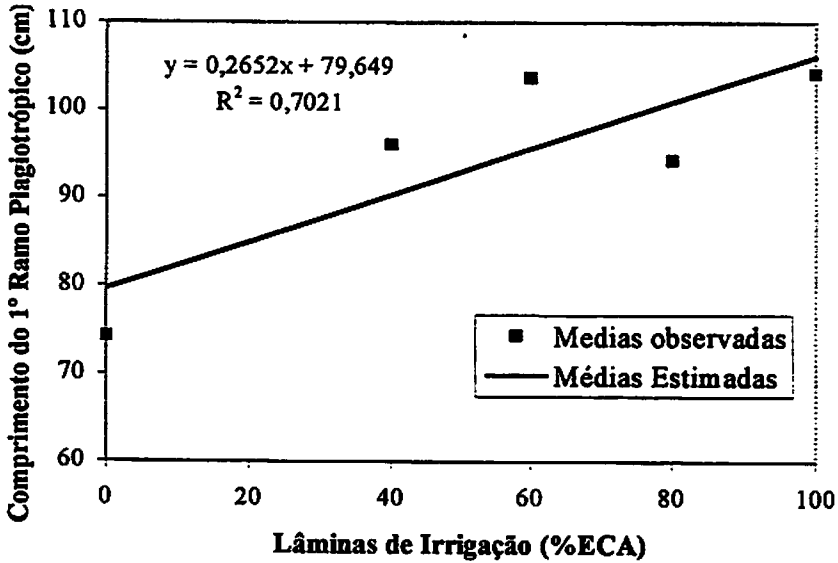
parcelamentos como foi confirmado através do teste de médias de Scott-Knott (Tabela 17).

TABELA 17. Resultado do teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, aplicado às médias dos comprimentos do 1º ramo plagiotrópico do cafeeiro, obtidas em função dos Parcelamentos de Adubação, UFLA, Lavras-MG, 1999.

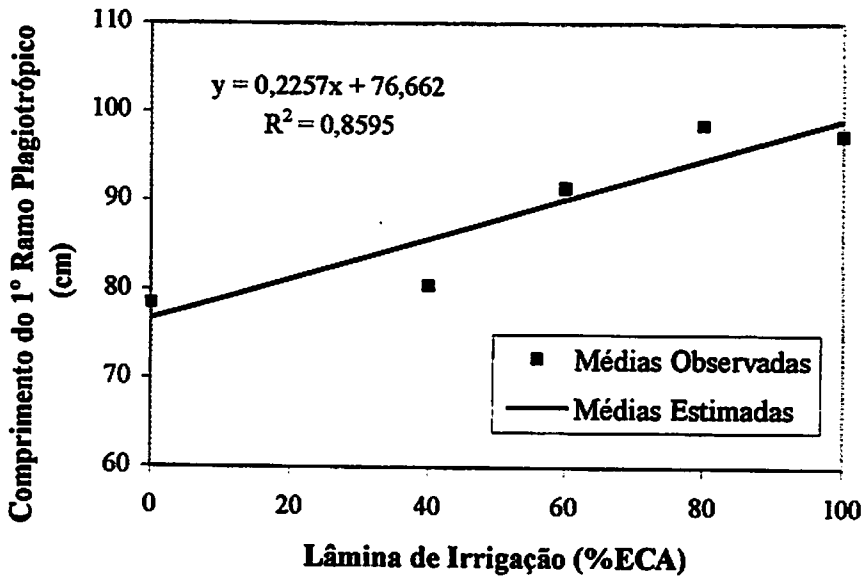
Parcelamento	Média (cm)	Grupo
3	94,50	2
6	87,75	1
9	89,30	1

Uma vez que o Parcelamento de Adubação e a Lâmina de Irrigação apresentaram efeitos significativos, desenvolveu-se, então, o desdobramento da interação entre as duas variáveis nos dois sentidos, ou seja, Lâmina dentro de Parcelamento, e Parcelamento dentro de Lâmina. Aplicou-se análise de regressão polinomial para o primeiro desdobramento e teste de médias de Scott-Knott para o segundo. Em ambos os casos a interação $L_1 \times 3$ (reposição de 100% da ECA com aplicação de fertilizantes em 3 parcelamentos) apresentaram melhores resultados, evidenciando os resultados já observados quando se analisou os tratamentos de lâmina e de parcelamento separadamente.

No primeiro caso, a análise de regressão foi significativa para os parcelamentos 3 e 9, com graus de significância de 0,008% e 0,2%, respectivamente. As equações que descrevem o comportamento dos valores médios do parâmetro em questão estão descritas na Figura 8.



(a)



(b)

FIGURA 8. Efeito da interação Lâmina de Irrigação x Parcelamento de Adubação sobre o comprimento do 1º ramo plagiotrópico do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Acaiá MG-1474, quando se variou a lâmina dentro de 3 parcelamentos (a) e de 9 parcelamentos (b), UFLA, Lavras-MG, 1999.

No segundo caso, em que se desdobrou Parcelamento dentro de Lâmina, a análise de variância apresentou resultados significativos para as lâminas L₁ (100%ECA), L₃ (60%ECA) e L₄ (40%ECA), com graus de significância de 0,2%, 5,0% e 4,3%, respectivamente. Às médias obtidas com os parcelamentos de adubação nestas três lâminas, aplicou-se o teste de Scott-Knott (Tabela 18).

TABELA 18. Resultado do teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, aplicado às médias dos comprimentos do 1º ramo plagiotrópico do cafeeiro, obtidas em função da interação Lâmina x Parcelamento, UFLA, Lavras-MG, 1999.

Lâmina	Parcelamento	Média (cm)	Grupo
L ₁	3	104,47	2
	6	82,81	1
	9	97,90	2
L ₃	3	104,22	2
	6	90,63	1
	9	91,73	1
L ₄	3	96,22	2
	6	85,80	1
	9	81,08	1

Os graus de significância obtidos para os dois desdobramentos desenvolvidos, vêm confirmar a tendência, já comentada anteriormente, de que o tratamento L₁ x 3 (reposição de 100% da ECA com aplicação de fertilizantes em 3 parcelamentos) foi o que apresentou melhores resultados, quando o parâmetro avaliado foi o comprimento do 1º ramo plagiotrópico. Resultado semelhante foi constatado para o parâmetro L₃ x 3 (reposição de 60% da ECA com aplicação de fertilizantes em 3 parcelamentos), como foi possível observar na Tabela 18 e na Figura 8 (a).

4.2.6 Número de Ramificações no Primeiro Ramo Plagiotrópico

Este parâmetro foi bastante influenciado pelas diferentes lâminas de irrigação aplicadas (Tabela 19), porém o efeito provocado foi inverso ao observado para os demais parâmetros avaliados. O Número de Ramificações no 1º Ramo Plagiotrópico decresceu com o aumento da lâmina (Figura 9). Os valores médios observados são apresentados na Tabela 20.

Esta constatação pode ser justificada considerando que o déficit hídrico impediu a evolução das gemas vegetativas em gemas florais, evoluindo, então, em ramificações. No entanto, esta é uma suposição. Já que o efeito do déficit hídrico na planta sobre a iniciação floral não tem sido investigado sistematicamente e, de acordo com Rena e Maestri (1986), tem sido mesmo difícil correlacionar os dois fenômenos por meio de observações fenológicas.

TABELA 19. Resumo da análise de variância dos dados obtidos na 7ª avaliação de crescimento (23/04/99) para o parâmetro número de ramificações no 1º ramo plagiotrópico, UFLA, Lavras-MG, 1999.

Fator de Variação	G.L.	Q.M.
Lâmina	4	47,2296 *
Bloco	3	17,2870 *
Resíduo 1	12	4,8747
Parcelamento	2	20,1439 NS
Lâmina x Parcelamento	8	5,6239 NS
Resíduo 2	30	6,6576
Total	59	
Média Geral:	8,7607	
R ² :	0,6582	
CV 1:	25,2020%	
CV 2:	29,4524%	

* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

NS: não significativo.

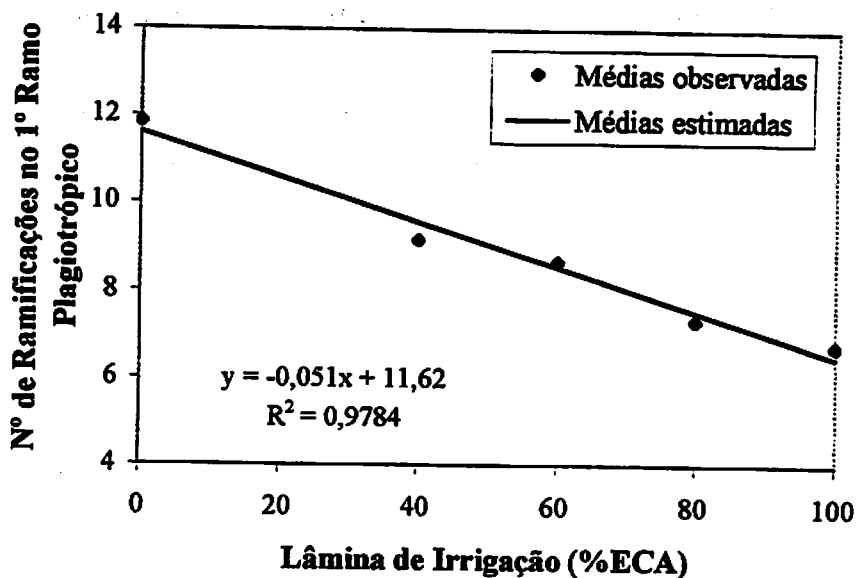


FIGURA 9. Efeito dos tratamentos de Lâmina de Irrigação sobre o número de ramificações no 1º ramo plagiotrópico do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Acaia MG-1474, UFLA, Lavras-MG, 1999.

TABELA 20. Valores médios do número de ramificações no 1º ramo plagiotrópico, observados e estimados pela equação de regressão, em função das lâminas aplicadas, UFLA, Lavras-MG, 1999.

Tratamento (%ECA)	Médias Observadas	Médias Estimadas
0	11,85	11,62
40	9,17	9,58
60	8,67	8,56
80	7,34	7,54
100	6,77	6,52

O decréscimo do nº de ramificações em função de um aumento na lâmina aplicada, a princípio, pode representar um acréscimo na produtividade, baseando-se na suposição feita com relação a diferenciação das gemas. Onde se

tem ramos, haveriam flores, e vice-versa. O acréscimo na produtividade, quanto maior a lâmina aplicada, se confirmou, como é mostrado mais adiante (item 4.5). No entanto, numa segunda análise, no caso, numa próxima safra, este fato pode se reverter, já que estas ramificações, abundantes agora, são ramos plagiotrópicos secundários, terciários e assim por diante, se tratando, então, de ramos produtivos.

4.2.7 Número de Internódios

O número de internódios sofreu influência significativa, unicamente, da interação Lâmina x Parcelamento (Tabela 21).

TABELA 21. Resumo da análise de variância dos dados obtidos na 7ª avaliação de crescimento (23/04/99) para o parâmetro número de internódios, UFLA, Lavras-MG, 1999.

Fator de Variação	G.L.	Q.M.
Lâmina	4	11,7346 NS
Bloco	3	5,0089 NS
Resíduo 1	12	4,6097
Parcelamento	2	5,2970 NS
Lâmina x Parcelamento	8	5,5010 *
Resíduo 2	30	2,1859
Total	59	
Média Geral:	28,2952	
R ² :	0,7238	
CV 1:	7,5879%	
CV 2:	5,2252%	

* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

NS: não significativo.

O desdobramento de Parcelamento dentro de Lâmina foi significativo quando se fixou L₂ (80%ECA). Pelo teste de médias de Scott-Knott, a interação que proporcionou melhor resultado foi L₂ x 9, que corresponde à reposição de 80% da ECA com aplicação de fertilizantes feita em 9 parcelamentos (Tabela 22).

TABELA 22. Resultado do teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, aplicado às médias dos números de internódios do cafeeiro, obtidas em função da interação Lâmina x Parcelamento, UFLA, Lavras-MG, 1999.

Lâmina	Parcelamento	Média	Grupo
L ₂	3	26,96	1
	6	27,29	1
	9	29,99	2

O comportamento dos dados médios de Número de Internódios em função das lâminas de irrigação é apresentado na Tabela 23.

TABELA 23. Valores médios de n° de internódios observados em função das lâminas aplicadas, UFLA, Lavras-MG, 1999.

Tratamento (%ECA)	Médias Observadas
0	27,19
40	27,97
60	28,37
80	28,76
100	29,16

É possível constatar que, ainda que discreto, há um incremento deste parâmetro em função do aumento da lâmina.

E, assim como se constatou nos parâmetros altura da planta e nº de ramos plagiotrópicos, este incremento foi mais sensível no tratamento L₁ (100%ECA), sendo que entre as lâminas L₂ (80%ECA), L₃ (60%ECA) e L₄ (40%ECA) a diferença entre os valores obtidos é bem pequena.

De uma maneira geral, nota-se que a reposição de 100% da ECA para o cafeeiro é, dentre as lâminas testadas, a que produziu melhores resultados sobre os parâmetros de crescimento da cultura.

4.3 Distribuição de Potássio no Solo

Foi analisada a distribuição de potássio nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade, determinados através de análise química do solo.

O potássio, juntamente com o Nitrogênio, foi aplicado via água de irrigação nas parcelas irrigadas. Devido à sua média mobilidade no solo (Malavolta, 1993), o potássio foi tomado como referência quanto a distribuição dos nutrientes no perfil.

Acompanhando os conteúdos de potássio nas camadas de solo nos dois anos em que foram feitas as adubações, 1998 e 1999, observou-se que não houve uma tendência comum de distribuição entre as camadas de solo, nem em função das lâminas de irrigação, nem em função dos parcelamentos de adubação (Figuras 10, 11, 12, 13, 14 e 15).

Esta heterogeneidade na distribuição pode estar associada ao desenvolvimento do sistema radicular, ou ao regime de chuvas, ou a algum outro fator, dentre os tantos que interferem em cultivos em condições de campo.

Cabe ressaltar que esta observação carece de maiores estudos, a fim de munir os usuários da fertirrigação de informações mais precisas, proporcionando o uso correto e eficiente desta técnica.

Ainda assim, algumas considerações podem ser feitas observando as figuras a seguir, e conflitando estas observações com aquelas feitas no item 4.1, com relação à movimentação da água no solo.

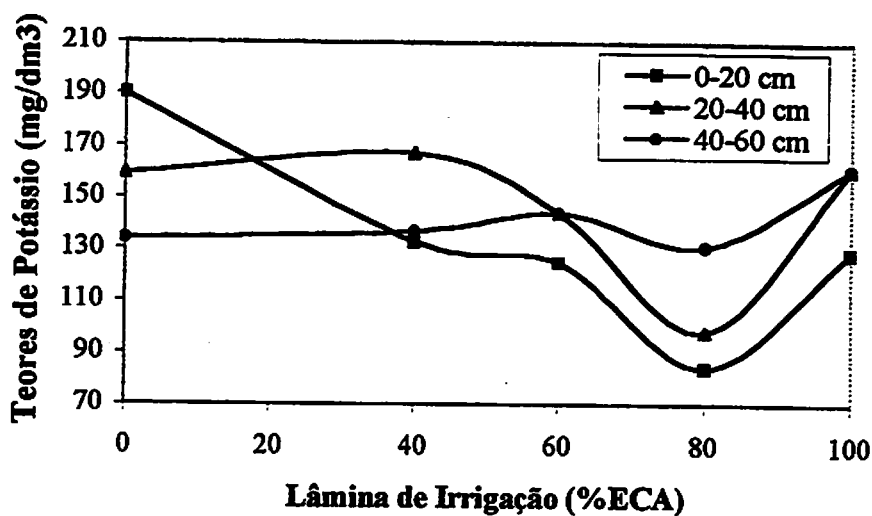


FIGURA 10. Distribuição de Potássio no solo das subparcelas que receberam adubação em 3 parcelamentos, em função da lâmina de irrigação. Dados obtidos em 1998.

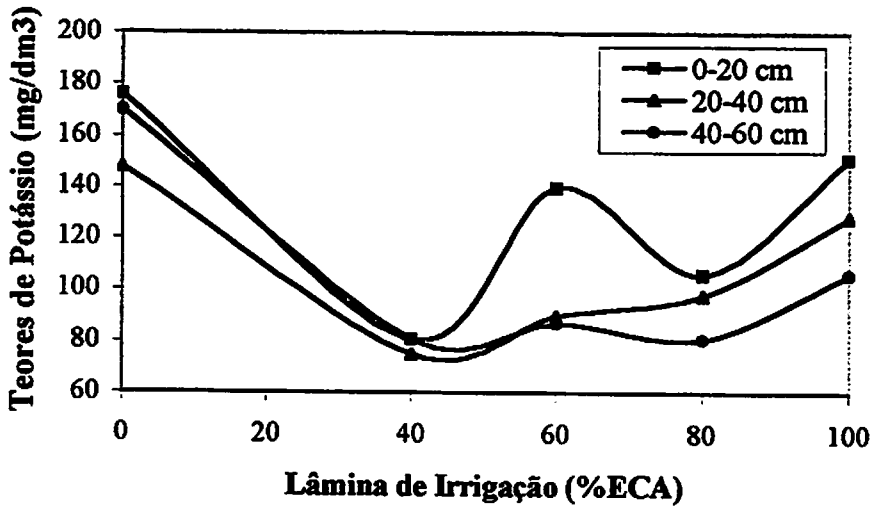


FIGURA 11. Distribuição de Potássio no solo das subparcelas que receberam adubação em 3 parcelamentos, em função da lâmina de irrigação. Dados obtidos em 1999.

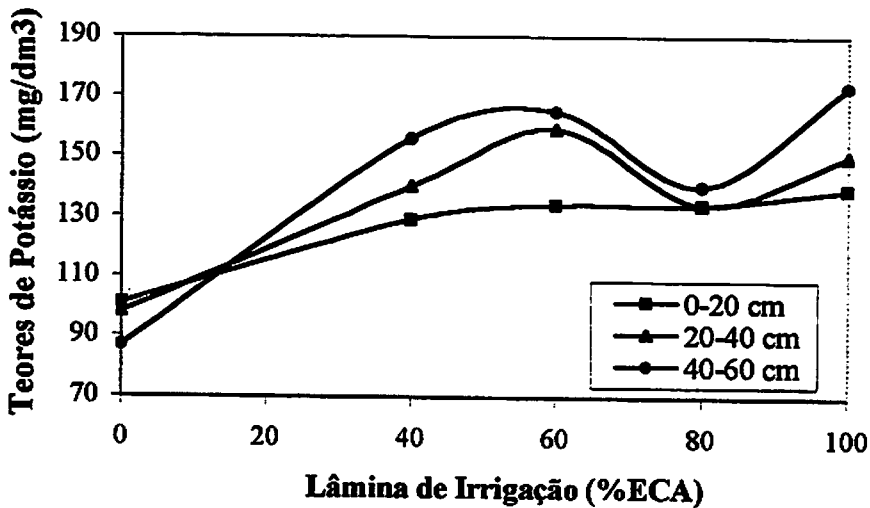


FIGURA 12. Distribuição de Potássio no solo das subparcelas que receberam adubação em 6 parcelamentos, em função da lâmina de irrigação. Dados obtidos em 1998.

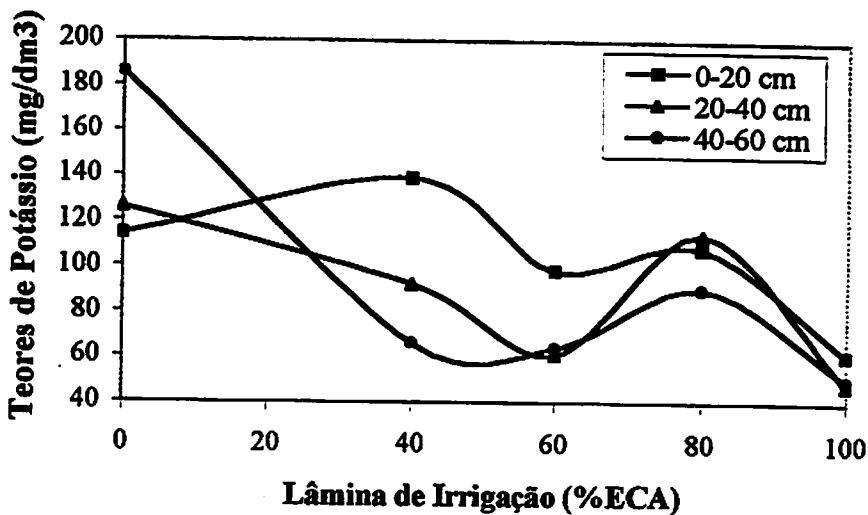


FIGURA 13. Distribuição de Potássio no solo das subparcelas que receberam adubação em 6 parcelamentos, em função da lâmina de irrigação. Dados obtidos em 1999.

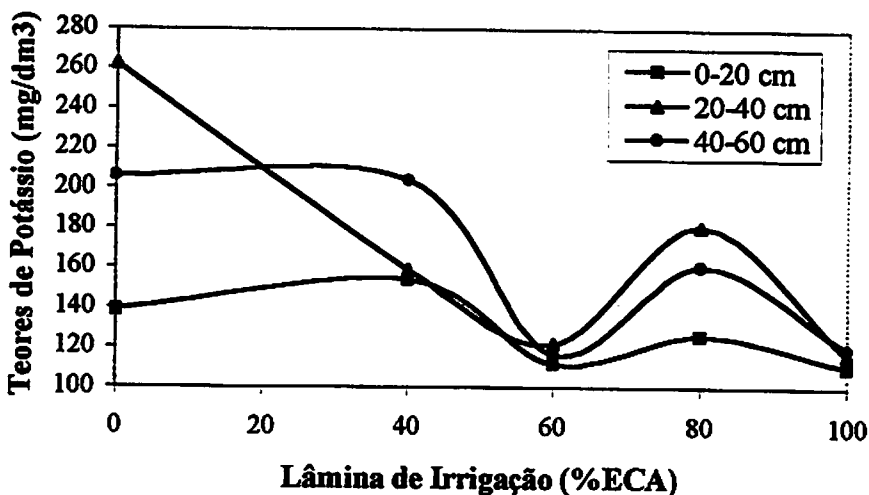


FIGURA 14. Distribuição de Potássio no solo das subparcelas que receberam adubação em 9 parcelamentos, em função da lâmina de irrigação. Dados obtidos em 1998.

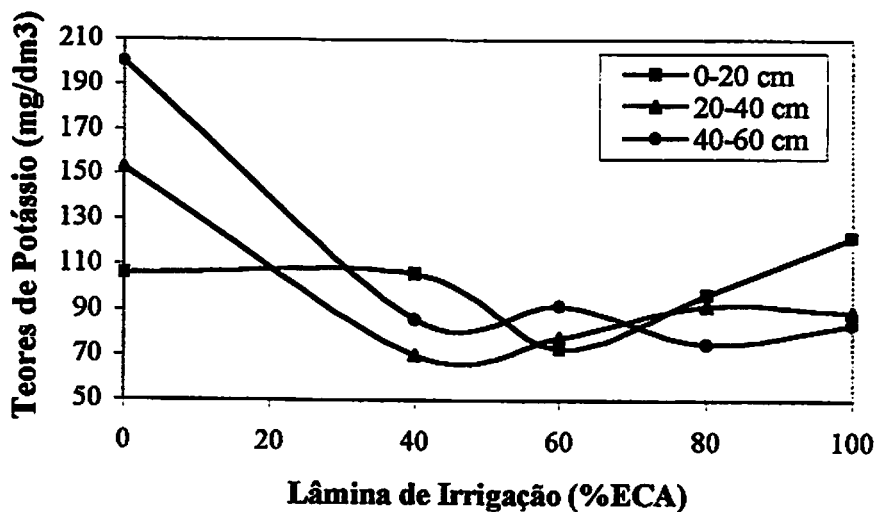


FIGURA 15. Distribuição de Potássio no solo das subparcelas que receberam adubação em 9 parcelamentos, em função da lâmina de irrigação. Dados obtidos em 1999.

Na maioria dos casos os teores de potássio foram mais elevados nas testemunhas, indicando que, na ausência de água, as doses de Cloreto de Potássio aplicadas se mantiveram nas camadas superficiais, já que, obviamente, nestas parcelas não ocorreu distribuição dos nutrientes em profundidade. Ou, pelo menos, esta ocorreu em menor intensidade, somente devido às chuvas.

O efeito desta distribuição é claramente notado quando se observa a Figura 10. Nota-se que, na camada de 0-20 cm, os teores de potássio tendem a diminuir à medida que se aumenta a lâmina aplicada até L_2 (80%ECA), enquanto o inverso acontece na camada de 40-60 cm. Assim, fica claro que o potássio foi “carregado” pela água, das camadas superficiais para as mais profundas. Como as lâminas maiores (100% e 80%ECA) são aquelas que atingem valores mais elevados de umidade na camada de 40-60 cm de

profundidade, a forma como o potássio se distribuiu, nesta situação, é facilmente entendida.

Nas figuras que representam os dados obtidos em 1999 (Figuras 11, 13 e 15), os teores de potássio obtiveram uma tendência decrescente, em função do aumento da lâmina aplicada, nas três camadas de solo observadas. Neste caso, ressalta-se que, durante o período em que foram feitas as adubações (out/98 a mar/99), choveu 422 mm a mais do que no ano anterior, no mesmo período (out/97 a mar/98), como foi mostrado na Tabela 4, item 4.1. Assim, inclusive na testemunha (0%ECA), notam-se teores de potássio mais elevados nas camadas mais profundas, tendo este tratamento sofrido, também, os efeitos da distribuição em profundidade deste elemento, devido à maior ocorrência de chuvas.

Observaram-se, ainda, menores teores de K em 1999, provavelmente devido ao fato da cultura se encontrar em um estágio de desenvolvimento mais avançado que em 1998. A exigência nutricional da planta foi maior, não só pelo seu porte mais elevado, mas, também, por estar, já neste período, em fase de produção.

4.4 Teores de Nutrientes na Folha

O teor de nutrientes na folha do cafeeiro foi determinado nos dois anos em que se procederam as adubações (97/98 e 98/99), com o objetivo maior de acompanhar o estado nutricional da lavoura experimental e, assim, corrigir as possíveis deficiências que ocorressem. Outro fator a ser observado seria a ocorrência de diferentes teores de nutrientes em função dos tratamentos aplicados. Os resultados das análises foliares são apresentados nas Tabelas 24 e 25.

TABELA 24. Resultado da análise foliar no ano de 1998, para os tratamentos de lâmina.

Trat.	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	B (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)
L0 x 3	3,00	0,11	2,31	1,01	0,24	0,12	22,49	12,76	426,20	29,93	143,92
L0 x 6	2,82	0,11	2,40	0,79	0,19	0,11	11,98	12,76	212,53	27,87	94,98
L0 x 9	2,82	0,11	2,43	0,89	0,20	0,12	22,49	12,76	230,41	30,34	106,36
L1 x 3	2,28	0,11	2,16	0,41	0,12	0,09	22,79	12,76	120,10	17,15	98,39
L1 x 6	2,30	0,11	2,01	0,34	0,13	0,11	25,84	12,76	124,57	22,10	89,29
L1 x 9	2,39	0,11	2,13	0,49	0,15	0,12	29,80	2,79	121,09	23,13	88,15
L2 x 3	2,38	0,10	2,22	0,38	0,10	0,10	28,43	4,45	156,37	21,28	99,53
L2 x 6	2,30	0,11	2,19	0,30	0,10	0,11	23,70	6,12	85,31	27,05	76,76
L2 x 9	2,36	0,11	2,19	0,52	0,10	0,11	21,57	7,78	123,58	25,81	94,98
L3 x 3	2,47	0,11	2,19	0,42	0,14	0,11	24,31	32,71	178,24	22,10	83,59
L3 x 6	2,43	0,10	2,07	0,43	0,12	0,12	26,90	9,44	129,04	20,04	79,04
L3 x 9	2,47	0,11	2,04	0,49	0,13	0,11	23,09	9,44	127,55	24,37	94,98
L4 x 3	2,55	0,12	2,22	0,69	0,08	0,12	23,86	7,78	191,16	23,96	98,39
L4 x 6	2,51	0,10	2,04	0,43	0,10	0,10	24,01	12,76	175,75	24,99	99,53
L4 x 9	2,55	0,10	2,22	0,62	0,09	0,11	27,05	9,44	276,63	25,60	124,57
Média	2,51	0,11	2,19	0,55	0,13	0,11	23,89	11,10	178,56	24,38	98,16

O que se pode observar, é que a ligeira variação ocorrida não obedeceu às tendências impostas pelos tratamentos. Ocorreram sim variações esporádicas, uma deficiência acentuada ou mesmo altos teores de determinado nutriente em subparcelas isoladas.

Os resultados das análises mostraram teores foliares dos nutrientes considerados adequados, de acordo com a interpretação dos teores foliares feita por Malavolta (1993), apresentada no Anexo A. A única exceção ocorrida foi com relação aos teores de boro, que, nas análises feitas em 1998, se

apresentaram abaixo do adequado. Estes resultados permitiram a adequação nutricional da lavoura experimental, confirmada no ano seguinte, quando foram feitas novas análises e estas apresentaram teores dentro dos padrões de adequabilidade.

TABELA 25. Resultado da análise foliar no ano de 1999, para os tratamentos de lâmina.

Trat.	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	B (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)
L0 x 3	3,10	0,12	2,38	1,49	0,34	0,20	130,90	8,00	308,20	8,80	100,10
L0 x 6	2,89	0,12	2,20	1,34	0,30	0,20	112,10	9,80	268,00	12,90	95,30
L0 x 9	3,18	0,39	1,79	1,39	0,37	0,20	111,80	8,40	268,90	10,20	83,50
L1 x 3	3,15	0,22	2,24	1,25	0,36	0,19	101,20	77,20	204,50	11,50	84,20
L1 x 6	3,08	0,13	2,05	1,35	0,37	0,20	74,60	12,60	252,10	9,60	78,10
L1 x 9	3,10	0,14	2,15	1,73	0,39	0,22	84,30	12,80	226,40	10,80	80,20
L2 x 3	3,11	0,12	2,35	1,47	0,33	0,21	70,80	11,80	275,90	10,80	116,00
L2 x 6	3,18	0,13	1,93	1,22	0,37	0,21	60,40	9,50	257,80	11,50	86,40
L2 x 9	3,33	0,13	2,39	1,35	0,37	0,19	69,10	9,80	225,20	11,60	61,40
L3 x 3	3,08	0,14	2,28	1,20	0,34	0,20	126,80	12,80	270,50	9,20	83,00
L3 x 6	2,95	0,13	2,52	1,23	0,33	0,22	110,50	13,50	353,20	17,20	96,50
L3 x 9	3,04	0,13	1,93	1,47	0,31	0,22	102,40	9,80	261,30	11,60	83,70
L4 x 3	2,93	0,14	2,18	1,35	0,33	0,22	138,30	13,70	226,50	13,20	84,30
L4 x 6	3,01	0,13	2,40	1,33	0,34	0,24	112,10	11,30	354,20	12,70	76,10
L4 x 9	3,00	0,12	2,19	1,34	0,29	0,22	114,50	11,20	313,30	9,90	73,50
Média	3,08	0,15	2,20	1,37	0,34	0,21	101,32	15,48	271,07	11,43	85,49

Esta inadequação detectada em 1998, possivelmente foi a causa de uma redução no desenvolvimento de determinados parâmetros de crescimento da

cultura, como já foi comentado anteriormente, assim como os níveis de produtividade no tratamento L₂ (80%ECA), mostrado mais adiante.

Ressalta-se que estas foram “observações”, não tendo sido feita análise estatística destes dados, mesmo porque, por ocasião das coletas das amostras, não se observou o efeito das repetições, tendo sido coletadas amostras compostas dos tratamentos.

4.5 Produtividade

A produtividade, em sc/ha, do cafeeiro “Acaiaí” plantado em espaçamento semi-adensado e submetido aos tratamentos descritos no item Material e Métodos, foi influenciado pelas lâminas de irrigação, e somente por elas, não tendo sido constatado qualquer efeito dos diferentes parcelamentos de adubação, bem como da interação Lâmina x Parcelamento (Tabela 26).

TABELA 26. Quadro de análise de variância para produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Acaiaí MG-1474, na safra 1998/1999, em sacas de café beneficiado por hectare (sc/ha), UFLA, Lavras-MG, 1999.

Fator de Variação	G.L.	Q.M.
Lâmina	4	987,3167 *
Bloco	3	478,3278 NS
Resíduo 1	12	144,5500
Parcelamento	2	288,3167 NS
Lâmina x Parcelamento	8	376,1917 NS
Resíduo 2	30	223,9722
Total	59	
Média Geral:	59,2167	
R ² :	0,6144	
CV 1:	20,3032%	
CV 2:	25,2728%	

* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

NS: não significativo.

Os altos valores de CV, determinados na análise de variância, podem ter acontecido devido ao fato de que, em alguns casos, houve valores de produtividade bastante diferentes entre blocos, como é o exemplo da lâmina L₂ (80%ECA), que no Bloco II apresentou uma produtividade sensivelmente inferior àquelas encontradas nos demais blocos.

Tendo sido submetidas a análise de regressão polinomial, as médias de produtividade, obtidas em função das lâminas de irrigação, seguiram um comportamento linear, cuja equação está descrita na Figura 16. As médias observadas e estimadas pela equação são apresentadas na Tabela 27.

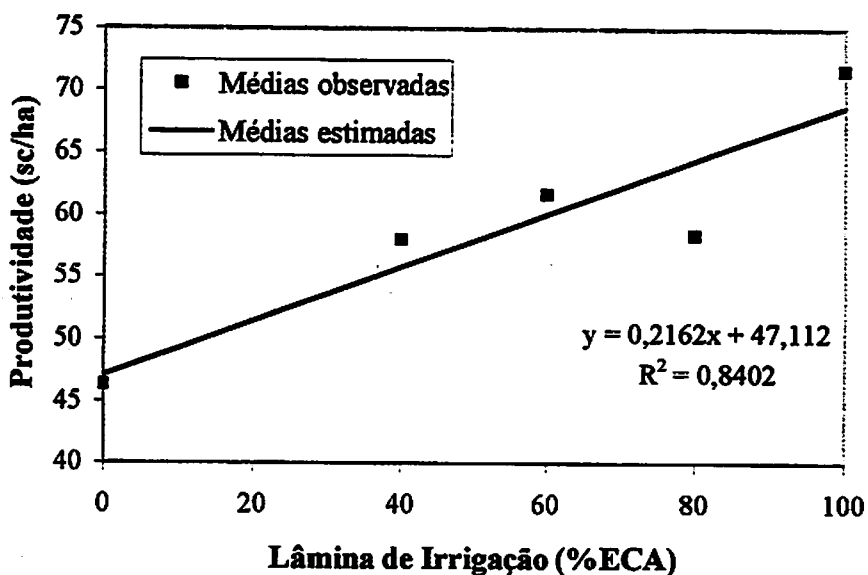


FIGURA 16. Efeito das lâminas de irrigação sobre a produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Acaíá MG-1474, UFLA, Lavras-MG, 1999.

TABELA 27. Médias das produtividades observadas e estimadas pela equação de regressão, em função das lâminas aplicadas, UFLA, Lavras-MG, 1999.

Tratamento (%ECA)	Médias Observadas (sc/ha)	Médias Estimadas (sc/ha)
0	46,33	47,11
40	58,00	55,76
60	61,67	60,08
80	58,42	64,40
100	71,67	68,72

As lâminas L₁ (100%ECA), L₂ (80%ECA), L₃ (60%ECA) e L₄ (40%ECA) proporcionaram produções, respectivamente, 54,69 %, 26,09 %, 33,11 % e 25,19 % a mais que a testemunha (0%ECA) nesta primeira safra da lavoura experimental. Tais incrementos vêm sustentar as afirmações de Matiello e Dantas (1987) e de Santinato, Lessi e Yamada (1996), que encontraram, respectivamente, incrementos na produtividade de 49% e de 48% em cafeeiros irrigados, quando comparados com cafeeiros não irrigados.

Como nos parâmetros de crescimento, verificou-se um ligeiro decréscimo da produtividade no tratamento L₂ (80%ECA). Este decréscimo, provavelmente, se deve, também, à carência de boro verificada no experimento, que, entre outros sintomas, induz ao menor “pegamento” da florada (Malavolta, 1986), e, conseqüentemente, menores níveis de produção.

Outro fato para o qual deve-se atentar, são os menores conteúdos de Potássio no tratamento L₂ (80%ECA), em comparação a L₃ (60%ECA), principalmente nas subparcelas que receberam 3 parcelamentos de adubação, como é possível verificar nas Figuras 10 e 11 no item 4.3. Não chega a ser uma carência de potássio, mas como Malavolta (1986) comenta que, em geral altos teores de K estão associados a colheitas elevadas, é possível que houve influência deste menor conteúdo do nutriente no solo sobre a diminuição da

produtividade das plantas que receberam lâmina de irrigação equivalente a 80%ECA (L_2).

Salienta-se a interrelação existente entre os parâmetros de crescimento da planta e sua produtividade. Espera-se que plantas de maior porte produzam mais, e isto vem se confirmando. O incremento nos valores médios de parâmetros como diâmetro da copa, comprimento dos ramos, e, mesmo, número de ramos plagiotrópicos e altura da planta refletem as produtividades encontradas nas parcelas irrigadas.

4.6 Épocas de Irrigação

Os tratamentos de época que compõem a unidade de observação, constituída pelos Blocos V e VI da área experimental, foram submetidos às mesmas avaliações que os tratamentos de lâmina, ou seja, foram avaliados os parâmetros de crescimento da planta, produtividade, distribuição de potássio no solo e teores de nutrientes na folha, não tendo sido feito o monitoramento da umidade no solo.

4.7.1 Parâmetros de Crescimento da Cultura e Produtividade

Foi feita análise estatística dos dados conforme nos tratamentos de lâmina, com exceção de que as médias obtidas nos tratamentos de Época foram submetidas ao teste de médias de Scott-Knott, por não se tratarem, estes tratamentos, de variáveis quantitativas.

Dentre os parâmetros de crescimento e produtividade, nenhum deles sofreu influência significativa dos tratamentos aplicados. As tabelas contendo os resultados das análises de variância para estes parâmetros são apresentadas no Anexo B.

Importante ressaltar que, mesmo não havendo diferenças significativas entre os tratamentos, observou-se que a maioria dos parâmetros de crescimento da planta obteve menor desenvolvimento quando submetido ao tratamento E₄, irrigação em setembro/agosto (Tabela 28). Este tratamento, juntamente com E₂, irrigação em abril/maio, foram os que receberam menor quantidade de água durante o período em que se conduziu o experimento, como foi possível constatar na Tabela 3 apresentada no item 4.1.

TABELA 28. Valores médios dos parâmetros de crescimento da planta obtidos na 7ª Avaliação de Crescimento, em função das Épocas de Irrigação, UFLA, Lavras-MG, 1999.

PARÂMETROS DE CRESCIMENTO	TRATAMENTOS				
	E ₀	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄
Diâmetro de Caule (mm)	41,78	41,50	41,52	42,53	39,95
Altura da Planta (cm)	169,35	171,66	163,69	170,14	160,46
Diâmetro de Copa (cm)	167,62	167,36	162,62	163,46	154,09
Nº de Ramos Plagiotrópicos (un)	57,73	57,33	55,67	58,49	54,98
Comprimento do 1º R. Plag. (cm)	88,24	93,55	88,47	81,85	82,89
Nº de Ramific. no 1º R. P. (un)	8,14	8,54	9,34	9,97	8,97
Nº de Internódios (un)	28,62	28,06	27,69	28,99	27,72
PRODUTIVIDADE (sc/ha)	48,00	64,33	42,83	61,50	50,83

Obs.: As épocas de irrigação equivalem a: E₀ = abril a julho; E₁ = abril a junho; E₂ = abril e maio; E₃ = maio e junho; E₄ = agosto e setembro.

É importante ressaltar que as médias gerais destes parâmetros nos tratamentos de época foram sempre inferiores às obtidas nos tratamentos de lâmina, porém, superiores às da testemunha.

No que se refere à produtividade, constatou-se que a média geral obtida com os tratamentos de época foi, também, inferior à dos de lâmina e superior à testemunha, produzindo, em média, 15 % a mais que o tratamento não irrigado.

Uma deficiência de boro ocorrida no experimento, já descrita em itens anteriores, atingiu de forma mais severa as plantas do Bloco VI, debilitando-as bastante. Isto ocasionou o alto coeficiente de variação (CV) determinado pela análise de variância (apresentada no Anexo B), podendo justificar, de certa forma, a não significância dos efeitos dos tratamentos de época sobre a produtividade.

Os resultados obtidos, tanto em relação ao crescimento da planta, quanto em relação à produtividade, mostram maior eficácia nos tratamentos que receberam irrigação o ano todo (os tratamentos de lâmina). Estes últimos proporcionaram maior crescimento da planta e, conseqüentemente, maior produtividade. Este fato se assemelha ao relatado por Santinato, Lessi e Yamada (1996), que encontraram piores produtividades nas parcelas irrigadas somente em determinadas épocas do ano, quando comparadas às irrigadas durante todo o ano.

Destaca-se que, por se tratar de uma unidade de observação com apenas duas repetições, os resultados obtidos com os tratamentos de época não têm o caráter definitivo de constatação científica, que serviriam, mais tarde, como referência. O que fica, diante destes resultados, é uma indicação para novas investigações neste sentido, a fim de preencher a lacuna existente no que diz respeito à irrigação do cafeeiro e a melhor época para fazê-la.

4.7.2 Distribuição de Potássio no Solo e Teores de Nutrientes na Folha

Os conteúdos de nutrientes nas camadas de solo nos tratamentos de época foram determinados em amostras de solo compostas de todos os tratamentos, ou seja, foram analisadas 9 amostras por ano, a saber: E x 3 (épocas com adubação em 3 parcelamentos), E x 6 (épocas com adubação em 6 parcelamentos), E x 9 (épocas com adubação em 9 parcelamentos); nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. A decisão de se fazer desta forma foi tomada considerando que no período em que foram feitas as fertirrigações (outubro a março), nenhuma parcela da unidade de observação estava recebendo tratamento, assim, todas elas receberam, neste período, a mesma quantidade de água proveniente das fertirrigações e das chuvas. Desta forma, a diferenciação na distribuição dos nutrientes em função das lâminas aplicadas é inexistente.

A distribuição de Potássio, assim como nos tratamentos de lâmina, não seguiu uma tendência de um ano para outro, como é possível observar na Tabela 29. Este fato volta a salientar a necessidade de maiores estudos no que diz respeito à distribuição de nutrientes no solo em lavouras fertirrigadas.

TABELA 29. Conteúdo de Potássio nas camadas de solo nos tratamentos de época, em função dos Parcelamentos de Adubação.

CONTEÚDO DE POTÁSSIO (mg/dm ³)						
Camadas de solo (cm)	Parcelamento de Adubação (ANO)					
	3 (98)	3 (99)	6 (98)	6 (99)	9 (98)	9 (99)
0-20	139	164	156	139	164	139
20-40	175	136	186	94	176	101
40-60	156	108	176	86	176	72

Quanto ao conteúdo de nutrientes na folha, cabem, nesta situação, os mesmos comentários feitos aos resultados encontrados nos tratamentos de lâmina. Assim como foi detectado naquele caso, somente o boro se apresentou em teore abaixo do considerado adequado, e foi feita, também, a correção, estando os demais nutrientes dentro dos teores ótimos para o desenvolvimento do cafeeiro. Os conteúdos encontrados nos tratamentos de época são apresentados nas Tabelas 30 e 31.

TABELA 30. Resultado da análise foliar no ano de 1998, para os tratamentos de época.

Trat.	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	B (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)
E0 x 3	2,73	0,11	2,46	0,54	0,09	0,10	28,43	11,10	236,38	21,89	97,25
E0 x 6	2,63	0,11	2,16	0,65	0,11	0,11	21,57	12,76	278,12	17,15	88,15
E0 x 9	2,67	0,11	2,46	0,65	0,12	0,12	23,25	12,76	275,14	20,25	84,73
E1 x 3	2,75	0,12	2,25	0,89	0,12	0,12	34,21	12,76	264,21	20,86	120,02
E1 x 6	2,69	0,12	2,13	0,88	0,15	0,11	26,60	11,10	209,05	17,36	105,22
E1 x 9	2,65	0,11	2,19	0,58	0,13	0,11	28,73	12,76	175,26	18,80	89,29
E2 x 3	2,78	0,11	2,19	0,77	0,14	0,11	24,62	14,43	252,78	19,63	93,84
E2 x 6	2,84	0,10	2,43	0,84	0,07	0,11	28,27	17,75	331,79	21,28	93,84
E2 x 9	2,65	0,11	2,25	0,54	0,15	0,11	25,53	14,43	260,23	16,95	118,88
E3 x 3	2,65	0,12	2,34	0,61	0,12	0,11	27,51	14,43	203,08	17,77	83,59
E3 x 6	2,73	0,12	2,16	0,87	0,14	0,12	29,80	14,43	249,79	19,63	94,98
E3 x 9	2,70	0,11	2,01	0,79	0,16	0,10	25,23	12,76	257,75	21,89	90,42
E4 x 3	2,49	0,10	1,98	0,58	0,12	0,11	21,57	14,43	230,41	18,18	76,76
E4 x 6	2,73	0,11	2,34	0,87	0,14	0,13	23,40	16,09	295,01	21,69	98,39
E4 x 9	2,76	0,11	2,10	0,93	0,16	0,15	18,22	16,09	326,32	18,80	93,84
Média	2,70	0,11	2,23	0,73	0,13	0,11	25,80	13,87	256,35	19,48	95,28

TABELA 31. Resultado da análise foliar no ano de 1999, para os tratamentos de época.

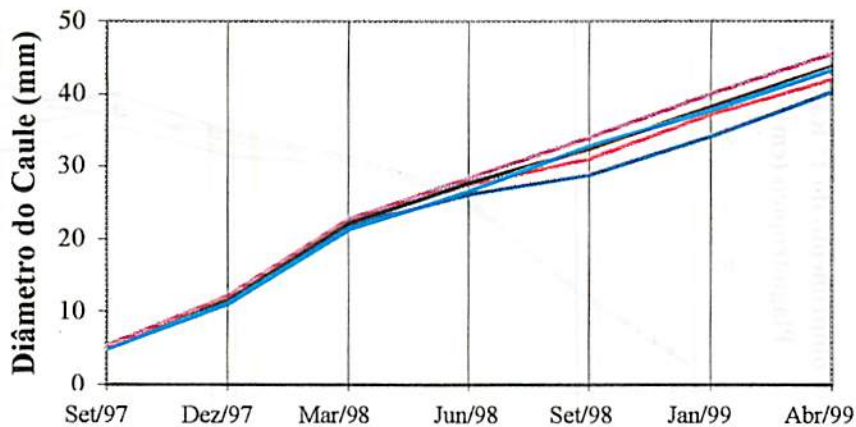
Trat.	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	B (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)
E0 x 3	3,16	0,12	2,39	1,12	0,27	0,20	87,30	9,00	358,20	9,00	127,70
E0 x 6	2,88	0,14	2,34	1,18	0,31	0,22	89,40	11,50	377,90	14,40	87,20
E0 x 9	3,24	0,12	2,77	0,91	0,28	0,21	75,00	9,90	330,20	8,40	79,60
E1 x 3	3,05	0,14	2,12	1,20	0,33	0,21	123,20	9,90	357,80	10,40	77,20
E1 x 6	3,05	0,14	2,31	1,25	0,37	0,21	101,00	10,80	362,90	15,70	64,40
E1 x 9	2,98	0,14	2,13	1,35	0,36	0,21	94,1	10,50	343,50	10,10	67,80
E2 x 3	3,02	0,12	2,29	1,24	0,30	0,23	112,3	18,80	387,40	19,80	92,90
E2 x 6	3,26	0,11	2,67	0,95	0,25	0,20	90,40	5,50	352,90	11,50	63,00
E2 x 9	3,02	0,13	2,50	1,09	0,31	0,21	79,80	7,90	365,20	11,20	85,50
E3 x 3	2,92	0,14	2,29	1,38	0,27	0,22	71,00	10,70	267,10	12,20	76,30
E3 x 6	3,30	0,15	2,31	1,13	0,31	0,22	112,50	11,80	392,40	9,40	68,90
E3 x 9	3,27	0,15	2,12	1,26	0,32	0,21	103,40	10,90	410,40	12,30	67,50
E4 x 3	3,24	0,12	2,10	1,19	0,28	0,21	110,10	9,40	418,90	17,00	89,70
E4 x 6	3,22	0,13	2,23	1,18	0,30	0,22	102,40	8,50	441,70	13,40	80,60
E4 x 9	3,08	0,13	2,07	1,21	0,31	0,22	116,00	9,40	353,60	12,30	77,50
Média	3,11	0,13	2,31	1,18	0,30	0,21	97,86	10,30	368,01	12,47	80,39

4.7 Considerações gerais

Do ponto de vista do suprimento de água ao cafeeiro, vale considerar que a reação da cultura às diferentes lâminas de irrigação podem diferir de uma época do ano para outra. Isto foi possível constatar analisando os dados médios obtidos para os parâmetros de crescimento da cultura nas sete avaliações feitas. Os intervalos entre avaliações permitiram conhecer o desenvolvimento da cultura nas diversas estações do ano, e, de forma mais específica, nos períodos seco e chuvoso.

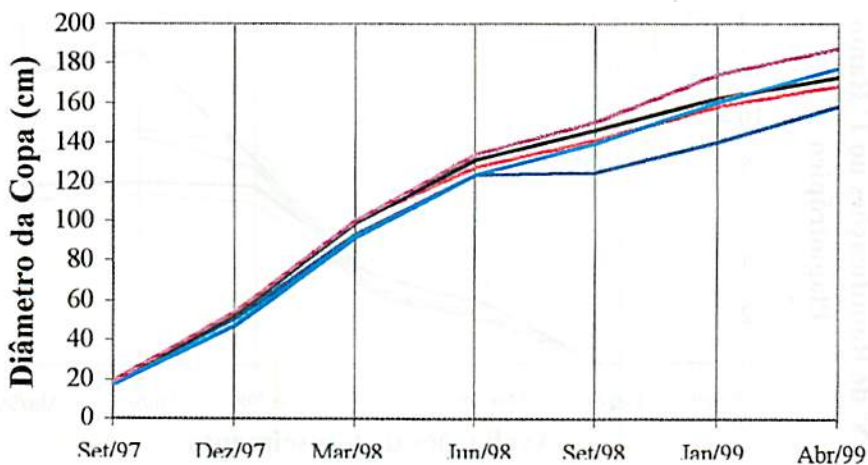
O que se pode ver é que o crescimento da cultura nas parcelas irrigadas é bastante pronunciado durante o período seco, quando comparado às não irrigadas. E, ainda que as não irrigadas tenham se desenvolvido bem durante o período chuvoso, o incremento não foi suficiente para que elas alcançassem o porte então alcançado pelas parcelas irrigadas.

A seguir apresentam-se as curvas de crescimento dos parâmetros sobre os quais os tratamentos de lâmina produziram efeito significativo (Figuras 17 e 18). As avaliações ocorreram em setembro/97 (1ª), dezembro/97 (2ª), março/98 (3ª), junho/98 (4ª), setembro/98 (5ª), janeiro/99 (6ª) e abril/99 (7ª).



Avaliações de Crescimento

(a)



Avaliações de Crescimento

(b)

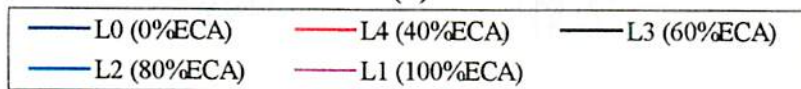


FIGURA 17. Curvas de crescimento do diâmetro do caule (a) e diâmetro da copa (b) do cafeeiro durante o período de condução do experimento, destacando o intervalo entre avaliações, UFLA, Lavras-MG, 1999.

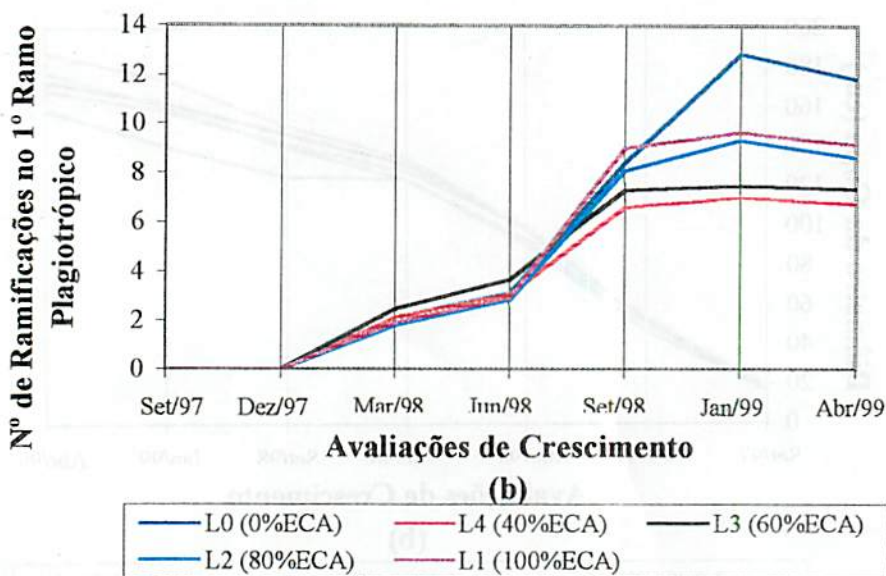
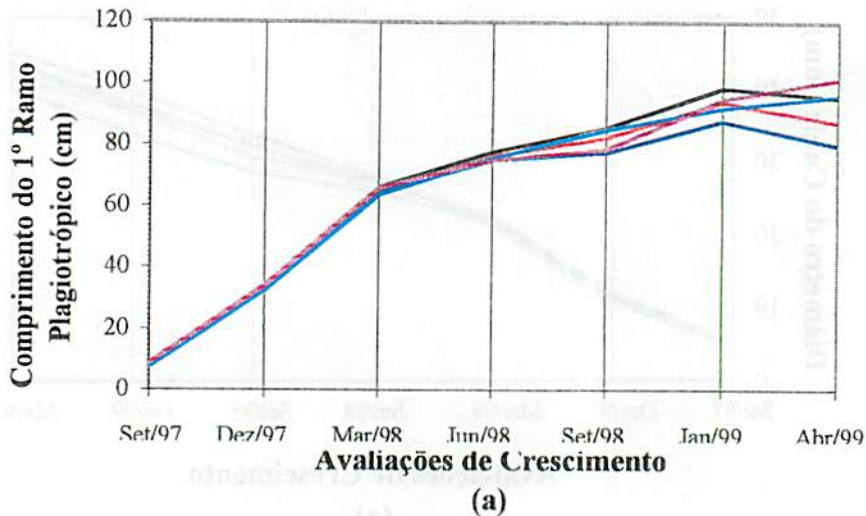


FIGURA 18. Curvas de crescimento do comprimento do 1º ramo plagiotrópico (a) e do nº de ramificações no 1º ramo plagiotrópico (b) do cafeeiro durante o período de condução do experimento, destacando o intervalo entre avaliações, UFLA, Lavras-MG, 1999.

A principal referência, no que diz respeito ao crescimento diferenciado entre as lâminas, é a curva de crescimento da lâmina L_0 (0%ECA). Esta acompanhou as demais, de forma semelhante em todos os parâmetros, até a 3ª avaliação. Entre a 3ª e a 4ª, sua inclinação diminuiu, e passou, praticamente a inexistir entre a 4ª e a 5ª avaliações, de junho a setembro de 1998, período de seca. Depois da 5ª avaliação o crescimento foi retomado, acompanhando a inclinação das demais, mas não atingindo seus valores.

No caso do comprimento do 1º ramo plagiotrópico e, também do nº de ramificações no 1º ramo plagiotrópico (Figura 18), observou-se um decréscimo entre a 6ª e a 7ª avaliações. Isto se deu devido ao fato de, neste período, as plantas já se encontrarem carregadas de frutos granados. Assim, seus ramos ficaram pesados, os 1ºs ramos começaram a tombar e, muitos deles a encostar no solo. Isto, associado à carga pendente elevada e à provável adubação insuficiente para esta carga, provocou a seca destes ramos e a conseqüente diminuição do seu comprimento e nº de ramificações. Porém a medição destes parâmetros foi feita da mesma forma, já que os ramos medidos haviam sido tomados como referência desde a 1ª avaliação.

5 CONCLUSÕES

A irrigação do cafeeiro produziu efeitos significativos sobre o desenvolvimento dos seguintes parâmetros de crescimento da cultura:

- diâmetro do caule;
- diâmetro da copa;
- comprimento do primeiro ramo plagiotrópico;
- número de ramificações no primeiro ramo plagiotrópico.

Para o último o crescimento foi inverso, ou seja, quanto maior a lâmina aplicada, menor foi o nº de ramificações no 1º ramo plagiotrópico.

O mesmo ocorreu na análise da produtividade, para a qual se obtiveram produtividades de 54,90%, 26,09%, 33,11% e 25,19% a mais do que a testemunha, para as lâminas L₁, L₂, L₃ e L₄, respectivamente.

Desta forma, a lâmina que proporcionou um maior crescimento da cultura e maior produtividade foi L₁, ou seja, reposição de 100% da ECA.

O parcelamento de adubação produziu efeito significativo somente para o comprimento do primeiro ramo plagiotrópico, sendo a adubação em 3 parcelamentos a que proporcionou o maior crescimento deste parâmetro.

A interação lâmina x parcelamento foi significativa para a altura da planta, o comprimento do 1º ramo plagiotrópico e o número de internódios. No entanto, não houve um comportamento comum aos três casos, o que não permite concluir sobre a melhor eficiência desta ou daquela combinação entre lâminas e parcelamentos de adubação.

Ressalta-se, ainda, a maior eficácia da irrigação durante todo ano, quando comparada com a irrigação somente em determinadas épocas.

As parcelas que receberam tratamento de época apresentaram, de maneira geral, resultados inferiores àqueles encontrados nos tratamentos que receberam irrigação o ano inteiro.

Conclui-se, então, que a irrigação do cafeeiro no município de Lavras é justificável. A irrigação garante um maior vigor a planta e elimina os riscos advindos de secas ocasionais, podendo, não só garantir a produção, como elevar a produtividade do cafeeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, J.M.H.; LOPÉZ, J.R.; REGALADO, A.P.; HERNANDES, J.F.G. El riego localizado. In: Curso Internacional de Riego Localizado. Tenerife, España: Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias, 1987. 317p.
- ANDRADE JÚNIOR, A.S. de; RODRIGUES, B.H.N.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; MELO, F. de B.; CARDOSO, M.J.; FRIZZONE, J.A. Níveis de irrigação por gotejamento em melancia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. Anais... Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p.1-3.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO CAFÉ 1998. 4.ed. Rio de Janeiro: Coffee Business, 1998. 136p.
- ARAÚJO, J.A.C. de. Análise do comportamento de uma população de café Icatu (H-4782-7) sob condições de irrigação por gotejamento e quebra-vento artificial. Piracicaba: ESALQ/SP, 1982. 87p. (Dissertação – Mestrado em Irrigação e Drenagem)
- AWATRAMANI, N.A.; MATHEUS, C.; MATHEW, P.K. Sprinkler irrigation for coffee. II. Studies on Robusta Coffee. *Indian Coffee*, Bangalore, v.37, n.1, p.16-20, 1973.
- BÁRTHOLO, G.F.; GUIMARÃES, P.T.G. Cuidados na colheita e preparo do café. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.18, n.187, p.33-42, 1997.
- BASTOS, C.E. de R. Avaliação do desenvolvimento de variedades, cultivares e progênies de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) submetidos a diferentes doses de potássio no substrato. Lavras: ESAL, 1994. 80p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia/Fitotecnia).
- BERNARDO, S. Manual de Irrigação. 5.ed. Viçosa: UFV – Imprensa Universitária, 1989. 596p.

- BONOMO, R.; MANTOVANI, E.C.; SOUZA, L.O. de C. de; SOARES, A.A. Uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação pressurizados utilizados na cafeicultura irrigada em áreas de cerrado de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 1, 1998, Araguari. **Palestras e Resumos...** Uberlândia: UFU/DEAGO, 1998. p.79-83.
- BUENO, C.R. Adubação nitrogenada em cobertura via fertirrigação por gotejamento para alface americana em ambiente protegido. Lavras: UFLA, 1998. 54p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia)
- COSTA, E.F.; FRANÇA, G.E.; ALVES, V.M.C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.139, p.63-68, jul. 1986.
- CAMARGO, A. P. Necessidades hídricas do cafeeiro. III Curso Prático Internacional de Agrometeorologia. Campinas, 1989. 22 p.
- CARVAJAL, J.F.; ACEVEDO, A.; LOPEZ, C.A. Nutrient uptake by the coffee tree during a yearly cycle. **Turrialba**, Turrialba, v.19, n.1, p.13-20, mar. 1969.
- CASTRO NETO, P.; VILELA, E. de A. Veranico: Um problema de seca no período chuvoso. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.138, p.59-62, jun. 1986.
- COELHO, A.M. Fertirrigação. In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p.201-228.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais Climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992. 84p.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Efeito da água no rendimento das culturas. Tradução de H.R. Gheyi et al. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. Tradução de: Yield Response to Water (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

- EZEQUIEL, A.C. Efeitos da adição de boro e zinco a substratos, no desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Lavras: ESAL, 1980. 72p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia)
- FARIA, R.T.; SIQUEIRA, R. Crescimento e produção de cafeeiro e culturas intercalares, sob diferentes regimes hídricos. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8, 1988, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABID, 1988. p.41-64.
- FERNANDES, A.L.T.; SANTINATO, R.; SANTO, J.E.; AMARAL, R. Comportamento vegetativo-produtivo do cafeeiro Catuaí cultivado no Oeste Baiano sob irrigação por pivô central. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 1, 1998, Araguari. **Palestras e Resumos...** Uberlândia: UFU/DEAGO, 1998. p.40-44.
- FREIRE, A.C.; MIGUEL, A.E. Disponibilidade de água no solo no período de 1974 a 1984, e seus reflexos na granação, qualidade e rendimento do café nos anos de 1983 e 1984, na região de Varginha-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11, 1984, Londrina. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC, 1984. p.113-14.
- 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 – Mestrado em Engenharia Agrícola).
- GOMIDE, R.L. Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Trabalhos apresentados...** Simpósio “Manejo de Irrigação”. Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p.133-238.
- GOPAL, N.H.; VISVESWARA, S. Flowering of coffee under South Indian condition. **Indian Coffee**, Bangalore, v.35, n.4, p.142-143 e 154, 1971.
- IBC. INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. **Cultura do café no Brasil: Pequeno manual de recomendações**. 1ªed. Rio de Janeiro, 1986. 214p.
- JUNQUEIRA, A.M.R.; OLIVEIRA, C.A. da S.; VALADÃO, L.T. Fabricação “caseira” de tensiômetros de boa performance e baixo custo. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais...**: v.1. Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p.253-255.

- KOBAYASHI, K.D.; NAGAO, M.A. Irrigation effects on vegetative growth of coffee. *Hort Science*, Alexandria, Virginia, USA, v.21, n.3, s.1, p.533, June 1986.
- LAZZARINI, W. Ensaio preliminar de irrigação de café. *Boletim da Superintendência dos Serviços do Café*, São Paulo, v.27, n.303, p.408-406, 1952.
- LIMA FILHO, O.F. de. Calibração de boro e zinco para o cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí amarelo). Piracicaba: ESALQ/USP, 1991. 100p.(Dissertação – Mestrado em Ciências/Energia Nuclear na Agricultura).
- LORENTE, J.M. *Meteorologia*. Barcelona: Editorial Labor S.A., 1966. 304p.
- MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. *Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1986. p.165-274.
- MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e adubação do cafeeiro: colheitas econômicas máximas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210p.
- MATIELLO, J.B. *O café – do cultivo ao consumo*. São Paulo: Globo, 1991, 320p.
- 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 CAFEIIRAS, 14, 1987, Campinas. Resumos... Campinas, 1987. p.165.
- MENDES, A.N.G.; ABRAHÃO, E.J.; CAMBRAIA, J.F.; GUIMARÃES, R.J. *Recomendações técnicas para a cultura do cafeeiro no Sul de Minas*. Lavras: UFLA, 1995. 76p.
- MENDES, A.N.G.; GUIMARÃES, R.J. *Genética e melhoramento do cafeeiro*. Lavras: UFLA/FAEPE, 1996. 99p.
- MENDES, A.N.G.; GUIMARÃES, R.J. *Economia cafeeira: o agribusiness*. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 59p.

- MIGUEL, A.E.; REIS, G.N. dos; MATIELLO, J.B. Influência do déficit hídrico em diferentes períodos após a floração, no desenvolvimento e na qualidade do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 19, 1993, Três Pontas. Anais... Três Pontas, 1993. p.9-11.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO-PROCAFÉ. Diagnóstico da cafeicultura em Minas Gerais. Belo Horizonte: Faemg, 1996. 52p.
- MORICOCHI, L.; MARTIN, N.B.; VEGRO, C.L.R. Produção de café nos países concorrentes do Brasil e tendências de consumo mundial. Informações Econômicas, São Paulo, v.27, n.5, p.7-24, maio 1997.
- OLLITA, A.F.L. Os métodos de Irrigação. São Paulo: Livraria Nobel S.A., 1981. 267p.
- PICINI, A.G. Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para estimativa de produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) a partir do monitoramento da disponibilidade hídrica do solo. Piracicaba: ESALQ/USP, 1998. 132p. (Dissertação – Mestrado em Agrometeorologia)
- PIZARRO CABELLO, F. Riegos Localizados de Alta Frecuencia (RLAF): goteo, microaspersión, exudación. 3.ed.ver.ampl. Madri: Ediciones Mundi Prensa, 1996. 513p.
- REIS, G.N. dos; MIGUEL, A.E.; OLIVEIRA, J.A. de. Efeito da irrigação, em presença e ausência de adubação NPK, em cafeeiros em produção – Resultado de 3 produções. Caratinga-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRA, 16, 1990, Espírito Santo do Pinhal. Anais... Espírito Santo do Pinhal, 1990. p.19-21.
- RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1986. p.13-85.
- SANTINATO, R.; GONZAGA, A.; NEVES, C.P.; SENNA, C.A. e SILVA, A.A. Modo de adubação NK no cafeeiro irrigado por gotejamento em região com déficit hídrico limitante à cultura do *Coffea Arabica* – fase de formação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 15, 1989, Maringá. Anais... Rio de Janeiro: IBC, 1989. p.227-229.

SANTINATO, R.; LESSI, R.; YAMADA, A. Efeito do Triadimenol associado ao Dissulfoton (Baysiston) e ao Aldicarb (Bayfidan+Temik) na recuperação de lavoura irrigada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 22, 1996, Águas de Lindóia. Anais... Águas de Lindóia, 1996. p. 200-203.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A.L.T.; FERNANDES, D.R. Irrigação na cultura do café. Campinas: Arbore, 1996. 146p.

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, 1, 1998, Araguari. Palestras e Resumos... Uberlândia: UFU/DEAGO, 1998. p.120-125.

SILVA, E.C. da. Avaliação do poder e taxas de erro tipo I do teste de Scott-Knott por meio do método de Monte Carlo. Lavras: UFLA, 1998, 54p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia/Estatística e Experimentação Agropecuária).

SNOECK, J. Essai d'irrigation du caféier Robusta. Café Cacao Thé, Paris, v.21, n.2, p.111-128, avr.-juin 1977.

SOUSA, V.F.; SOUSA, A. de P. Fertirrigação: tipos e seleção de produtos, aplicação e manejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilhéus. Anais...: v.4. Ilhéus: SBEA, 1993. p.2529-2538.

VITTI, G.C.; BOARETO, A.E.; PENTEADO, S.R. Fertilizantes e fertirrigação. In: VITTI, G.C. & BOARETO, A.E. Fertilizantes Fluidos. Piracicaba: Potafos, 1994. p.261-281.

ANEXOS

ANEXO A		Página
TABELA 1A	Dosagem dos nutrientes aplicados via água de irrigação, em g/planta.....	89
TABELA 2A	Interpretação dos teores foliares.....	89

TABELA 1A: Dosagem dos nutrientes aplicados via água de irrigação, em g/planta.

NUTRIENTE	ANO	
	1997/98	1998/99
N	30	90
K	30	60

TABELA 2A: Interpretação dos teores foliares.

Elemento	Deficiente	Adequado	Excessivo
 (%)		
Nitrogênio (N)	<2,2	2,7-3,2	>3,5
Fósforo (P)	<0,10	0,15-0,20	>0,23
Potássio (K)	<1,4	1,9-2,4	>2,7
Cálcio (Ca)	<0,5	1,0-1,4	>1,7
Magnésio (Mg)	<0,26	0,31-0,36	>0,39
Enxofre (S)	<0,10	0,15-0,20	>0,25
 (ppm)		
Boro (B)	<20	59-80	>90
Cobre (Cu)	<5	8-16	>25
Ferro (Fe)	<50	90-180	>220
Manganês (Mn)	<40	120-210	>300
Molibdênio (Mo)	<0,10	0,15-0,20	>0,30
Zinco (Zn)	<4	8-16	>30

Fonte: Malavolta (1993).

ANEXO B**Página**

TABELA 1B	Resumo da análise de variância dos dados obtidos na 1ª avaliação de crescimento (Caracterização), feita em setembro de 1997.....	91
TABELA 2B	Resumo da análise de variância dos dados obtidos na 7ª avaliação de crescimento (23/04/99) das parcelas que receberam tratamento de época.....	92
TABELA 3B	Resumo da análise de variância dos dados de produtividade obtidos nas parcelas que receberam tratamento de época.....	94

TABELA 1B: Resumo da análise de variância dos dados obtidos na 1ª avaliação de crescimento (Caracterização), feita em setembro de 1997.

Parâmetro	Fator de Variação	G.L.	Q.M.
Diâmetro de caule	Lâmina	4	0,0277 NS
	Bloco	3	0,0728 NS
	Resíduo	12	0,1329
	Total	19	
	Média Geral:	5,2040	
	R ² :	0,1710	
	CV:	7,0075 %	
Altura da Planta	Lâmina	4	4,5925 NS
	Bloco	3	6,8713 NS
	Resíduo	12	5,9484
	Total	19	
	Média Geral:	42,0045	
	R ² :	0,3532	
	CV:	5,8063 %	
Diâmetro de Copa	Lâmina	4	1,9717 NS
	Bloco	3	0,0351 NS
	Resíduo	12	2,9265
	Total	19	
	Média Geral:	18,1750	
	R ² :	0,1854	
	CV:	35,1181%	
Nº de Ramos Plagiotrópicos	Lâmina	4	0,4397 NS
	Bloco	3	0,0975 NS
	Resíduo	12	0,6315
	Total	19	
	Média Geral:	4,3230	
	R ² :	0,2130	
	CV:	18,3830 %	
Comprimento do 1º Ramo Plagiotrópico	Lâmina	4	0,6229 NS
	Bloco	3	0,2649 NS
	Resíduo	12	2,3518
	Total	19	
	Média Geral:	8,3760	
	R ² :	0,1043	
	CV:	18,3091 %	

NS: não significativo.

TABELA 2B: Resumo da análise de variância dos dados obtidos na 7ª avaliação de crescimento (23/04/99) das parcelas que receberam tratamento de época.

Parâmetro	Fator de Variação	G.L.	Q.M.
Diâmetro de Caule	Época	4	5,3122 NS
	Bloco	1	2,2963 NS
	Resíduo 1	4	4,4705
	Parcelamento	2	3,3343 NS
	Época x Parcelamento	8	8,5714 NS
	Resíduo 2	10	7,7827
	Total	29	
	Média Geral:	41,4566	
	R ² :	0,5998	
	CV 1:	5,1001 %	
CV 2:	6,7293 %		
Altura da Planta	Época	4	136,1669 NS
	Bloco	1	376,1604 NS
	Resíduo 1	4	69,5974
	Parcelamento	2	26,4606 NS
	Época x Parcelamento	8	138,9442 NS
	Resíduo 2	10	188,8290
	Total	29	
	Média Geral:	167,0603	
	R ² :	0,5559	
	CV 1:	4,9937 %	
CV 2:	8,2255 %		
Diâmetro da Copa	Época	4	180,1420 NS
	Bloco	1	32,6981 NS
	Resíduo 1	4	32,0849
	Parcelamento	2	78,8449 NS
	Época x Parcelamento	8	174,9262 NS
	Resíduo 2	10	197,2967
	Total	29	
	Média Geral:	163,0300	
	R ² :	0,5529	
	CV 1:	3,4744 %	
CV 2:	8,6157 %		

...continua...

TABELA 2B, Cont.

Nº de Ramos Plagiotrópicos	Época	4	12,8803 NS
	Bloco	1	65,5641 NS
	Resíduo 1	4	17,5698
	Parcelamento	2	17,5184 NS
	Época x Parcelamento	8	9,5926 NS
	Resíduo 2	10	13,7658
	Total	29	
	Média Geral:	56,8430	
	R ² :	0,6848	
	CV 1:	7,3740 %	
CV 2:	6,5272 %		
Comprimento do 1º Ramo Plagiotrópico	Época	4	134,9328 NS
	Bloco	1	62,2368 NS
	Resíduo 1	4	33,1381
	Parcelamento	2	46,4953 NS
	Época x Parcelamento	8	112,6731 NS
	Resíduo 2	10	60,6822
	Total	29	
	Média Geral:	87,0017	
	R ² :	0,7402	
	CV 1:	6,6166 %	
CV 2:	8,9537 %		
Nº de Ramificações no 1º Ramo Plagiotrópico	Época	4	3,0062 NS
	Bloco	1	0,3741 NS
	Resíduo 1	4	3,9669
	Parcelamento	2	5,2759 NS
	Época x Parcelamento	8	4,2491 NS
	Resíduo 2	10	5,7868
	Total	29	
	Média Geral:	8,9950	
	R ² :	0,5572	
	CV 1:	22,1423 %	
CV 2:	26,7435 %		

...continua...

TABELA 2B, Cont.

	Época	4	1,9747 NS
	Bloco	1	3,2013 NS
	Resíduo 1	4	3,0559
	Parcelamento	2	1,1076 NS
	Época x Parcelamento	8	1,7033 NS
Nº de Intermódios	Resíduo 2	10	2,5687
	Total	29	
	Média Geral:	28,2153	
	R²:	0,6039	
	CV 1:	6,1956 %	
	CV 2:	5,6803	

NS: não significativo.

TABELA 3B: Resumo da análise de variância dos dados de produtividade obtidos nas parcelas que receberam tratamento de época.

Fator de Variação	G.L.	Q.M.
Época	4	498,7500 NS
Bloco	1	3477,633 NS
Resíduo 1	4	604,5500
Parcelamento	2	38,1000 NS
Época x Parcelamento	8	173,2250 NS
Resíduo 2	10	203,0667
Total	29	
Média Geral:	53,5000	
R²:	0,8216	
CV 1:	45,9581	
CV 2:	26,6358	

NS: não significativo.



