

RODRIGO CORRÊA BORGES ANTUNES

COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM *Meteorologia Agrícola*

Determinação da Evapotranspiração e Influência
da Irrigação e da Fertirrigação em Componentes
Vegetativos, Reprodutivos e Nutricionais do
Café Arábica

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2000

BIBLIOTECA
DEPTO. ENG. AGRÍCOLA

RODRIGO CORRÊA BORGES ANTUNES

DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO E INFLUÊNCIA DA
IRRIGAÇÃO E DA FERTIRRIGAÇÃO EM COMPONENTES
VEGETATIVOS, REPRODUTIVOS E NUTRICIONAIS DO CAFÉ ARÁBICA

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Meteorologia
Agrícola, para obtenção do título de
Magister Scientiae.

T
631.7
D636d
2000

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL

2000

BIBLIOTECA
DEPTO. ENG. AGRÍCOLA

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

A636d
2000

Antunes, Rodrigo Corrêa Borges, 1973-

Determinação da evapotranspiração e influência da irrigação e da fertirrigação em componentes vegetativos, reprodutivos e nutricionais do café arábica / Rodrigo Corrêa Borges Antunes. – Viçosa : UFV, 2000.
162p. : il.

Orientador : Everardo Chartuni Mantovani
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa

1. Café - Irrigação. 2. Café - Evapotranspiração. 3. Café - Irrigação - Manejo. 4. Café - Fertirrigação. 5. Café - Crescimento. 6. Café - Nutrição mineral. 7. Café - Salinidade. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

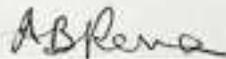
CDD 19.ed. 631.7
CDD 20.ed. 631.587

RODRIGO CORRÊA BORGES ANTUNES

DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO E INFLUÊNCIA DA
IRRIGAÇÃO E DA FERTIRRIGAÇÃO EM COMPONENTES
VEGETATIVOS, REPRODUTIVOS E NUTRICIONAIS DO CAFÉ ARÁBICA

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Meteorologia
Agrícola, para obtenção do título de
Magister Scientiae.

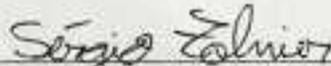
APROVADA: 15 de dezembro de 2000.



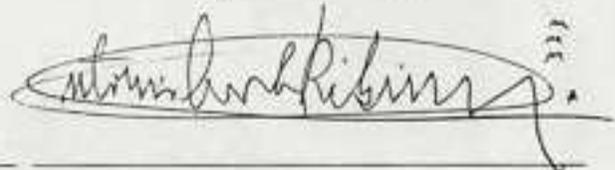
Prof. Alemar Braga Rena
(Conselheiro)



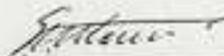
Dr. Antônio de Pádua Alvarenga
(Conselheiro)



Prof. Sérgio Zolnier



Prof. Antônio Carlos Ribeiro



Prof. Everardo Chartuni Mantovani
(Orientador)

A Deus, aos meus pais José Corrêa Antunes e Carolina Corrêa Borges, às minhas irmãs Carla e Flávia, à minha namorada Juliana e aos meus amigos Fred, Eduardo e Ângelo.

AGRADECIMENTO

A Deus, por tudo.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), por intermédio do Departamento de Engenharia Agrícola e do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, pela oportunidade de realizar este treinamento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento do Café e ao Núcleo de Cafeicultura Irrigada, por ter financiado este trabalho.

Aos meus pais e às minhas irmãs, pelo incentivo em buscar novos conhecimentos, pela amizade e pelo apoio em todos os momentos.

À minha namorada Juliana Cristina Braga, pelo carinho, pelo apoio e pela ajuda na superação dos desafios.

Ao professor Everardo Chartuni Mantovani, pela oportunidade e confiança na realização deste trabalho, pela possibilidade de aperfeiçoamento técnico, por meio de viagens a congressos, pela orientação para a vida e pela amizade.

Ao professor Alemar Braga Rena, pela orientação e dedicação no desenvolvimento dos trabalhos, pela paciência e compreensão em todos os momentos, pelos conselhos para a vida e pela amizade paterna.

Ao Dr. Antônio de Pádua Alvarenga, pela colaboração e assistência durante os trabalhos e pela paciência e amizade.

Ao Departamento de Fitotecnia, na pessoa da professora Herminia Emilia Prieto Martinez, pela concessão da Área Experimental da Agronomia para realização dos trabalhos.

Aos meus amigos e estagiários Aloísio Steim Carvalho Dias, Luís Fabiano Palaretti, Pablo de Araújo Ferreira e Ricardo Petrillo, pela convivência diária, pelo incentivo e pela colaboração nos trabalhos de campo e laboratório.

Aos meus amigos do Projeto Café Maurício Bonatto, Robson Bonomo, Luís Otávio, Adilson Soares, Héber Medeiros, Gustavo Haddad, Vinicius Bufon, Rafael Oliveira, Marconi e Leoni, pelo incentivo e pela colaboração em todos os momentos.

Aos professores do DEA Marcos Heil, Fernando Pruski, Rubens Oliveira, Demetrius David, Luís Cláudio Costa, Sérgio Zolnier, Haroldo Fernandes e Gilberto Sedyama, pelos ensinamentos e pela oportunidade de convivência diária.

Aos professores Hélio Garcia Leite e Silvana Lage Ribeiro Garcia, pela colaboração e dedicação nas análises estatísticas e pelo incentivo.

Ao técnico de campo Gino, pela colaboração e dedicação nos trabalhos de campo, sem o qual não seria possível concluí-los com êxito.

À laboratorista Lucimar Silva Rezende, pela presteza e apoio nos trabalhos de laboratório e pela paciência e amizade.

À Dra. Maria Helena de Oliveira, responsável pelo laboratório da Cooxupé, pela colaboração nas análises foliares.

Aos "vitaminados" Mesoca, Daniel, Pablo, Dudu, Sandro, Rodrigão, Juber e Chico Bento, pela amizade fraterna, pelo companheirismo, pela convivência diária e pela descontração.

Aos meus amigos, em especial a Paulo Márcio, Gregório, José Luís, Roberta, Andressa, Lady, Adriana, Marisa, Danilo, Alexandre Fofinho, professor Paulo Sérgio, Anderson, Alessandro, Mauro Ivo, André, Gomes, Ismael,

Bergson, Olívio, Zé Luiz, Marco e Sílvia, pelo apoio e companheirismo, que muito engrandeceu o nosso convívio.

Aos funcionários do DEA Edna, Galinari, Romeu, Marcos, Silas, Chiquinho, Evaristo e Fernanda, pela colaboração e amizade.

BIOGRAFIA

Rodrigo Corrêa Borges Antunes, filho de José Corrêa Antunes e Carolina Corrêa Borges, nasceu em 21 de outubro de 1973, em Belo Horizonte, MG.

Em 1993, iniciou o Curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, graduando-se em dezembro de 1997.

Em janeiro de 1998, iniciou o Curso de Especialização em Irrigação no Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, como bolsista da FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), concluindo-o em outubro de 1998.

Em outubro de 1998, iniciou o Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Meteorologia Agrícola no Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, na área de concentração em Manejo de Irrigação, submetendo-se à defesa de tese em dezembro de 2000.

CONTEÚDO

	Página
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xi
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 1.....	4
DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DO CAFEEIRO EM FORMAÇÃO.....	4
1. INTRODUÇÃO.....	4
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1. Aspectos básicos da evapotranspiração e coeficiente de cultura.....	6
2.2. Determinação da evapotranspiração da cultura.....	9
2.2.1. Lisimetria.....	10
2.2.2. Balanço hídrico pelo controle da umidade do solo.....	11
2.2.3. Estimativa da E _{Tc} através de modelos computacionais.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. Localização e características da área experimental.....	15
3.2. Dados meteorológicos.....	17

	Página
3.3. Utilização do programa computacional SISDA 3 para manejo da irrigação da cultura do cafeeiro em formação.....	19
3.3.1. Procedimentos de cadastro.....	20
3.3.2. Avaliação do programa.....	22
3.4. Estimativa da ETC pelos métodos de campo.....	23
3.4.1. Lisímetros: localização, montagem e manejo.....	23
3.4.2. Método do balanço hídrico pelo processo gravimétrico.....	25
3.4.3. Método do balanço hídrico utilizando TDR.....	25
3.5. Avaliação de componentes vegetativos.....	28
3.5.1. Área foliar.....	28
3.5.2. Diâmetro da base da copa.....	28
3.6. Determinação do coeficiente da cultura do cafeeiro em formação.	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1. Dados climáticos.....	30
4.2. Manejo da irrigação utilizando o programa SISDA 3.....	30
4.3. Determinação da ETC nos diferentes métodos estudados.....	34
4.4. Relação entre ETC e os componentes de crescimento.....	38
4.5. Estimativa do ke dos dois cultivares em estudo.....	43
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	48
CAPÍTULO 2.....	50
INFLUÊNCIA DA FERTIRRIGAÇÃO COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO NOS COMPONENTES VEGETATIVOS E REPRODUTIVOS DO CAFÉ ARÁBICA EM FORMAÇÃO.....	50
1. INTRODUÇÃO.....	50
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	52
2.1. Fertirrigação: benefícios adicionais para a cafeicultura irrigada.....	52
2.2. Os componentes vegetativos e reprodutivos do cafeeiro influenciados pela irrigação e pela fertirrigação.....	54
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	58
3.1. Características da área experimental.....	58

	Página
3.2. Caracterização dos tratamentos e do delineamento experimental...	59
3.3. Sistema de irrigação.....	62
3.4. Manejo da fertirrigação.....	64
3.5. Manejo geral da cultura.....	64
3.6. Avaliações de crescimento.....	65
3.6.1. Número de ramos plagiotrópicos primários.....	65
3.6.2. Avaliação da retenção foliar.....	65
3.6.3. Número de nós dos ramos plagiotrópicos primários.....	65
3.6.4. Diâmetro da base do caule.....	66
3.6.5. Ramificações secundárias dos ramos plagiotrópicos.....	66
3.6.6. Estimativa da área foliar.....	66
3.6.7. Pegamento dos botões florais.....	66
3.7. Avaliação da produção.....	67
3.8. Análise estatística.....	67
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	69
4.1. Avaliação do sistema de irrigação.....	69
4.2. Análise dos componentes de crescimento da cultura do cafeeiro em formação.....	71
4.2.1. Número de ramos plagiotrópicos primários.....	71
4.2.2. Retenção foliar nos ramos produtivos.....	79
4.2.3. Número de nós nos ramos plagiotrópicos vegetativos.....	83
4.2.4. Diâmetro da base do caule.....	87
4.2.5. Ramificações secundárias dos ramos plagiotrópicos primários produtivos.....	94
4.2.6. Estimativa da área foliar.....	99
4.3. Pegamento de botões florais e avaliação da produção.....	102
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	107

	Página
CAPÍTULO 3.....	110
INFLUÊNCIA DA FERTIRRIGAÇÃO NOS ASPECTOS NUTRICIONAIS E EDÁFICOS.....	110
1. INTRODUÇÃO.....	110
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	112
2.1. Fertirrigação e os novos critérios nutricionais para a cafeicultura..	112
2.2. Características químicas do solo e a fertirrigação.....	115
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	117
3.1. Características gerais da área experimental.....	117
3.2. Análises químicas e físicas da água de irrigação.....	118
3.3. Análises químicas e físicas das folhas e do solo.....	119
3.3.1. Análise química das folhas.....	119
3.3.2. Análise química (rotina de fertilidade) do solo.....	119
3.3.3. Salinidade do solo.....	120
3.4. Análise estatística.....	120
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	122
4.1. Verificação do estado nutricional dos cafeeiros.....	122
4.2. Comparação dos teores foliares de N e K entre os tratamentos.....	127
4.3. Influência da fertirrigação na condutividade elétrica do solo.....	131
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	133
RESUMO E CONCLUSÕES.....	135
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	139
APÊNDICES.....	153
APÊNDICE A.....	154
APÊNDICE B.....	157
APÊNDICE C.....	162

LISTA DE SÍMBOLOS

- A = área sombreada pela cultura, m^2 ;
- AF_{real} = área foliar real, cm^2 ;
- $AF_{Cxt.}$ = área foliar determinada pelo produto do comprimento e da largura da folha do cafeeiro, cm^2 ;
- Ca^{2+} = elemento cálcio no solo, $cmol_c \cdot dm^{-3}$;
- CC = capacidade de campo, %;
- CE = condutividade elétrica do solo, $dS \cdot m^{-1}$;
- CEes = condutividade do extrato da pasta de saturação do solo, $dS \cdot m^{-1}$;
- $CE_{1,x}$ = condutividade elétrica da suspensão solo-água, $dS \cdot m^{-1}$;
- CTC (T) = capacidade de troca catiônica, $cmol_c \cdot dm^{-3}$;
- CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição, %;
- D = água drenada do lisímetro, litros;
- D_{ai} = densidade aparente do solo, g/cm^3 ;
- DC = diâmetro da base do caule, cm;
- DCo = diâmetro da base da copa, cm;
- $(e_a - e_d)$ = déficit de pressão de vapor d'água no ar, kPa;
- ET = evapotranspiração, mm/dia;
- ETc = evapotranspiração da cultura, mm/dia;

ETd	= evapotranspiração da cultura para irrigação localizada, mm/periodo;
ETo	= evapotranspiração de referência, mm/dia;
G	= fluxo de calor no solo, MJ/m ² .d;
H + Al	= acidez potencial, cmol _c .dm ⁻³ ;
hi	= altura de camada em que foi dividida a profundidade do solo, mm;
Hi	= horas de insolação, horas;
I	= irrigação no lisímetro, litros;
IAF	= índice de área foliar, adimensional;
Ir	= total da irrigação no período, mm;
K	= elemento potássio no solo, mg.dm ⁻³ ;
ka	= constante dielétrica do solo, adimensional;
kc	= coeficiente de cultura, adimensional;
kl	= coeficiente de correção para irrigação localizada;
K ₂ O	= óxido de potássio, g/planta;
ks	= coeficiente de correção para disponibilidade de água no solo, adimensional;
m	= saturação de alumínio no solo, %;
Mi	= percentagem de umidade no dia i, na enésima camada, % em peso;
n	= número de camadas em que foi dividida a profundidade do solo, unidade;
Mg ²⁺	= elemento magnésio no solo, cmol _c .dm ⁻³ ;
N	= elemento nitrogênio na folha, g.kg ⁻¹ ;
NPK	= formulado composto por nitrogênio, fósforo e potássio;
Nu	= percentagem de umidade no dia u subsequente, na enésima camada, % em peso;
P	= elemento fósforo no solo, mg.dm ⁻³ ;
Pe	= precipitação efetiva no período, mm;
pH	= potencial hidrogeniônico do solo, adimensional;
PM	= ponto de murchamento permanente, %;
Pr	= precipitação no período, litros;

PRNT	= poder relativo de neutralização total, %;
RAS	= razão de adsorção de sódio, adimensional;
Rn	= saldo de radiação à superfície, MJ/m ² .d;
RPLG	= ramos plagiotrópicos primários, unidade;
RPRO	= ramos plagiotrópicos primários produtivos, unidade;
RVEG	= ramos plagiotrópicos primários vegetativos, unidade;
S	= área da superfície do lisímetro, m ² ;
SB	= soma de bases, cmol _c .dm ⁻³ ;
SISDA	= sistema de suporte à decisão agrícola;
T	= temperatura do ar, °C;
TDR	= "time domain reflectometry";
U ₂	= velocidade do vento a 2 m de altura, m/s;
Ug	= umidade gravimétrica do solo, % em peso;
UR	= umidade relativa do ar, %;
V	= saturação de bases, %;
x	= variável independente de uma equação;
Y	= variável dependente de uma equação;
γ	= constante psicrométrica, kPa/°C;
γ*	= constante psicrométrica modificada, kPa/°C;
λ	= calor latente de evaporação, MJ/kg; e
Δ	= declividade da curva de pressão de vapor de saturação, kPa/°C.

RESUMO

ANTUNES, Rodrigo Corrêa Borges, M.S., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2000. **Determinação da evapotranspiração e influência da irrigação e da fertirrigação em componentes vegetativos, reprodutivos e nutricionais do café Arábica.** Orientador: Everardo Chartuni Mantovani. Conselheiros: Alemar Braga Rena, Antônio de Pádua Alvarenga e Luís Cláudio Costa.

O presente trabalho constituiu-se de três etapas e foi desenvolvido na Área Experimental da Agronomia, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, durante o período de setembro de 1999 a junho de 2000, com o objetivo de determinar a evapotranspiração e a influência da irrigação e fertirrigação nos crescimentos vegetativo e reprodutivo, assim como componentes da nutrição de dois cultivares de café Arábica em formação, 'Catuai Vermelho' e 'Acaiá Cerrado', na região de Viçosa, Minas Gerais. Na primeira etapa, determinou-se a evapotranspiração dos dois cultivares utilizando três procedimentos de campo e um método indireto, este último com o uso do programa computacional SISDA 3. Os valores médios da demanda hídrica do cafeeiro até 20 meses de idade, em cultivares de porte baixo, como é o caso do 'Catuai Vermelho', foram de 1,50 e 0,98 mm/dia, nos meses de

altas e baixas precipitações, respectivamente, na região de Viçosa. Em cultivares de porte alto, como o 'Acaia Cerrado', os valores de ETC obtidos foram de 1,70 e 1,10 mm/dia, nas duas estações, respectivamente. Os valores médios de kc, nas condições apresentadas neste estudo, foram de 0,35 e 0,40 no 'Catuai Vermelho' e no 'Acaia Cerrado', respectivamente. A utilização do programa computacional SISDA 3 para manejo da irrigação da cultura do cafeeiro em formação foi satisfatória. Na segunda etapa, avaliou-se a influência da irrigação e da fertirrigação em alguns componentes de crescimento do cafeeiro em formação, evidenciando que a tendência das curvas de crescimento não foi alterada pela irrigação ou pela fertirrigação. Entretanto, esse decréscimo nas taxas de crescimento não se reduziu a valores nulos nos tratamentos irrigados e fertirrigados, indicando a influência, mesmo que reduzida, da água e de nutrientes na manutenção do crescimento nas épocas fria e seca do ano. A irrigação influenciou positivamente as taxas de crescimento dos dois cultivares, sendo mais expressiva no 'Acaia Cerrado'. A aplicação de menores quantidades de adubo via fertirrigação não diminuiu as taxas de crescimento no 'Acaia Cerrado' em relação ao tratamento com níveis normais de adubo. Na terceira etapa do presente trabalho, avaliaram-se as influências da irrigação e da fertirrigação na absorção de nutrientes pela planta e seus efeitos químicos no solo. Os teores foliares de nitrogênio evidenciaram melhor absorção desse elemento pelo 'Acaia Cerrado' irrigado. Os teores de potássio foram muito elevados, em relação à sua faixa adequada para o cafeeiro, principalmente no 'Acaia Cerrado'. Não ocorreram problemas de salinização do solo nesse primeiro ano de fertirrigação.

ABSTRACT

ANTUNES, Rodrigo Corrêa Borges, M.S., Universidade Federal de Viçosa, December, 2000. **Determination of the evapotranspiration and influence of irrigation and fertirrigation on vegetative, reproductive and nutritional components of Arabica coffee.** Adviser:: Everardo Chartuni Mantovani. Committee Members: Alemar Braga Rena, Antônio de Pádua and Luís Cláudio Costa.

The present work was comprised of three stages and it was developed at the experimental area of the agriculture department of the universidade federal de viçosa (ufv), viçosa, mg, from september, 1999 to june 2000. the objective of this work was to determine the evapotranspiration and the influence of irrigation and fertirrigation on the vegetaitive and reproductive growth, as well as nutritional components of two arabica coffee cultivars, 'catuai vermelho' and 'acaia cerrado', in crop formation, in the region of viçosa, minas gerais. in the first stage, the evapotranspiration of the two cultivars was determined by three field procedures and an indirect method, being the latter with the application of sisda 3 software. the average values of water comsumption until 20 months old, in short height cultivars, as is the case of 'catuai vermelho', were 1.5 and 0,98 mm/day, in the high and low rainfall seasons, respectively, in the region of viçosa. as for tall cultivars, like 'acaia cerrado', the etc values obtained were 1.70 and 1.10

mm/day, in the two seasons, respectively. the averages values of k_c , under the conditions of the present work, were 0.35 and 0.40 for 'catuai vermelho' and 'acaiá cerrado', respectively. the use of sisda 3 software for managing irrigation of coffee crop in formation was satisfactory. in the second stage, the influence of irrigation and fertirrigation on some growth components of the coffee crop in formation was evaluated, showing that the trend of the growth curves was not changed by irrigation or fertirrigation. however, this growth rate decrease did not reach null values in the treatments with irrigation and fertirrigation, indicating the influence, even that low, of the water and nutrients on supporting growth during the cold and dry seasons. irrigation influenced positively the growth rate of the two cultivars, being more significant for 'acaiá cerrado'. the application of less amount of fertilizer via fertirrigation did not reduce 'acaiá cerrado' growth rates when compared with the treatment with usual amounts of fertilizer. in the third stage of this work, the influence of irrigation and fertirrigation on the nutrient absorption by the plant and its chemical effects on the soil was evaluated. foliar levels of nitrogen showed better absorption of this element by irrigated 'acaiá cerrado'. potassium levels were very high in relation to its adequate level for coffee plants, particularly 'acaiá cerrado'. there was no occurrence of soil salinization in this first year of fertirrigation.

INTRODUÇÃO

A irrigação na cafeicultura é uma técnica que tem sido utilizada há muitos anos, mas só recentemente, a partir da década de 90, vem-se expandindo de forma importante em diversas regiões brasileiras, onde ocupa cerca de 10% da área plantada com a cultura do café, o que corresponde a 8,7% da área irrigada no país (MANTOVANI, 2000).

Nós últimos anos tem havido grande demanda para implantação de sistemas de irrigação em lavouras cafeeiras. Entretanto, em face da ausência de resultados de pesquisa, a implantação e, principalmente, o manejo dos sistemas de irrigação têm sido realizados de formas empírica e desordenada, havendo a necessidade de se estudarem o real benefício dessa prática e as melhores alternativas de sistemas de irrigação e manejo (BONOMO, 1999).

A estimativa mais precisa do consumo de água pelo cafeeiro é de grande importância, pois o suprimento inadequado desse componente da produção poderá reduzir substancialmente o crescimento sem que ocorram murcha e, ou, outros sinais visíveis de déficit hídrico. No entanto, crescimento reduzido significa que poucos nós estarão formados para floração e subsequente produção de frutos (GUTIÉRREZ e MEINZER, 1994; RENA e MAESTRI, 2000).

A influência da irrigação no crescimento e na produção do cafeeiro tem sido abordada por pesquisadores em diversas partes do mundo (CLOWES, 1984;

AZIZUDDIN et al., 1994; GUTIÉRREZ e MEINZER, 1994; ZANINI et al., 1994; SANTINATO et al., 1997; GERVÁSIO e LIMA, 1998), verificando-se os efeitos positivos e direcionando os caminhos da pesquisa da irrigação para o cafeeiro. No entanto, mesmo podendo ser utilizada conjuntamente com a irrigação, a fertirrigação, que consiste na aplicação de fertilizantes via água, ainda não dispõe de subsídios teóricos e práticos que comprovem sua eficiência na cafeicultura, em relação aos métodos tradicionais de aplicação de fertilizantes.

Já usualmente utilizada em outras culturas e nos países de agricultura mais avançada, a fertirrigação surge como alternativa para melhorar a eficiência de aplicação de adubo, possibilitar a redução na dosagem de nutrientes, melhorar a incorporação do adubo no solo e diminuir a utilização de mão-de-obra, dentre outras possíveis vantagens. Isso caso a técnica seja seguramente manejada e prevenida contra os efeitos adversos da aplicação localizada de fertilizantes, que podem alterar as características físico-químicas do solo e refletir na absorção de nutrientes pelo sistema radicular da cultura.

O capítulo 1 deste trabalho foi dedicado à determinação, nas condições de Viçosa, Minas Gerais, da demanda evapotranspirativa de dois cultivares do cafeeiro Arábica em formação, o 'Catuai Vermelho' e o 'Acaíá Cerrado', sob irrigação localizada, assim como seus coeficientes de cultura para manejo da irrigação. Para isso foram utilizados dois métodos de determinação da evapotranspiração, a lisimetria de percolação e o balanço hídrico de campo. Além disso, foi utilizado o programa computacional SISDA 3, para estimativa da evapotranspiração e sua comparação com outros métodos.

No capítulo 2, dedicou-se à avaliação, do ponto de vista fitotécnico, da influência da irrigação e de diferentes níveis de fertirrigação com nitrogênio e potássio no crescimento vegetativo e na produção dos dois cultivares de cafeeiro em formação. Para tal, utilizaram-se componentes de crescimento vegetativo, como o número de ramos plagiotrópicos, a retenção foliar, o número de nós nos ramos plagiotrópicos, o diâmetro da base do caule, a área foliar e o número de ramificações secundárias nos ramos plagiotrópicos; e de crescimento

reprodutivo, como os pegamentos inicial e final de botões florais e a produção de grãos beneficiados.

Já o capítulo 3 foi dedicado à verificação da influência da fertirrigação na absorção de nutrientes nos dois cultivares do cafeeiro Arábica e nas características físico-químicas do solo, incluindo-se os efeitos sobre a salinidade. Essa verificação consistiu de análises foliares para quantificação dos elementos químicos essenciais e de análises físico-químicas do solo para determinação de seus constituintes minerais essenciais e da condutividade elétrica do extrato de saturação.

CAPÍTULO 1

DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DO CAFEIEIRO EM FORMAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A água no solo tem sido um dos principais fatores que limitam a produtividade das culturas. Quando a chuva se torna insuficiente para atender às necessidades das culturas, sua deficiência pode afetar o crescimento e o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, o rendimento e a qualidade do produto.

Para manejo racional da cafeicultura irrigada, é de capital importância o conhecimento dos parâmetros básicos, que definem a necessidade de água e nutrientes da cultura nos seus diversos estádios de desenvolvimento.

A forma mais usual de se estimar o consumo de água das culturas é a através do consumo potencial de água, calculado a partir de medições feitas em tanques de evaporação instalados em áreas de cultivo ou por fórmulas agrometeorológicas. Com essas fórmulas, viabilizou-se a utilização de modelos computacionais aplicados. O SISDA (Sistema de Suporte à Decisão Agrícola) foi desenvolvido com o propósito de utilizar dados meteorológicos para estimar a

evapotranspiração de referência (COSTA, 1998; MANTOVANI, 1998). A partir daí, foram feitas, com o emprego do coeficiente de cultura (k_c), correções para uma condição de irrigação localizada (k_l), para a disponibilidade de água no solo (k_s) e para o estágio de desenvolvimento da cultura, obtendo-se, assim, a evapotranspiração máxima da cultura.

DOORENBOS e PRUITT (1977) apresentaram coeficientes de cultura para várias espécies de interesse agrônomo, inclusive para o cafeeiro. Entretanto, esses mesmos autores recomendaram que fossem realizados estudos regionais, visando ajustar os coeficientes de cultura às condições edafoclimáticas locais e às características varietais. O coeficiente de cultura também pode ser relacionado com algumas características da planta, levando-se em consideração o porte e o desenvolvimento desta em vez de sua idade cronológica.

Diante do exposto, realizou-se o presente estudo em dois cultivares de cafeeiro, o 'Catuaí Vermelho' e o 'Acaiá Cerrado', objetivando determinar a demanda evapotranspirativa desses cultivares sob irrigação localizada, assim como seus coeficientes de cultura, na região de Viçosa, Minas Gerais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos básicos da evapotranspiração e coeficiente de cultura

A evapotranspiração (ET) é um processo combinado no qual a água é transferida da superfície terrestre para a atmosfera, envolvendo a evaporação da água líquida, através da superfície do solo e da água interceptada pelas plantas mais a transpiração destas (JENSEN et al., 1990).

DOORENBOS e PRUITT (1977) definiram o padrão de referência para evapotranspiração (ET_o), conceituando-o como a taxa de evapotranspiração de uma superfície extensa de gramíneas verdes, de 8 a 15 cm de altura, uniforme, em crescimento ativo, sombreando completamente o solo e onde não existe limitação de água. SMITH et al. (1991) redefiniram ET_o como a taxa de evapotranspiração de uma cultura hipotética, com altura de 0,12 m, resistência do dossel da cultura de 70 s.m⁻¹ e albedo de 0,23, além de terem considerado a equação de Penman-Monteith como um dos métodos mais apropriados para estimativa da ET_o, recomendando-a como padrão internacional. Além disso, ALLEN et al. (1994a) apresentaram considerações teóricas e práticas, no intuito de encorajar a adoção do novo conceito da cultura de referência proposta por Monteith em 1965.

Segundo DOORENBOS e PRUITT (1977), os componentes meteorológicos envolvidos no processo de evapotranspiração das culturas agem de forma conjunta. No entanto, CHANG (1971) caracterizou a ordem de importância desses elementos, sendo a relação entre a radiação líquida, a umidade relativa e a velocidade do vento de 80:6:14, respectivamente, evidenciando o principal efeito da radiação solar global. Portanto, o ambiente físico é um dos fatores mais importantes que determinam as necessidades hídricas da cultura para crescimento e rendimento ótimos.

Excluindo-se os fatores meteorológicos, a evapotranspiração também é influenciada pela própria cultura e é proporcional às suas características de crescimento. O meio ambiente local, condições físico-químicas do solo e sua disponibilidade de água e fertilizantes, infestações de pragas e doenças e práticas agrícolas e de irrigação, além de outros fatores, também podem influir na taxa de crescimento e na evapotranspiração (DOORENBOS e PRUITT, 1977).

As informações sobre a evapotranspiração de referência (E_{To}), que permitem estimativas da evapotranspiração das culturas (E_{Tc}), tornam-se ferramentas importantes de estudo em áreas irrigadas (SEDIYAMA, 1996). A evapotranspiração forma o fundamento do planejamento da maioria dos projetos de irrigação. Ela é, usualmente, o ponto de partida na determinação da necessidade de armazenamento de água na superfície ou no perfil do solo, na capacidade de operação dos sistemas de irrigação e nas práticas de manejo em geral. A evapotranspiração desempenha o papel principal no manejo da qualidade da água, da salinidade do solo e dos problemas ambientais (JENSEN et al., 1990).

A água é essencial para a produção das culturas, devendo-se fazer o melhor uso da água disponível para obter produção satisfatória e altos rendimentos (DOORENBOS e KASSAM, 1979). Isso exige conhecimento adequado do efeito da água, de chuva e, ou, de irrigação, sobre o desenvolvimento das culturas em diferentes condições edafoclimáticas.

A determinação da demanda de água ou E_{Tc} do caféiro, assim como os coeficientes utilizados no manejo da irrigação, tem sido, atualmente, o grande

desafio dos pesquisadores em todo o Brasil e no mundo, os quais têm procurado caracterizar regionalmente esses fatores, buscando a condição ideal de suprimento hídrico da cultura e a preservação dos mananciais de captação (BERNARDO, 1989).

O recurso mais comumente utilizado para se chegar à evapotranspiração real da cultura (ET_c), conhecendo-se o valor da ET_o , é o uso do coeficiente de cultura (k_c). Este k_c é um coeficiente adimensional proposto por Van Wijk e De Vries (1954), citados por JENSEN et al. (1990), que é a razão entre ET_c e ET_o . O k_c pode variar com a textura e o teor de umidade do solo, com a profundidade e a densidade radicular, com as características fenológicas da planta e, até certo ponto, com a velocidade do vento e a umidade relativa do ar. A distribuição temporal de k_c , para cada ambiente irrigado, constitui uma curva da cultura. Essas curvas representam o efeito integrado da mudança na área da folha, da altura da planta, do grau de cobertura, da resistência do dossel da planta e do albedo sobre a ET_c em relação à ET_o (SEDIYAMA, 1996).

Teoricamente, a ET_o deveria caracterizar a demanda evaporativa determinada pela condição meteorológica, e o k_c seria a medida do sistema solo-planta para atender a tal demanda hídrica. Todavia, várias pesquisas têm demonstrado que a ET_o não pode ser simplesmente estabelecida para todas as situações climáticas. Os coeficientes de cultura, portanto, devem ser determinados para cada estágio de desenvolvimento da cultura e em diferentes regiões de cultivo (GUTIÉRREZ e MEINZER, 1994; SEDIYAMA, 1996).

Na maioria das culturas anuais, o valor de k_c aumenta a partir de pequeno valor no momento da emergência até um máximo durante o período em que é alcançado seu pleno desenvolvimento e diminui proporcionalmente à maturação (DOORENBOS e KASSAN, 1979). Nas culturas perenes, como o cafeeiro, a curva de k_c apresenta valores baixos nos períodos de formação e estabelecimento da cultura no campo. Quando a cultura atinge dossel máximo, a curva de k_c tende a se estabilizar com valores próximos à unidade, ocorrendo oscilações temporais decorrentes de processos fisiológicos e do manejo da cultura. Nas condições do Brasil, no período de vegetação e frutificação, que vai

de outubro a maio, o cafeeiro é mais exigente em água. Nas fases de colheita e repouso, de junho a setembro, a necessidade de umidade no solo é pequena (MATIELLO, 1991).

Segundo ABREU e SÁNCHEZ (1987), LOPÉZ et al. (1992) e VERMEIREN e JOBLING (1997), para calcular as necessidades hídricas das culturas sob irrigação localizada, deve-se aplicar à ETc um coeficiente de redução k_l , ou coeficiente de cobertura. Embora a estimativa precisa desse coeficiente necessite de investigação experimental mais profunda, podem-se utilizar fórmulas empíricas com base no índice de cobertura do solo, que expressa a fração da superfície do solo realmente coberta pela folhagem, vista em projeção sobre o plano horizontal. Outro coeficiente a ser considerado no cálculo da ETc é o k_s , que representa a correção da ET em função da redução de água no solo (BERNARDO, 1995).

Nos sistemas de irrigação localizada devidamente planejados há economia de água, em comparação com outros sistemas de irrigação, somente quando os cultivos são jovens e não cobrem a superfície do solo na sua totalidade, como no caso da cultura do cafeeiro nos primeiros anos de formação da lavoura, em virtude de só molharem as zonas próximas às plantas (ABREU e SÁNCHEZ, 1987). Nessas condições, a redução da evaporação do solo devido à menor faixa molhada é mais importante que um possível incremento da transpiração das plantas, refletindo diretamente nas necessidades totais de irrigação.

2.2. Determinação da evapotranspiração da cultura

As necessidades hídricas da cultura são normalmente expressas mediante a taxa média de evapotranspiração, em mm/dia ou mm/periódodo. A evapotranspiração pode ser determinada por métodos diretos ou estimada de forma indireta, a partir de elementos meteorológicos, utilizando-se modelos ou métodos teóricos e empíricos. Segundo MANTOVANI (1993), os métodos de

determinação direta envolvem equipamentos denominados lisímetros ou parcelas experimentais, onde é feito o balanço hídrico, entre outros.

2.2.1. Lisimetria

Lisímetros (evapotranspirômetros) são tanques preenchidos com solo, no qual são plantadas as culturas em condições naturais para medir a quantidade de água perdida por evaporação e transpiração. Esse método fornece somente as medições diretas de ET e é frequentemente usado para estimar os efeitos do ambiente físico sobre ET e avaliar os procedimentos de estimativas de evapotranspiração (DOORENBOS e PRUITT, 1977; JENSEN et al., 1990). Esses tanques podem apresentar superfície nua ou coberta por vegetação, para determinação da evaporação direta da água do solo nu ou da evapotranspiração de culturas (ABOUKHALED et al., 1982).

Existem vários tipos de lisímetros (BERNARDO, 1995), devendo-se ressaltar que o tamanho e a geometria de cada um se baseiam no requerimento específico do estudo e nas condições de construção e custos envolvidos. O projeto do lisímetro, cuja parede de separação entre a parte externa e a interna deve ser a menos espessa possível, procura minimizar os distúrbios no regime térmico do solo, evitando acréscimos significativos no processo de evapotranspiração (ALLEN et al., 1994b).

A localização do lisímetro no campo deve ser considerada com o intuito de representar as condições naturais do ambiente, do solo e da planta, de forma a evitar obstáculos que possam obstruir a radiação incidente e o padrão de vento. A área-tampão deve ser grande o suficiente para evitar problemas com a transmissão de calor por um movimento horizontal do ar (advecção) (Pruitt e Angus, 1960; Ritchie e Burnett, 1968, citados por MANTOVANI, 1993).

Os lisímetros podem ser agrupados em três categorias: (1) não-pesáveis, com lençol freático constante, os quais fornecem dados confiáveis em áreas onde existe lençol freático normalmente alto, e o nível do lençol freático é mantido essencialmente o mesmo dentro e fora do lisímetro; (2) não-pesáveis, tipo

percolação ou drenagem, no qual as variações na água armazenada no solo são determinadas por amostragem ou pelo método da sonda de nêutrons e com medições de chuva e percolação (freqüentemente usados em áreas de alta precipitação); e (3) tipos pesáveis, nos quais as variações de água são determinadas por pesagem de toda a unidade com escala mecânica, escala de contrabalanço e células de carga ou pelo suporte do lisímetro com sistema hidráulico (JENSEN et al., 1990).

Segundo BERNARDO (1995), apesar da maior precisão obtida com os lisímetros de pesagem, flutuantes e hidráulicos, o lisímetro de percolação, ou drenagem, é mais utilizado em virtude da facilidade e do custo de construção. Como o movimento de água no solo é um processo relativamente lento, os lisímetros de percolação somente têm precisão para períodos mais ou menos longos (semanal, quinzenal ou mensal) (PEREIRA e ADAIXO, 1994).

2.2.2. Balanço hídrico pelo controle da umidade do solo

A evapotranspiração em condições de campo pode ser determinada pela observação da variação da água do solo. O balanço hídrico é um método que se caracteriza pela contabilidade de entrada e saída de água no solo, em determinado intervalo de tempo, e tem-se demonstrado mais eficiente para programação de irrigação no campo (BERNARDO, 1989). A entrada é representada pela irrigação e precipitação efetivas, enquanto a saída é dada pela evapotranspiração e pela drenagem de água subsuperficial para o lençol freático, além do escoamento superficial, sendo os dois últimos considerados excedentes hídricos.

Este método tem sido usado nos EUA por quase um século, principalmente pela amostragem do solo e análise gravimétrica (JENSEN et al., 1990). Enorme diversidade de novos sensores para determinação da umidade e do potencial hídrico no solo tem sido desenvolvida nos últimos anos, empregando-se conceitos de física e de engenharia de materiais, mecânica e eletrônica (ANDRADE et al., 1998). A sonda de nêutrons e o método da "Time

Domain Reflectometry" (TDR), além do tensiômetro, têm essencialmente substituído o processo gravimétrico na avaliação da água no perfil do solo. Além disso, tais equipamentos podem ser utilizados na freqüente monitoração da umidade e tensão da água no solo e na automatização do sistema de irrigação.

Tendo como base a medição da constante dielétrica do solo, uma propriedade física que representa a relação entre a capacitância de um meio isolador e o espaço livre (TOPP, 1987; DALTON et al., 1984; DIRKSEN e DASBERG, 1993; HEIMOVAARA, 1993), o método TDR parte do princípio da emissão de um pulso elétrico por um gerador de pulso, que é propagado ao longo de uma sonda inserida no solo, na qual acontece a reflexão do pulso.

O método TDR tem sido usado para medida da constante dielétrica (k_a) e da condutividade elétrica (CE) do solo, pela determinação do tempo de trânsito e dissipação de um pulso eletromagnético, lançado ao longo de sondas metálicas paralelas inseridas no solo (FERNANDES et al., 1998). Análises teóricas e correlações experimentais indicaram que o tempo para reflexão do pulso é proporcional à constante dielétrica aparente e que a atenuação do sinal é proporcional à condutividade elétrica do solo. Esses dois parâmetros físicos fundamentais estão diretamente correlacionados com a umidade e salinidade da água dos poros (DALTON, 1992). TOPP (1987) demonstrou que a relação entre a constante dielétrica do solo e sua umidade volumétrica é virtualmente independente da textura e densidade do solo, temperatura e conteúdo de sal, o que torna o método TDR versátil para determinação da umidade do solo.

Embora outros métodos de determinação da necessidade de água das culturas considerados mais precisos, como a razão de "Bowen", a correlação de "Eddies" e o fluxo de seiva, possam ser preferidos por muitos pesquisadores em determinadas situações, como é o caso de culturas perenes, o método do balanço hídrico ainda é muito útil para tais determinações (ANDRADE et al., 1998).

2.2.3. Estimativa da ETc através de modelos computacionais

As principais técnicas para estimar o requerimento de água pelas plantas são baseadas em dados meteorológicos (PEREIRA, 1957). A metodologia de monitoramento do ambiente físico vem sendo mais utilizada em virtude da possibilidade de utilização de medidas de algumas de suas variáveis para estimar a evapotranspiração da cultura irrigada (ETc). Considerando uma disponibilidade inicial de água no solo, a determinação da ETc permite, a qualquer momento, definir a quantidade de água utilizada, possibilitando a identificação do momento da irrigação e a lâmina de água necessária (MANTOVANI, 1996).

Existem dezenas de métodos ou técnicas para estimativa da ETo, a partir de dados meteorológicos e testados em diferentes condições climatológicas e geográficas. A escolha do método para cálculo da Eto relaciona-se fundamentalmente com o tipo de dados climáticos disponíveis na região de estudo (DOORENBOS e PRUITT, 1977). A partir da Eto, pode-se também estimar a evapotranspiração de uma cultura qualquer, utilizando coeficientes de cultura determinados em várias regiões do mundo, com o cuidado de considerar todos os fatores variáveis que fazem parte desse contexto.

A utilização, de uma forma concisa e objetiva, do conhecimento disponível sobre o efeito das variações climáticas de longo prazo e das variações meteorológicas de curto prazo nas atividades agrícolas é fundamental para o entendimento e planejamento do sistema produtivo (COSTA, 1998). Projetistas necessitam dessas informações para estimar, com exatidão, a demanda de água e realizar uma análise econômica dos sistemas de irrigação propostos. Proprietários agrícolas também necessitam dessas informações em ordem para maximizar retornos desde a disponibilidade de água para irrigação até a obtenção do produto final (TARJUELO et al., 1996).

Programas de computador podem ser boas ferramentas para resolver esses problemas. Um método de análise de decisão na agricultura irrigada é feito através do desenvolvimento de um modelo adequado adaptado ao sistema altamente complexo, como é o caso do sistema agrícola. Com um bom modelo, o

produtor pode aplicar as últimas informações em sua necessidade e condição específicas, a fim de encontrar o nível agrônômica e economicamente ótimo de água disponível para irrigação (TARJUELO et al., 1996; COSTA, 1998). Diversos modelos já vêm sendo utilizados para auxiliar na programação das irrigações, entre os quais o AZCHED (Fox Jr. et al., 1992), o CROPWAT (Fao, 1993) e o CRIWAR (Boss et al., 1996), apresentados por ANDRADE et al. (1998).

É dentro dessa filosofia que o SISDA (Sistema de Suporte à Decisão Agrícola) foi desenvolvido, numa parceria do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa com a Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos e Amazônia Legal. O SISDA, na sua terceira versão, é um sistema integrado, ou seja, parte da pressuposição de que o sistema produtivo agrícola é resultado de uma complexa e contínua interação entre a planta e o meio ambiente. O objetivo principal de um sistema de suporte à decisão é auxiliar o usuário a tomar as melhores decisões, através do entendimento dos parâmetros existentes (COSTA, 1998).

Para permitir uma análise adequada dos efeitos e das alternativas existentes em cada cenário, o SISDA 3, como qualquer outro sistema de suporte à decisão, necessita, para o seu bom desempenho, ser alimentado com informações (dados) cientificamente exatas e atuais. Dessa forma, pela complexidade dos fatores envolvidos, tornar-se-á imprescindível a calibração do sistema para cada condição específica, com relação aos aspectos geográficos, topográficos, climáticos, edáficos, fitotécnicos e de engenharia e manejo da irrigação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e características da área experimental

Este trabalho foi realizado na Área Experimental da Agronomia, do Departamento de Fitotecnia, no Campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais, latitude 20° 45' S, longitude 42° 51' W e altitude média de 651 m. A região apresenta clima temperado quente, mesotérmico, úmido, com inverno seco e frio e verões chuvosos e quentes (VIANELLO e ALVES, 1991), considerado climaticamente apto à cafeicultura.

A área experimental localiza-se em terreno de topografia moderada, com declive em torno de 5%, situada na meia encosta com exposição para o norte. O solo é classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico fase terraço.

As análises granulométrica e de rotina da fertilidade do solo da referida área experimental foram realizadas nos Laboratórios de Física e de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos da UFV, sendo a curva de retenção de água no solo determinada no Laboratório de Água e Solo do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, cujos resultados estão apresentados nos Quadros 1 e 2 e na Figura 1, respectivamente.

Quadro 1 – Composição granulométrica e classificação textural do solo

Profundidade	Composição Granulométrica (%)				Densidade Aparente (g/cm ³)	Classificação Textural
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		
0-20 cm	38	16	9	37	1,40	Argilo-arenosa
20-40 cm	33	15	9	43	1,45	Argilo-arenosa

Quadro 2 – Resultado da análise química do solo (rotina de fertilidade) realizada antes no início do experimento, em agosto de 1999

Prof. cm	Posição	pH	P mg/dm ³	K mg/dm ³	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al cmol _c /dm ³	SB	CTC (T)	V %	m %
0-20	Cova	5,9	182	307	4,0	1,57	1,15	6,36	9,02	84,2	0,0
20-40	Cova	5,3	39	165	2,3	0,7	0,65	3,42	4,07	84,0	0,0
0-20	Entrelinha	5,0	6,1	45	1,2	0,4	2,0	1,72	3,72	46,0	5,0
20-40	Entrelinha	5,0	2,9	23	1,10	0,3	1,0	1,46	2,46	59,0	0,0

SB = soma de bases, CTC = capacidade de troca catiônica, V = saturação de bases e m = saturação de alumínio.

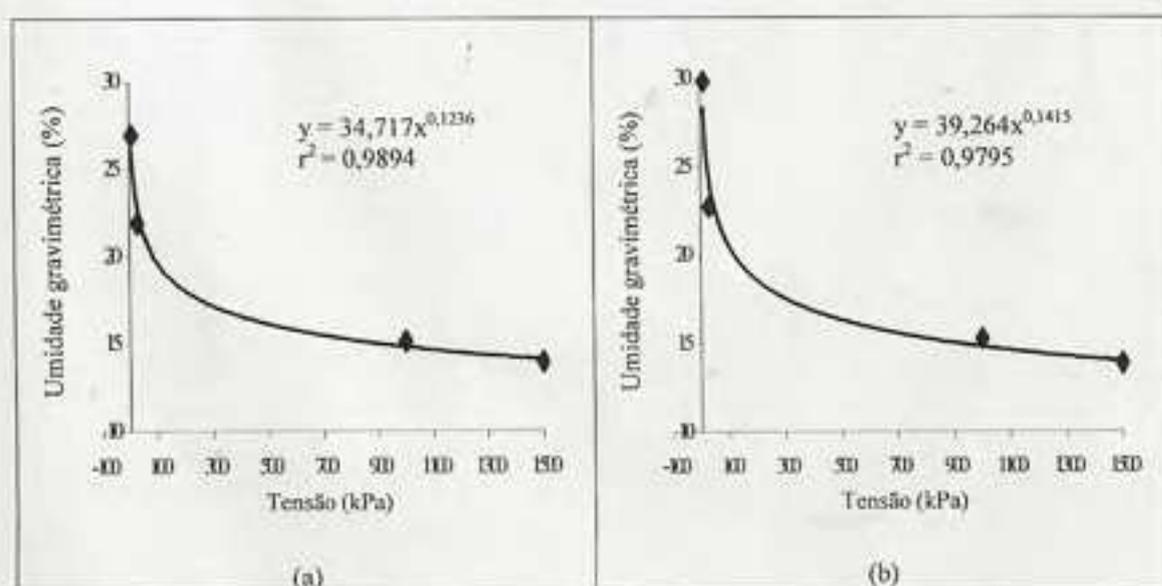


Figura 1 – Curva característica de retenção da umidade do solo nas profundidades de 0-20 cm (a) e 20-40 cm (b).

O trabalho foi desenvolvido de setembro de 1999 a agosto de 2000, nessa área experimental plantada com a cultura do cafeeiro desde dezembro de 1998, dividida entre os cultivares Catuai Vermelho, linhagem Catuai Vermelho IAC 99, e o cultivar Acaiá Cerrado, seleção MG 1454, espaçados entre fileiras de 2 m e entre plantas de 1 m. Foi implantado, na área experimental, um sistema de irrigação do tipo localizado por gotejamento, composto por seis linhas de tubogotejadores da marca "Queen Gil", fabricante Irrigotec, constituídos de um conjunto de emissores do tipo labirinto de longo percurso, espaçados 30 cm e incorporados ao próprio tubo, com vazão nominal de 4 L/m/h, a uma pressão de operação de 66,7 kPa (SCHMIDT, 1995).

O experimento compreendeu a determinação da E_{Tc} do cafeeiro em formação, no 'Catuai Vermelho' (porte baixo) e no 'Acaiá Cerrado' (porte alto), assim como seus coeficientes de cultura, por meio de dois métodos diretos de determinação da E_{Tc}: a) a lisimetria de percolação e o balanço hídrico, utilizando-se para estes dois procedimentos a determinação gravimétrica da umidade do solo e a reflectometria do domínio do tempo (TDR); e um método indireto, utilizando-se o programa computacional SISDA 3 (Sistema de Suporte à Decisão Agrícola). Na Figura 2 são apresentados um croqui da área experimental com a distribuição das linhas de plantio e tubogotejadores e a localização dos lisímetros, dos pontos de medição do TDR e da estação meteorológica automática.

3.2. Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos diários, necessários ao balanço hídrico e à utilização como dados de entrada no programa computacional SISDA 3, foram coletados numa estação meteorológica automática da marca METOS, modelo "Compact", instalada na área experimental (Figura 3), indicada para manejo de irrigação, pois permite o monitoramento de maior número de variáveis meteorológicas em intervalo de tempo variável (GOMIDE e SEDIYAMA, 1998). Essa estação foi constituída pelos sensores de temperatura e de umidade relativa

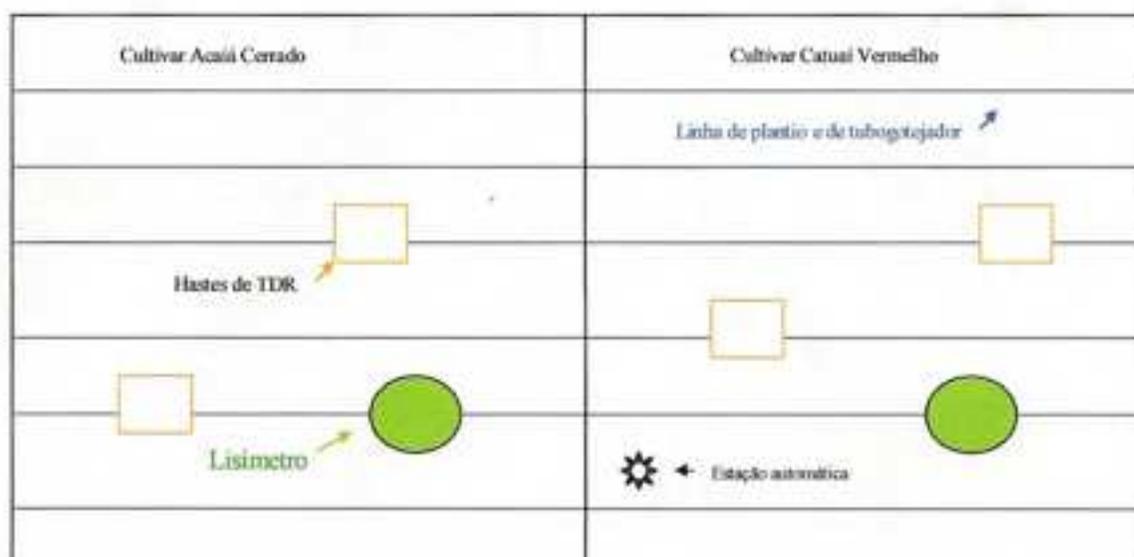


Figura 2 – Croqui da área experimental.



Figura 3 – Estação meteorológica automática instalada na área experimental.

do ar, de velocidade do vento, de precipitação e de radiação solar. A aquisição de dados era feita em intervalos de 12 minutos, através de um "dataloger" instalado na própria estação meteorológica. Os dados armazenados eram coletados semanalmente, por meio de um computador portátil. No Quadro 3 são descritas as especificações técnicas desses sensores (FACCIOLI, 1998b).

Quadro 3 – Especificação técnica dos sensores da estação meteorológica automática "METOS Compact"

Tipo de Sensor	Alcance	Resolução	Precisão
Temperatura do ar	-30 a +60° C	0,1° C	+/-0,4° C
Umidade relativa	0 a 98%	1%	+/-2%
Radiação global	0 a 2000 W/m ²	1 W/m ²	+/-10%
Velocidade do vento	0 a 25 m/s	0,1 m/s	+/- 2%
Pluviômetro	0 a 120 mm/hora	0,2 mm	+/- 4%

3.3. Utilização do programa computacional SISDA 3 para manejo da irrigação da cultura do café em formação

O objetivo do programa computacional SISDA 3 é racionalizar a utilização dos recursos hídricos nas unidades agrícolas, mediante a simulação de variáveis de manejo da cultura e da irrigação. Com o propósito de verificar a eficiência do programa no manejo da irrigação do café em formação, procedeu-se ao manejo da irrigação da área experimental, utilizando dados necessários, obtidos em literatura, devidamente referenciados. A estrutura de entrada de dados e operação do SISDA 3 pode ser visualizada no organograma da Figura 4.

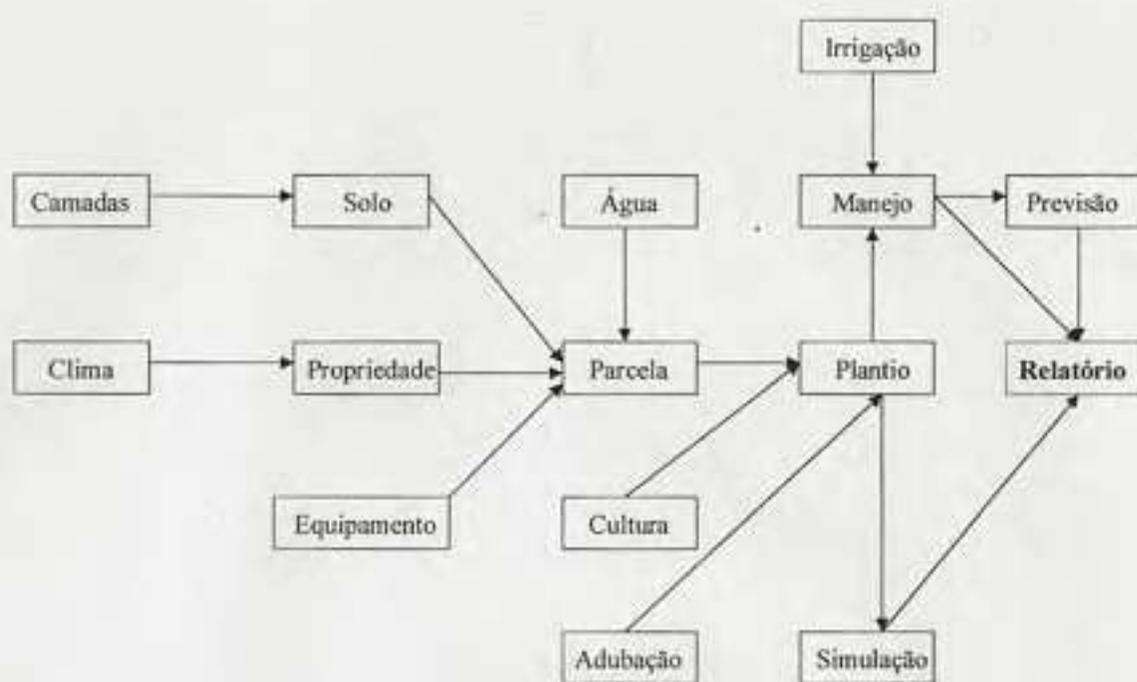


Figura 4 – Organograma do cadastro e operação do programa SISDA 3.

3.3.1. Procedimentos de cadastro

Os procedimentos de cadastro de dados de entrada seguiram o manual do usuário do programa computacional SISDA 3 e serão descritos nos parágrafos subsequentes.

O cadastro inicial do programa se referiu ao “menu propriedade”, que denomina e localiza a propriedade agrícola em uma cidade e estado da federação.

No cadastro das características do solo da propriedade, dividiu-se este em duas camadas, sendo a primeira de 0-20 e a segunda de 20-40 cm de profundidade. Os dados referentes às propriedades físicas e químicas das camadas de solo estão nos Quadros 1 e 2 e na Figura 1.

Com relação ao cadastro das características da cultura, o primeiro grupo de dados se referiu aos índices gerais da cultura. Inseriu-se no sistema uma nova variedade de café, para que fossem cadastrados valores específicos dos cultivares utilizados neste trabalho. O fator de disponibilidade hídrica utilizado, que se refere à capacidade de água no solo realmente possível de ser utilizada pela

cultura, foi 0,5 (KUMAR, 1979), enquanto o cadastro do item valor de mercado foi estipulado para café como alto e a temperatura basal considerada foi de 12,5 °C (AMARAL, 1991) e ótima de 22 °C, sendo a salinidade máxima permitida no extrato de saturação do solo utilizada de 10 dS.m⁻¹ (DOORENBOS e PRUITT, 1977).

No segundo grupo de dados, referente aos estádios fenológicos da cultura do cafeeiro, as fases foram divididas nos meses em que foi desenvolvido o presente trabalho, devido ao fato de o cafeeiro em estudo estar em fase de crescimento e necessitar de alteração contínua das variáveis. Utilizaram-se os dados de kc obtidos em literatura (GUTIÉRREZ e MEINZER, 1994). Os valores de porcentagem de área sombreada utilizados eram cadastrados mensalmente, em função das análises de crescimento realizadas, e serão apresentados posteriormente. Os valores utilizados na variável profundidade do sistema radicular foram os recomendados por RENA e GUIMARÃES (2000).

No cadastro dos equipamentos de irrigação, inseriram-se a opção gotejamento e um novo equipamento, cujos dados necessários foram assim completados: pressão de serviço igual a 70 kPa; vazão do emissor de 1,1 L/h; diâmetro do bocal igual a 0,5 mm; porcentagem de área molhada de 30%; coeficiente de uniformidade de Christiansen igual a 88,5%; perdas na condução considerada padrão; espaçamento entre emissores de 0,30 m; espaçamento entre linhas laterais de 2,0 m; e emissores por metro e por planta iguais a 3,33. A obtenção de alguns desses dados será discutida no capítulo 2.

Os dados meteorológicos diários, necessários à utilização como dados de entrada no programa computacional SISDA 3, foram coletados na estação meteorológica automática citada anteriormente.

Finalizada a parte de cadastro, foi necessário caracterizar no programa as opções "parcelas" e "plântio", utilizando-se as informações cadastradas anteriormente.

Na configuração do "manejo", foi necessário definir qual o método seria usado no cálculo do coeficiente ks e de penalização da ETo para a irrigação localizada (kl), sendo definidos os métodos logarítmico (BERNARDO, 1995) e

de Keller (KELLER e BLIESNER, 1990), respectivamente. A partir desse ponto, o programa estava apto a realizar o manejo da irrigação, o qual possibilitou a obtenção de diversos elementos relacionados ao manejo da irrigação, como umidade diária do solo, lâmina necessária para irrigação e estimativa da ETe a partir da estimativa da ET_o, além de diversas outras opções de saída do programa SISDA 3 (FACCIOLI, 1998b).

O método de estimativa da ET_o utilizado pelo SISDA 3, de acordo com as variáveis meteorológicas disponíveis, foi o de Penman-Monteith (equação 1) (JENSEN et al., 1990; SEDIYAMA et al., 1998).

$$ET_o = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma^*} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma^*} \frac{900}{T + 275} U_2 (e_a - e_d) \quad (1)$$

em que

ET_o = evapotranspiração de referência, mm/d;

R_n = saldo de radiação à superfície, MJ/m².d;

G = fluxo de calor no solo, MJ/m².d;

T = temperatura do ar, °C;

U₂ = velocidade do vento a 2 m de altura, m/s;

(e_a - e_d) - déficit de pressão de vapor d'água no ar, kPa;

Δ = declividade da curva de pressão de vapor de saturação, kPa/°C;

λ = calor latente de evaporação, MJ/kg;

γ = constante psicrométrica, kPa/°C e;

γ* = constante psicrométrica modificada, kPa/°C.

3.3.2. Avaliação do programa

O SISDA 3 calcula as necessidades de irrigação do cafeeiro baseado em variáveis meteorológicas e utiliza alguns dados e coeficientes que dependem do usuário do programa.

Na condução do manejo de irrigação deste trabalho, utilizou-se o SISDA 3, e, para verificação da conformidade dos coeficientes adotados, introduziu-se

no delineamento experimental, que será apresentado e discutido no capítulo 2, um tratamento em que se aplicavam 25% a mais de água, correspondente ao tratamento 4, confrontando-o com a testemunha, correspondente ao tratamento 3. Para avaliação dos tratamentos foram utilizados alguns componentes de crescimento do cafeeiro, como o número de nós nos ramos plagiotrópicos primários.

3.4. Estimativa da ETC pelos métodos de campo

3.4.1. Lisímetros: localização, montagem e manejo

Na área experimental foram construídos dois lisímetros de percolação, um na parcela plantada com o 'Catuai Vermelho' e outro na parcela com o 'Acaia Cerrado'. Suas localizações obedeceram a critérios propostos por JENSEN et al. (1990) e BERNARDO (1995), com exceção da área de bordadura, que alcançou 25 m na direção dos ventos predominantes.

Os lisímetros foram construídos com caixas d'água de fibra com volume útil de 2.500 L, enterradas, apresentando área evaporante de 2,66 m². Foi construído um sistema de drenagem constituído de seis tubos de PVC de 1/2", com comprimento médio de 1,5 m, perfurados e conectados por meio de curvas de 90° a um tubo de PVC 1/2" liso, com comprimento de 1,85 m. Esse tubo, ligado ao flange, permitiu a saída da água de drenagem. Os tubos de drenagem foram cobertos com uma camada de brita de 15 cm de altura e outra com 10 cm de areia.

O solo usado no preenchimento dos lisímetros foi retirado da própria área de instalação, o qual era removido em camadas de 20 cm, separadas. Por ocasião do preenchimento, as camadas eram recolocadas dentro do lisímetro, na mesma ordem de horizontes em que foram retiradas, procurando manter as camadas de solo semelhantes às do restante da área.

As plantas de cada cultivar de café que ocuparam os lisímetros foram transplantadas de um local próximo, dentro da mesma área experimental, ou seja,

com as mesmas características das demais plantas do estande. Os tratos culturais (adubação, capinas e aplicações de defensivos agrícolas) recebidos pelas plantas dos lisímetros eram os mesmos que se realizavam no restante da área.

O manejo dos lisímetros era feito, irrigando-os a cada dois dias com determinada quantidade de água, de forma que a água percolada ficasse em torno de 10% do total aplicado nas irrigações. Semanalmente era retirado o volume de água drenada nos recipientes de coleta.

A ET_c do cafeeiro em formação, no período de sete dias, foi estimada pela equação 2 (BERNARDO, 1995; JENSEN et al., 1990).

$$ET_c = \frac{I + P - D}{S} \quad (2)$$

em que

ET_c = evapotranspiração da cultura, mm/período;

I = irrigação no lisímetro, litros;

P = precipitação no período, litros;

D = água drenada do lisímetro, litros; e

S = área da superfície do lisímetro, m^2 .

ABREU e SANCHÉZ (1987) e KELLER e BLIESNER (1990) propuseram a equação 3, que corrige a estimativa da ET_c para irrigação localizada, utilizando-se a fração da área sombreada pela cultura.

$$ET_d = ET_c + [A + 0,15 \cdot (1 - A)] \quad (3)$$

em que

ET_d = evapotranspiração da cultura para irrigação localizada, mm/período; e

A = área sombreada pela cultura, m^2 .

3.4.2. Método do balanço hídrico pelo processo gravimétrico

Para determinação da E_{Tc}, utilizou-se o controle da umidade do solo pelo método-padrão de estufa (BERNARDO, 1995). Mensalmente, foram retiradas amostras de solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, dentro do bulbo úmido formado pelas irrigações e em pontos representativos da área experimental. Pela equação 4, obteve-se a E_{Tc} mensal da cultura do cafeeiro em formação (BERNARDO, 1995; JENSEN et al., 1990).

$$E_{Tc} = I + P_e + \left(\sum_{i=1}^n \frac{(M_i - N_u) \cdot D_{ai} \cdot h_i}{100} \right) \quad (4)$$

em que

E_{Tc} = evapotranspiração da cultura, mm/período;

I_r = total da irrigação no período, mm;

P_e = precipitação efetiva no período, mm;

n = número de camadas em que foi dividida a profundidade do solo;

M_i = percentagem de umidade no dia i, na enésima camada, % em peso;

N_u = percentagem de umidade no dia u subsequente, na enésima camada,
% em peso;

D_{ai} = densidade aparente do solo, g/cm³; e

h_i = altura de camada em que foi dividida a profundidade do solo, mm.

A precipitação efetiva foi calculada, seguindo-se JENSEN et al. (1990). Após determinar a E_{Tc}, em cada camada de solo se efetuou uma média ponderada, para obtenção da lâmina de água no perfil ocupado pelo sistema radicular.

3.4.3. Método do balanço hídrico utilizando TDR

Para determinação da E_{Tc} e acompanhamento da umidade do solo pela reflectometria de domínio do tempo (TDR), utilizou-se o aparelho "Trase

System”, modelo 6050X1, fabricado por “Soilmoisture Equipment Corp”. Foram instalados, aleatoriamente, quatro pontos de amostragem dentro da área experimental: dois pontos na parcela plantada com o ‘Catuai Vermelho’ e dois na parcela com o ‘Acaia Cerrado’ (Figura 2).

Na Figura 5, visualizam-se a disposição dos pontos de amostragem e o detalhamento das linhas de hastes do TDR. Cada ponto de amostragem constituía-se de três linhas duplas, cada linha com oito pares de hastes de aço inoxidável, inseridas no solo. Cada linha dupla se referia a comprimentos de hastes de 15, 45 e 70 cm. Essas hastes foram colocadas entre duas plantas, perpendicularmente à linha de plantio. A disposição das linhas duplas obedeceu ao diâmetro do bulbo molhado formado pela irrigação por gotejamento, com a ressalva de que, em cada linha dupla, quatro pares de hastes ficavam acima do tubogotejador e quatro pares ficavam abaixo, espaçados a partir do tubogotejador de 5, 20, 35 e 50 cm. A colocação das hastes no solo obedeceu aos critérios estabelecidos no manual do fabricante (TRASE).

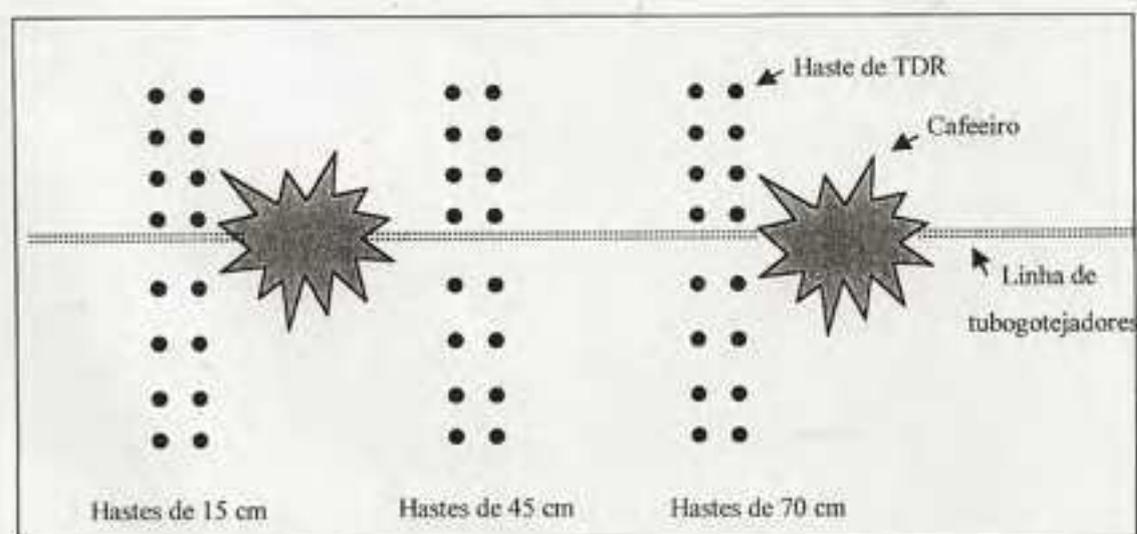


Figura 5 – Detalhes do ponto de amostragem de TDR.

Realizavam-se as medições duas ou três vezes por semana, em dias consecutivos e no início da manhã, correspondendo à umidade volumétrica do dia anterior. O par de hastes era inserido num conector "waveguide", e um processador de dados registrava as medições nos diferentes comprimentos de haste e pontos de amostragem na área. Nos procedimentos das medições, seguiam-se as recomendações estabelecidas no manual do fabricante (TRASE).

O instrumento TDR "Trase System" registra a umidade volumétrica do solo a partir da equação gerada por TOPP et al. (1980), que já vem inserida no sistema de aquisição de dados, com base na determinação da constante dielétrica do solo (K_a). A umidade volumétrica resultante de um valor de K_a não é exatamente a mesma em todos os tipos de solo. Em procedimentos de calibração, realizados com o método-padrão de estufa, constatou-se que os resultados fornecidos pelo aparelho, a partir de tal equação, eram significativamente inferiores, decidindo-se por elaborar uma equação específica para o solo da área experimental (FERNANDES et al., 1998; OTTO, 1998; SILVA, 1998). A equação 5 converteu o valor de K_a fornecido pelo aparelho TDR em umidade gravimétrica do solo, especificamente para o solo da área experimental em estudo.

$$U_g = -0,0023.k^3 + 0,1985.k^2 - 3,7725.k + 40,336 \quad (r^2 = 0,874) \quad (5)$$

em que

U_g = umidade gravimétrica do solo, % em peso; e

k = constante dielétrica do solo (K_a).

A obtenção da ETe do cafeeiro em formação por esse método, nos dois cultivares em estudo e no período compreendido entre duas medições, foi realizada utilizando a equação 4, anteriormente descrita.

3.5. Avaliação de componentes vegetativos

DOORENBOS e PRUITT (1977) e SEDIYAMA et al. (1998) discorreram a respeito da importância da característica varietal sobre a demanda evapotranspirativa de cada espécie como um dos fatores que influenciam os valores de ET_c e k_c .

3.5.1. Área foliar

Para essa estimativa, mediram-se o maior comprimento (C) e a maior largura (L) das folhas do terceiro par, a partir da extremidade de dois ramos plagiotrópicos preestabelecidos por planta, em cada cultivar, durante os meses de estudo. Para correção dos valores de CxL , utilizou-se um procedimento semelhante ao de BARROS et al. (1973), para obter equações que estimassem a área foliar do 'Catuaí Vermelho' (equação 6) e do 'Acaiá Cerrado' (equação 7).

$$AF_{real} = 0,6705 \cdot AF_{CxL} - 0,1909 \quad r^2 = 0,977 \quad (6)$$

$$AF_{real} = 0,6737 \cdot AF_{CxL} - 0,7975 \quad r^2 = 0,972 \quad (7)$$

em que

AF_{real} = área foliar real, cm^2 ; e

AF_{CxL} = área foliar determinada pelo produto do comprimento e da largura da folha do cafeeiro, cm^2 .

3.5.2. Diâmetro da base da copa

Realizou-se, com o uso de uma trena graduada em centímetros, a medição do diâmetro da base da copa nos dois cultivares em estudo, adotando o comprimento perpendicular à linha de plantio como referência.

3.6. Determinação do coeficiente da cultura do cafeeiro em formação

O k_c foi calculado pela equação 8, a partir dos valores estimados da ET_c do cafeeiro em formação, pelos três procedimentos anteriormente citados e utilizando a ET_o estimada pela equação de Penman-Montheith (equação 1) (DOORENBOS e PRUITT, 1977).

$$k_c = \frac{ET_d}{ET_o} \quad (8)$$

em que

k_c = coeficiente da cultura;

ET_d = evapotranspiração da cultura para irrigação localizada, mm/periodo; e

ET_o = evapotranspiração de referência, mm/periodo.

Segundo KELLER e BLIESNER (1990), os fatores que afetam ET_d podem ser agregados em dois grupos: $ET_d = (ET_o)(k_c \cdot k_s \cdot k_l)$, sendo k_s o coeficiente dependente da diminuição da água no solo e k_l , o coeficiente que corrige a ET_c para irrigação localizada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Dados climáticos

No Quadro 4 são apresentados os dados meteorológicos médios, obtidos durante a pesquisa na estação meteorológica automática, instalada na área experimental.

Comparando os valores do Quadro 4 com as normais climatológicas do período de 1961 a 1990 (Quadro 5), observa-se que, na área experimental, as temperaturas médias durante os meses estudados foram inferiores às verificadas nas normais climatológicas, enquanto as horas de sol e a umidade relativa do ar e, ainda, a evapotranspiração diária foram sensivelmente superiores às médias históricas, o que evidenciou maior demanda evapotranspirativa no período, nas condições médias de Viçosa. Os baixos índices pluviiais nos meses de abril a agosto de 2000 condicionaram a cultura do cafeeiro a uma deficiência hídrica somente superada com a utilização da irrigação.

4.2. Manejo da irrigação utilizando o programa SISDA 3

A metodologia de manejo da irrigação utilizada pelo programa computacional SISDA 3 é a de monitoramento do ambiente físico com utilização

Quadro 4 – Valores climáticos médios registrados na estação meteorológica automática de setembro de 1999 a agosto de 2000

Mês	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)	UR (%)	Radiação W.m ⁻²	HI (h)	Vento m.s ⁻¹	ETo mm/dia
	Máxima	Média	Mínima						
Set./99	26,1	18,8	13,4	33,6	76,5	214,5	6,0	1,3	3,39
Out./99	24,8	19,1	14,8	108,0	80,1	166,0	4,2	1,0	3,10
Nov./99	25,1	19,5	15,5	348,8	88,8	251,9	7,0	1,0	3,43
Dez./99	27,7	21,9	18,1	133,6	88,8	212,5	5,1	0,8	3,84
Jan./00	28,6	22,3	18,5	327,4	90,5	219,8	5,0	0,3	4,98
Fev./00	29,3	22,4	18,2	138,0	89,9	236,3	8,5	0,1	5,00
Mar./00	27,6	21,5	18,2	103,4	93,2	184,8	7,0	0,1	4,17
Abr./00	26,9	19,9	15,3	29,7	85,0	209,9	10,2	0,3	3,61
Mai./00	25,2	17,4	12,0	2,8	83,5	174,3	9,1	0,1	2,92
Jun./00	24,5	15,5	9,6	4,4	85,2	179,6	10,8	0,1	2,57
Jul./00	21,9	15,1	9,8	1,6	83,3	138,3	7,1	0,2	2,31
Ago./00	25,1	16,8	10,4	9,8	78,1	196,8	10,6	0,2	3,30

UR = umidade relativa do ar, HI = horas de insolação e ETo = evapotranspiração de referência.

Quadro 5 – Valores climáticos médios de Viçosa, Minas Gerais, no período de 1961 a 1990 (Departamento..., 1992)

Mês	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)	UR (%)	HI (h)	Vento m.s ⁻¹	ETo mm/dia
	Máxima	Média	Mínima					
Setembro	25,5	18,3	13,3	53,5	76,2	5,4	1,3	3,34
Outubro	26,4	20,2	15,8	110,4	76,7	4,6	1,3	3,60
Novembro	26,9	20,2	17,1	204,8	80,6	5,0	1,4	3,95
Dezembro	27,0	21,3	17,8	244,9	82,8	5,5	1,5	4,15
Janeiro	28,2	22,1	17,9	196,9	81,5	6,8	1,4	4,62
Fevereiro	30,0	22,3	18,1	148,8	80,6	6,8	1,3	4,45
Março	28,4	21,8	17,6	120,6	81,7	6,8	1,2	4,02
Abril	26,6	20,0	15,6	49,9	83,0	6,6	1,0	3,09
Maiο	24,9	17,7	12,7	30,2	83,3	6,8	0,9	2,28
Junho	23,9	16,0	10,6	19,1	84,0	6,2	0,8	1,78
Julho	23,5	15,4	10,1	23,7	81,9	6,6	1,1	1,98
Agosto	24,9	16,9	11,1	18,6	76,6	7,4	1,4	2,88

UR = umidade relativa do ar, HI = horas de insolação e ETo = evapotranspiração de referência.

de algumas variáveis para estimar a ETc do cafeeiro em formação, o que vai definir o seu consumo de água. Esse monitoramento pode ser visualizado na Figura 6. Determinados os parâmetros do solo, como capacidade de campo, ponto de murcha permanente e densidade aparente; e os da cultura, como o fator de disponibilidade hídrica para o cafeeiro, estima-se, então, a disponibilidade de água do solo. Com a determinação diária da ETc, o programa define a quantidade de água utilizada pela cultura, o que possibilita a identificação do momento da irrigação e a lâmina de água necessária, considerando-se a precipitação efetiva ocorrida no período.

Observa-se ainda, na Figura 6, que a variação da umidade do solo permaneceu acima de 50% da água disponível entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, teoricamente não causando deficiência hídrica no

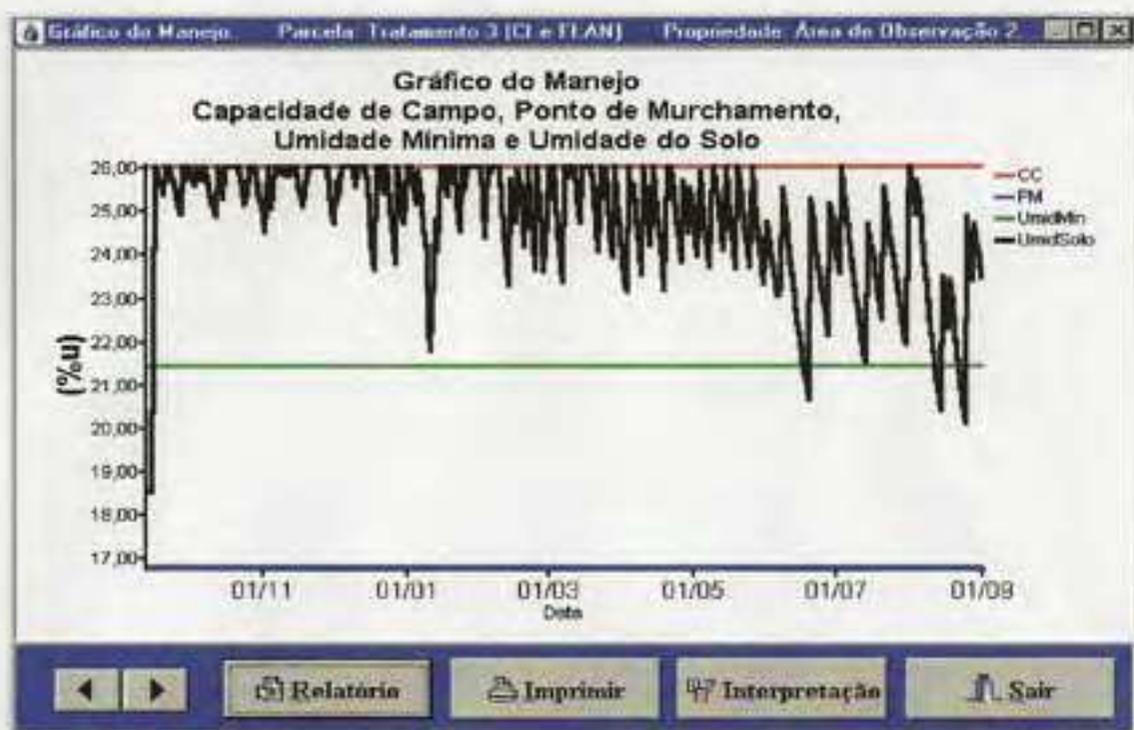


Figura 6 – Gráfico extraído do programa computacional SISDA 3 apresentando o manejo da irrigação, representado pela variação da umidade do solo, do ‘Catuai Vermelho’, efetuado durante os meses de setembro de 1999 a agosto de 2000.

cafeeiro em formação, no período considerado. Essa metodologia de controle da demanda de água pelo ambiente físico está associada a medidas esporádicas da umidade real do solo, pelo método-padrão, para calibração e verificação da modelagem do programa.

No Quadro 7, em que estão apresentados os valores comparativos de umidade do solo, no perfil ocupado pelo sistema radicular, determinados pelo método-padrão de estufa e os estimados pelo programa SISDA 3, observa-se que os valores estimados pelo SISDA 3 ficaram, em média, 1,5% acima dos valores determinados pelo método gravimétrico. Portanto, verificou-se pequena subestimação da ETC do cafeeiro pelo programa computacional SISDA 3, nessa condição, ou seja, cafeeiro em formação irrigado por gotejamento, mas que não comprometeu a condição geral de desenvolvimento, como será comprovado adiante.

Quadro 7 – Comparação dos valores de umidade no perfil do solo estimados pelo programa computacional SISDA 3 e determinados pelo método-padrão de estufa, durante os meses considerados no estudo

	Umidade Gravimétrica do Solo (%)											
	09/99	10/99	11/99	12/99	01/00	02/00	03/00	04/00	05/00	06/00	07/00	08/00
M.-Padrão	25,5	25,9	25,0	23,0	23,4	23,0	22,0	24,6	26,2	25,2	22,1	23,1
SISDA 3	26,1	25,7	25,1	23,7	22,8	25,6	24,6	25,4	23,7	25,5	24,0	24,3
Diferença*	0,6	-0,2	0,1	0,7	-0,6	2,6	2,6	0,8	-2,5	0,3	1,9	1,2

* Em relação ao método-padrão.

Um ponto importante para confirmação da eficiência do programa são o relacionamento com o desenvolvimento da cultura e a garantia de que, durante a fase de crescimento, não ocorreram limitações hídricas na cultura do cafeeiro. Para isso, inseriu-se, no trabalho de acompanhamento do crescimento do cafeeiro em formação, um tratamento em que se aplicou uma lâmina de irrigação 25% maior (T4) do que aquela recomendada no manejo da irrigação utilizando o SISDA 3 (T3).

Observou-se no 'Catuaí Vermelho' (Figura 7(a)) que o T3 permitiu um número de nós superior ao T4, enquanto no 'Acaia Cerrado' (Figura 7 (b)) o desempenho do T4 foi praticamente igual ao do T3. Essa condição comprova que a aplicação da lâmina superior à recomendada pelo programa SISDA 3 não alterou sensivelmente o padrão de crescimento apresentado pelo T3, nos dois cultivares estudados, evidenciando-se que os cafeeiros não se desenvolveram em condição limitante de água no solo.

4.3. Determinação da ETe nos diferentes métodos estudados

No estudo da determinação da ETe dos cafeeiros em formação, foram considerados apenas os meses de janeiro a agosto de 2000, por problemas operacionais nos métodos TDR e lisimetria de percolação.

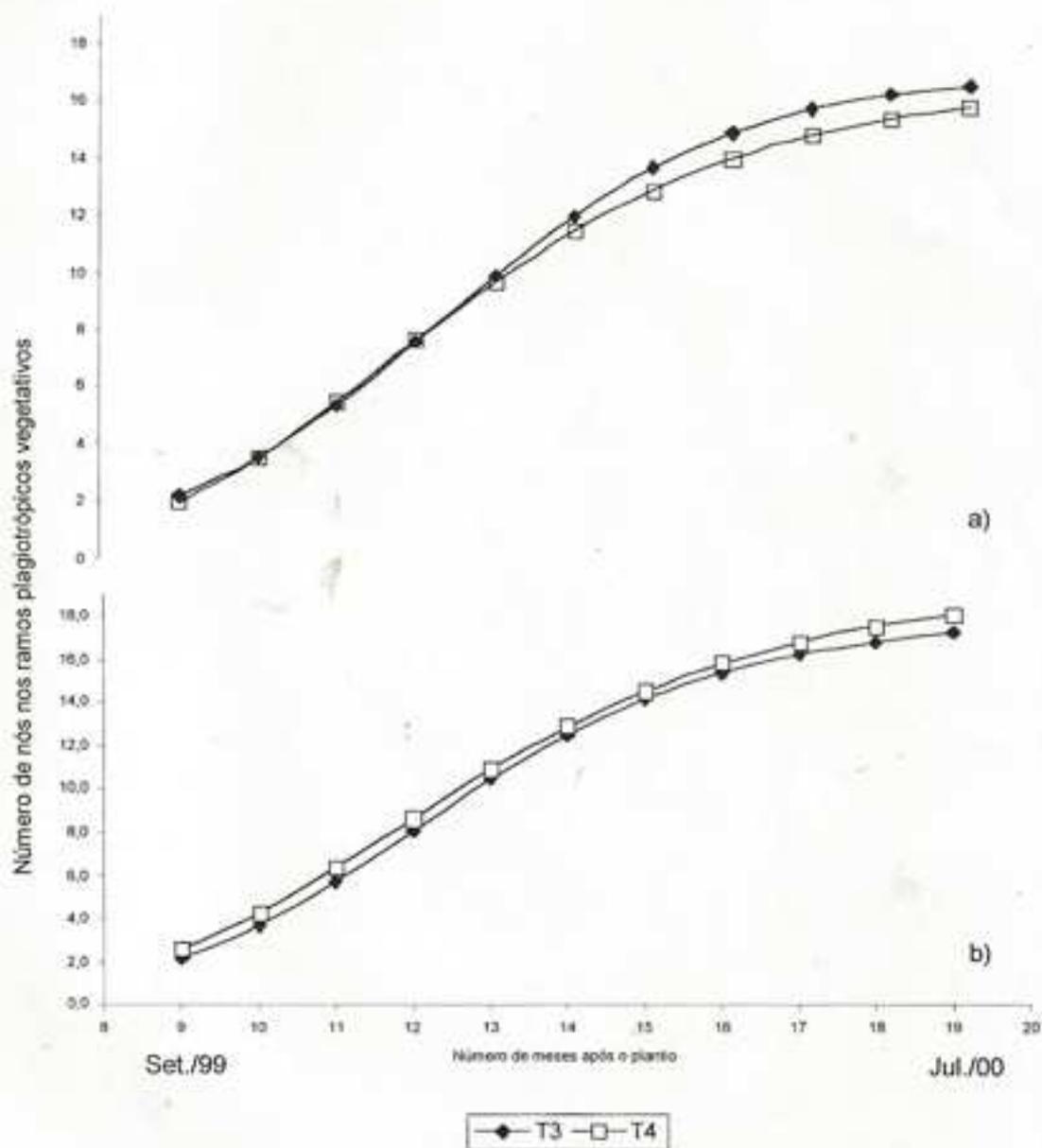


Figura 7 – Número de nós nos ramos plagiotrópicos vegetativos dos tratamentos com a lâmina recomendada pelo SISDA (T3) e com uma lâmina 25% maior (T4), durante os meses do estudo, no 'Catuaí Vermelho' (a) e no 'Acaia Cerrado' (b).

Nas Figuras 8 e 9 são apresentadas os valores da evapotranspiração (média mensal) de referência e da cultura do cafeeiro em formação, nos diferentes métodos considerados, durante os meses correspondentes ao período de estudo, no 'Catuai Vermelho' e no 'Acaiá Cerrado', respectivamente.

Observou-se que, nos meses mais quentes e de precipitação mais elevada (janeiro a março), os valores de ET_c apresentaram variação maior entre os métodos estudados, com a ressalva de que esses valores alcançaram 1,71; 1,50; 1,31; e 0,86 mm/dia pelo gravimétrico, TDR, SISDA e lisímetro, respectivamente, no 'Catuai Vermelho', e 1,83; 1,56; 1,76; e 0,98 mm/dia no 'Acaiá Cerrado'. Esse fato pode ser explicado pela possibilidade de uma percolação profunda considerável, somente detectável no método lisimétrico. No entanto, nos procedimentos utilizados nos métodos do balanço hídrico, gravimétrico e TDR, determinou-se a precipitação efetiva de acordo com JENSEN et al. (1990), podendo considerar que a utilização dessa correção nesses métodos não diminuiu as distorções nesse período do ano. Entretanto, durante esses primeiros quatro meses de trabalho, as plantas dos lisímetros dos dois cultivares apresentaram problemas de adaptação, necessitando-se de outro período com altas precipitações para melhor avaliação dessas diferenças.

Nos meses de menores ou de quase nenhuma precipitação (abril a agosto), os valores de ET_c apresentaram pequena variação entre os métodos estudados, com a ressalva de que esses valores alcançaram 1,03; 0,90; 0,95; e 1,07 mm/dia, respectivamente, pelo gravimétrico, TDR, SISDA e lisímetro, no 'Catuai Vermelho'; e 1,09; 0,95; 1,01; e 1,20 mm/dia no 'Acaiá Cerrado'. O controle da lâmina de irrigação evitou a percolação profunda nesse período.

Para planejamento ou manejo da irrigação por gotejamento do cafeeiro em formação (de 8 até 20 meses), durante os períodos de altas e baixas precipitações, nessa região em estudo os valores médios de ET_c dos cultivares de porte baixo, como o 'Catuai Vermelho', ficaram em torno de 1,50 e 0,98 mm/dia, respectivamente. Nos cultivares de porte alto, como 'Acaiá Cerrado', recomendam-se os valores da ET_c de 1,70 e 1,10 mm/dia, respectivamente, nos períodos de altas e baixas precipitações.

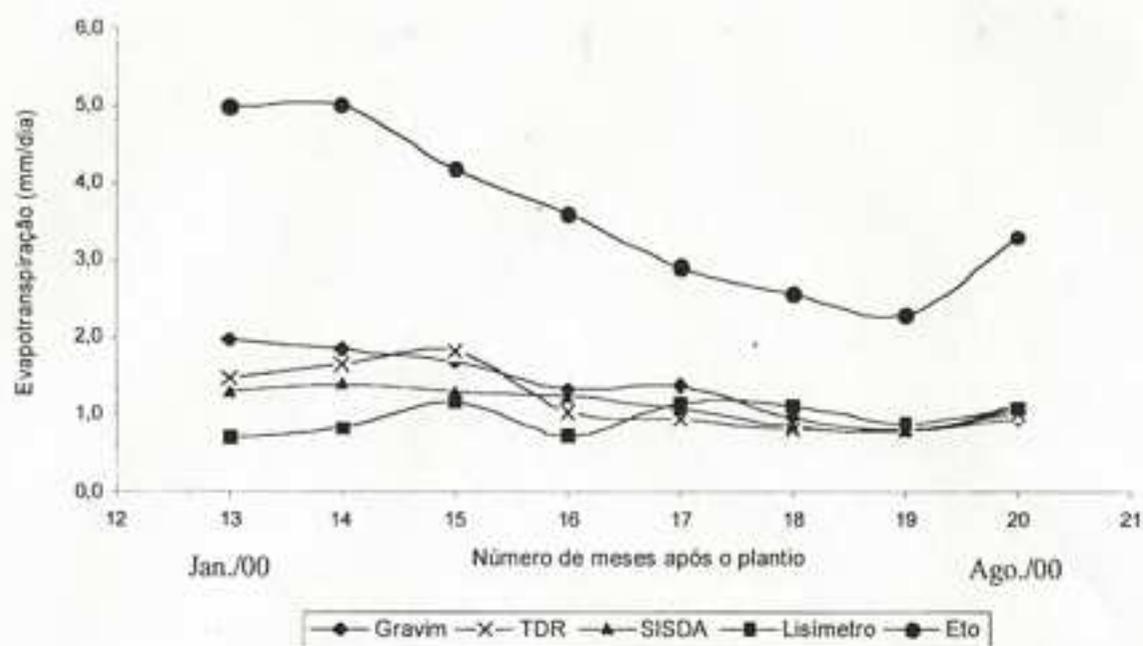


Figura 8 – Variação da evapotranspiração (média mensal) de referência e da cultura no 'Catuai Vermelho' em formação, pelos diferentes métodos considerados, nos meses de janeiro a agosto de 2000.

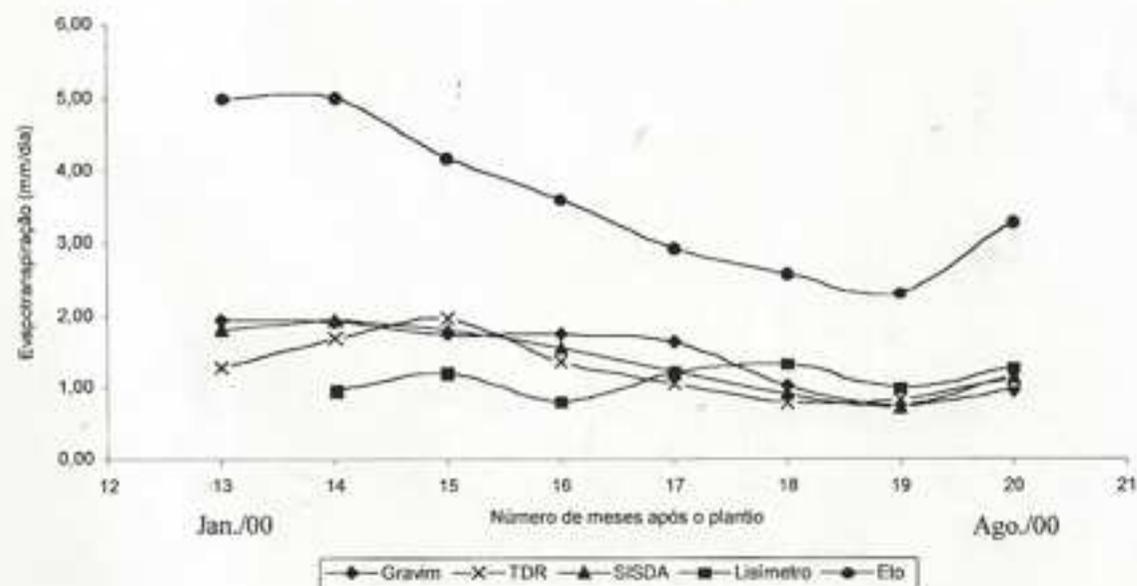


Figura 9 – Variação da evapotranspiração (média mensal) de referência e da cultura no 'Acaia Cerrado' em formação, pelos diferentes métodos considerados, nos meses de janeiro a agosto de 2000.

As Figuras 10 e 11 ilustram as comparações individuais entre a ETC determinada pelo processo gravimétrico e a ETC estimada pelo programa computacional SISDA 3, TDR e lisímetro, no 'Catuaí Vermelho' e no 'Acaia Cerrado', respectivamente. Tais figuras complementam a visualização dos resultados obtidos e reforçam a discussão anterior.

Observou-se, de maneira mais clara, que existe boa correlação entre os valores estimados pelo SISDA 3 e os obtidos pelo balanço hídrico e gravimétrico, principalmente no 'Acaia Cerrado' (Figura 10). No caso do método lisimétrico, a comparação foi sensivelmente prejudicada pelos problemas de adaptação das plantas nos primeiros meses de estudo.

As análises das Figuras 8 e 9 permitiram apenas uma visualização qualitativa das comparações entre os métodos, que, apesar de importantes, limitaram as conclusões. Para permitir uma análise quantitativa, fez-se o estudo comparativo, apresentado nas Figuras 10 e 11, com base em uma análise de regressão de cada um dos métodos de determinação e estimação da ETC, em relação aos valores determinados pelo processo gravimétrico.

Utilizado como base para o manejo da irrigação na área experimental, o programa computacional SISDA 3 apresentou resultados satisfatórios em relação aos métodos já consagrados (Quadro 6). Verifica-se, nesse quadro, que os valores estimados pelo SISDA 3 no 'Catuaí Vermelho' ficaram um pouco abaixo dos determinados pelo método do balanço hídrico. No 'Acaia Cerrado' houve proximidade maior dos valores de lâmina líquida de irrigação.

4.4. Relação entre ETC e os componentes de crescimento

As diferenças citadas nos valores de ETC, entre os dois cultivares de café Arábica estudados, puderam ser mais bem observadas com relação a alguns componentes de crescimento dos cafeeiros, que expressaram a exposição da superfície evapotranspirante ao ambiente. Para tal, foram selecionados a área foliar (AF) do terceiro par e o diâmetro da base da copa perpendicular à linha de plantio (DCo). Houve semelhança entre as curvas de ETC e a área foliar nos dois

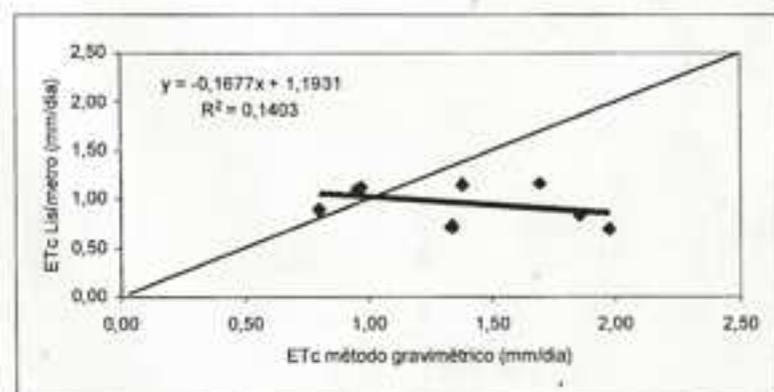
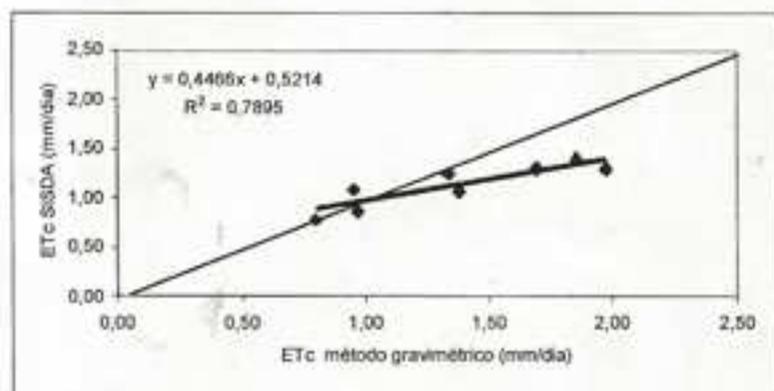
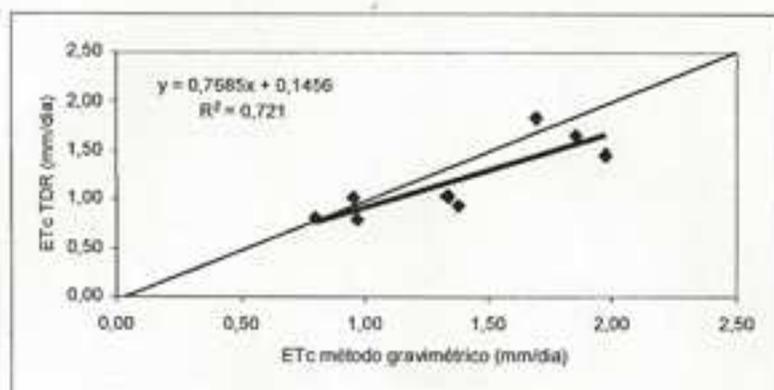


Figura 10 – Comparação entre a ETC média mensal determinada pelo método do balanço hídrico utilizando a gravimetria, a ETC estimada pelo programa computacional SISDA 3 e o balanço hídrico utilizando o TDR, estimado pelo lisímetro de percolação, no 'Catuaí Vermelho'.

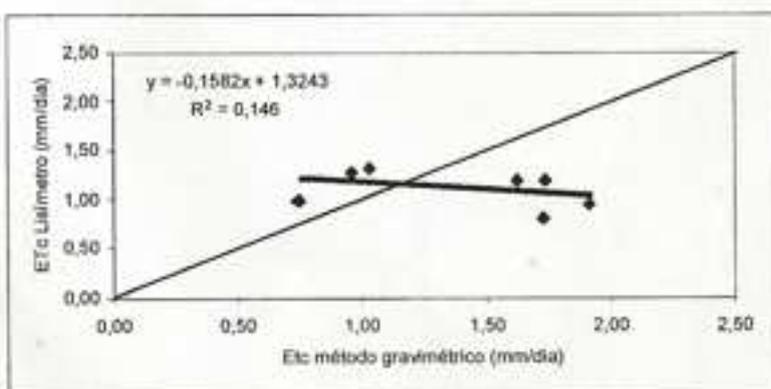
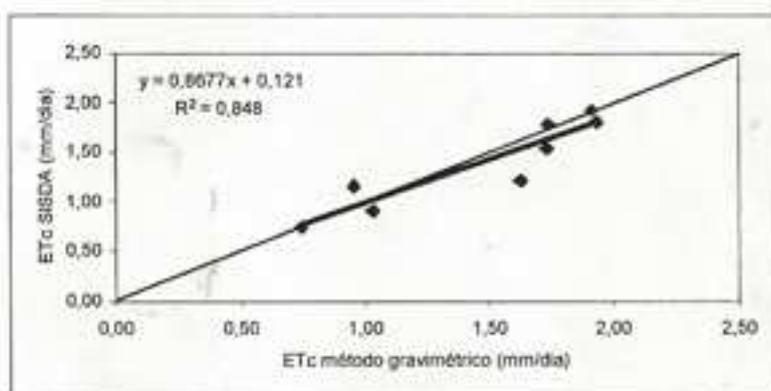
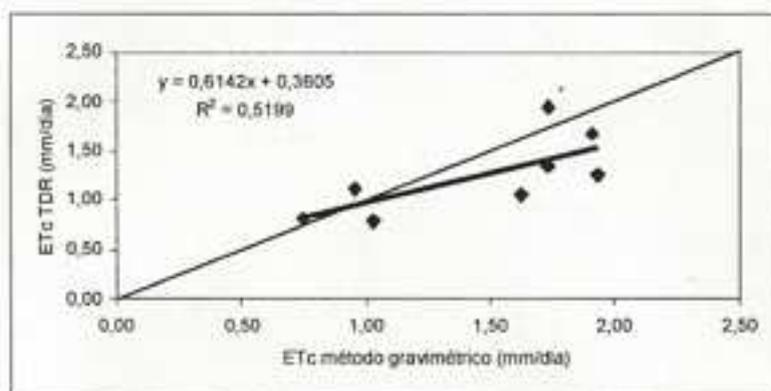


Figura 11 – Comparação entre a ETC média mensal determinada pelo método do balanço hídrico utilizando a gravimetria, a ETC estimada pelo programa computacional SISDA 3 e o balanço hídrico utilizando o TDR, estimado pelo lisímetro de percolação, no 'Acajá Cerrado'.

Quadro 6 – Lâmina líquida de irrigação média estimada pelos diferentes métodos, durante os meses relativos ao período de experimento, nos dois cultivares de cafeeiro em formação

Meses	Lâmina Líquida de Irrigação (mm/mês)							
	SISDA		Gravimetria		TDR		Lisímetro	
	Catuai	Acaia	Catuai	Acaia	Catuai	Acaia	Catuai	Acaia
Janeiro/2000	40,3	55,9	61,1	59,83	45,4	39,23	21,7	27,0
Fevereiro/2000	40,6	55,9	53,7	55,39	48,1	48,75	24,2	27,55
Março/2000	40,4	55,4	52,4	53,75	56,8	60,47	36,2	37,20
Abril/2000	37,3	46,3	40,1	51,86	31,2	40,33	21,7	24,00
Mai/2000	33,3	37,6	42,8	50,32	29,3	32,85	35,8	37,21
Junho/2000	25,8	27,3	29,0	30,90	24,2	23,86	33,6	39,60
Julho/2000	24,4	23,0	24,8	23,11	25,2	25,71	27,7	30,71
Agosto/2000	33,9	35,9	29,6	29,61	31,5	34,65	34,3	39,37
TOTAL	276,0	337,2	333,5	354,8	291,8	305,9	235,4	262,6

cultivares (Figura 12), encontrando-se valores superiores nos meses mais quentes e chuvosos e inferiores nos meses mais frios e secos. Essa relação entre ET_c e área foliar caracterizou um dos componentes qualitativos de oscilação da demanda evapotranspirativa do cafeeiro durante o ano.

A existência de estreita relação entre a ET_c e a área foliar do cafeeiro pode ser também avaliada pelo ajuste da regressão linear (Quadro 7), em que os coeficientes confirmam a existência de correlação entre as duas variáveis. Portanto, existe a possibilidade de se fazer previsão de ET_c pela quantificação da área da folha do cafeeiro em formação, ao longo dos meses do ano. Semelhante relação foi feita por MELLO (1992), correlacionando o coeficiente de cultura basal, que se refere a um novo conceito para estimar o valor do k_c (JENSEN et al., 1990), com a percentagem de cobertura e o índice de área foliar (IAF) da ervilha. Do mesmo modo, RODRIGUES (1996) trabalhou com feijão e relacionou IAF com valores de k_c .

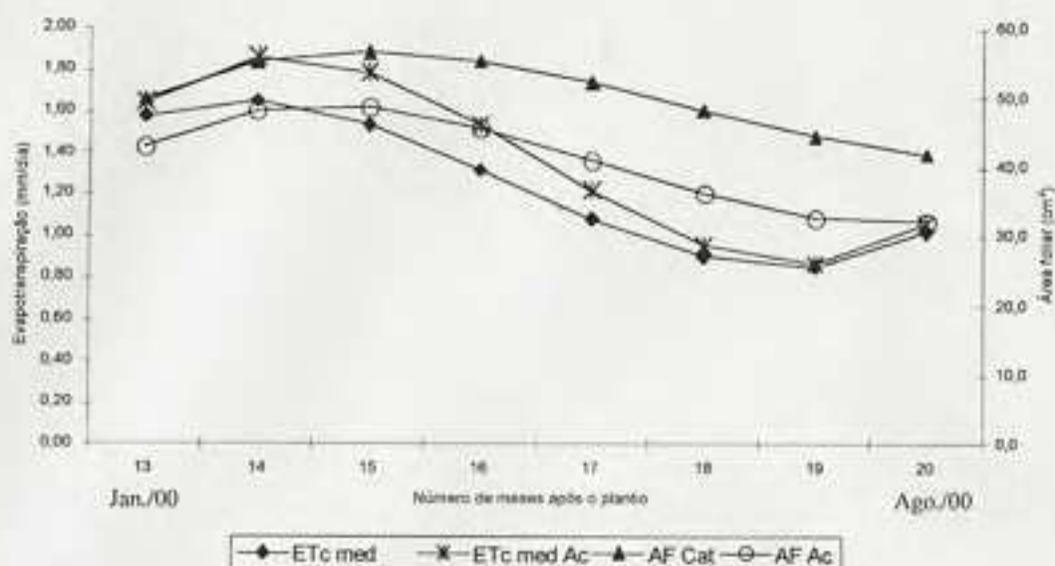


Figura 12 – Curvas comparativas entre os valores médios de ETc e os valores de área foliar, durante os meses estudados, no ‘Catuai Vermelho’ e no ‘Acaiá Cerrado’.

Quadro 7 – Estimativas dos parâmetros da regressão linear ajustada à evapotranspiração do cafeeiro em formação (y), em razão da sua área foliar (x), referentes ao ‘Catuai Vermelho’ e ao ‘Acaiá Cerrado’, com os respectivos coeficientes de determinação (r^2) e o erro-padrão residual (S)

Cultivares	Coeficientes		S	r^2
	a	b		
‘Catuai’	-0,1685	0,0280	0,2915	0,548
‘Acaiá’	-0,8179	0,0538	0,1502	0,932

GUTIÉRREZ e MEINZER (1994) fizeram a relação entre a ETc do cafeeiro em formação e o IAF, obtendo boa correlação de valores.

Observa-se, na Figura 12, que a AF do ‘Catuai Vermelho’ é maior que a do ‘Acaiá Cerrado’. Isso estaria em conflito com os valores de ETc, maiores no ‘Acaiá Cerrado’. No entanto, a explicação pode ser dada pelos valores de DCo (Figura 13), em que a expressiva diferença do maior DCo no ‘Acaiá Cerrado’ em

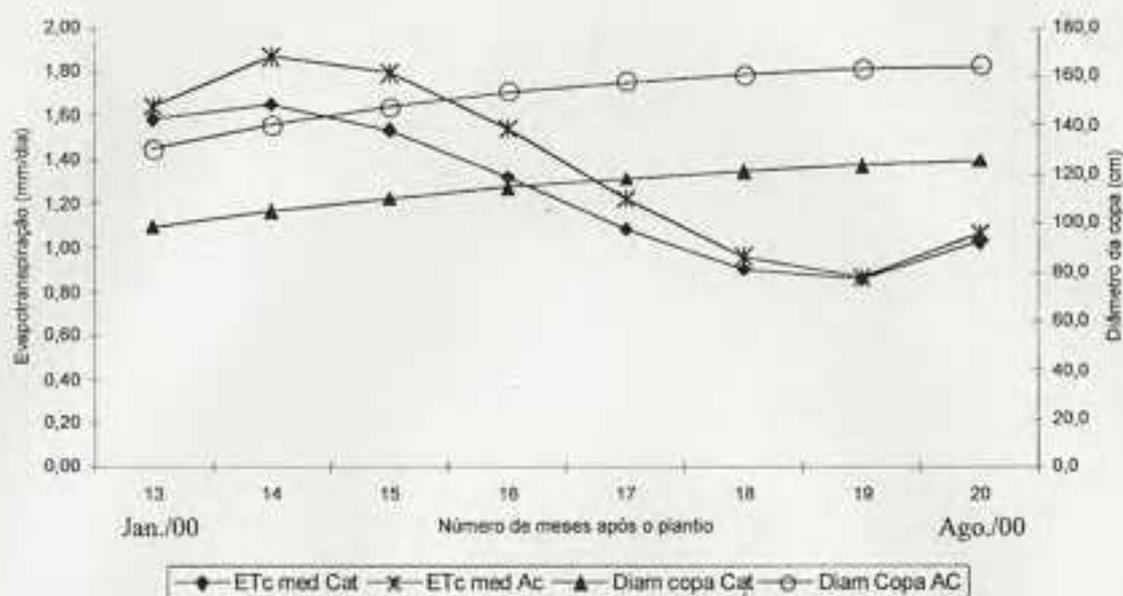


Figura 13 – Curvas comparativas entre os valores médios de ETc e os valores de diâmetro da base da copa, durante os meses estudados, no ‘Catuai Vermelho’ e no ‘Acaia Cerrado’.

relação ao ‘Catuai Vermelho’ favorece a maior demanda evapotranspirativa do primeiro. Esse valor de DCo é uma das variáveis que compõem o IAF, portanto o DCo é também um componente quantitativo para a estimativa da evapotranspiração das culturas.

4.5. Estimativa do kc dos dois cultivares em estudo

O coeficiente de cultura é um dos componentes mais importantes do manejo da irrigação, pois permite a conversão das informações obtidas de ETo para as distintas condições ambientais, em ETc, considerando-se as condições de manejo da irrigação, variedade e manejo da cultura.

No Quadro 8 são apresentados os valores de kc determinados pelos diferentes métodos, nos dois cultivares, nos meses considerados no estudo. Como foi comentado no item 4.3., os valores de kc obtidos pelo método lisimétrico, nos quatro primeiros meses, não foram considerados para cálculo da média.

Quadro 8 – Valores de kc determinados pelos diferentes métodos nos dois cultivares de cafeeiro em formação, entre os meses de janeiro e agosto de 2000

Meses	Coeficiente de Cultura							
	Gravimetria		TDR		Lisímetro		Média Mensal	
	Catuai	Acaiaá	Catuai	Acaiaá	Catuai	Acaiaá	Catuai	Acaiaá
Janeiro/2000	0,40	0,39	0,29	0,25	-	-	0,35	0,32
Fevereiro/2000	0,37	0,38	0,33	0,34	-	-	0,35	0,36
Março/2000	0,41	0,42	0,44	0,47	-	-	0,42	0,44
Abril/2000	0,37	0,48	0,29	0,37	-	-	0,33	0,43
Maió/2000	0,40	0,56	0,32	0,46	0,40	0,41	0,37	0,48
Junho/2000	0,38	0,40	0,31	0,31	0,40	0,51	0,36	0,41
Julho/2000	0,35	0,32	0,35	0,36	0,39	0,43	0,36	0,37
Agosto/2000	0,29	0,29	0,31	0,34	0,34	0,39	0,31	0,34
Média no período	0,33	0,41	0,33	0,36	0,38	0,43	<i>0,35</i>	<i>0,40</i>

Verificou-se que os valores de kc acompanharam a mesma tendência dos valores de ETC, nos dois cultivares estudados, ou seja, maior demanda do 'Acaiaá Cerrado' corresponde a um maior valor de kc. Dessa forma, os valores médios de kc, nas condições apresentadas neste estudo, foram de 0,35 e 0,40 no 'Catuai Vermelho' e no 'Acaiaá Cerrado', respectivamente.

Comparando as médias de kc entre os métodos estudados, verificaram-se valores bem próximos no método do balanço hídrico, tanto na gravimetria como no TDR, e pequena superestimação no método lisimétrico, nos quatro últimos meses considerados.

É importante considerar que, associado a esses valores de kc encontrados neste estudo, existem intrinsecamente outros dois elementos dentro do contexto da irrigação localizada, o ks e o kl. O ks, fator dependente da umidade do solo, teve seus valores variando entre 1,0 e 0,7, caracterizando manejo com irrigações frequentes e não se permitindo que o solo secasse além de 30% da sua disponibilidade total de água, na maior parte do período. O kl, fator que penaliza

a ETC na irrigação localizada, iniciou-se com valor em torno de 0,4 e alcançou 0,7 no final do período considerado, no 'Catuaí Vermelho', enquanto no 'Acaiaí Cerrado' se iniciou com 0,5, alcançando 1,0 já no 16º mês após o plantio no campo (Quadro 1A do Apêndice A); caracterizando-se que o 'Acaiaí Cerrado' sombreou completamente a entrelinha antes de completar 1,5 ano de plantio.

Como se pode notar no Quadro 9, os valores de kc encontrados neste estudo no cafeeiro em formação foram relativamente menores aos recomendados por PEREIRA (1957), Fao (1977), CLOWES (1984), GUTIÉRREZ e MEINZER (1994) e SANTINATO et al. (1997). O primeiro autor discorreu sobre a diferença sazonal dos coeficientes de cultura em cafeeiros no Quênia, utilizando o balanço hídrico para obtenção dos valores de Etc, e apresentou o valor de kc de 0,5 nos períodos mais secos do ano e 0,8 nos meses de precipitações elevadas.

Quadro 9 – Valores de kc médios determinados no presente estudo, comparados com valores citados em literatura para a cultura do cafeeiro em formação

Coeficiente de Cultura do Cafeeiro em Formação						
Medidos		PEREIRA	Fao	CLOWES	GUTIÉRREZ e	SANTINATO
Catuaí	Acaiaí	(1957)	(1977)	(1984)	MEINZER	et al.
					(1994)	(1997)
0,35	0,4	0,5-0,8	0,9	0,6	0,45-0,6	0,8-1,0

O kc apresentado pela Fao em 1977 é único em todas as fases de desenvolvimento do cafeeiro, não citando especificamente o local nem em que condições foi obtido tal valor. No artigo escrito por Clowes, em que ele discutiu os princípios da irrigação localizada no cafeeiro, foi fornecido um coeficiente de cultura igual a 0,6 em todas as situações de manejo do cafeeiro, no Zimbábue. GUTIÉRREZ e MEINZER (1994), estudando cafeeiros irrigados por gotejamento com diferentes idades no Havai, durante dois anos, e utilizando a razão de Bowen para determinar a ETC, encontraram valores de kc entre 0,45 e

0,68 em cafeeiros de 1,5 a 2 anos. Esse trabalho desenvolvido no Havai foi o que apresentou resultados mais próximos aos encontrados no presente estudo, com a ressalva de que os valores médios pouco superiores devem estar relacionados ao menor espaçamento na linha de plantio e ao momento de leitura da ETC, a qual era realizada 36 a 48 horas após a aplicação de uma lâmina de irrigação de 20 mm, ou seja, o ks estava sempre próximo à unidade.

SANTINATO et al. (1997) forneceram uma tabela com os valores de kc para cafeeiros de um a três anos de idade, obtidos em experimentos na região dos cerrados mineiro e baiano, onde as condições de déficit de pressão de vapor e características físico-hídricas do solo foram diferentes das encontradas no presente estudo. Além disso, os valores citados por esses autores foram para manejo de irrigação em área total, sendo desprezado o kl em irrigação localizada.

Na Figura 14 são mostradas os coeficientes de cultura do cafeeiro em formação ajustados para uma função quadrática, durante os meses após o plantio, com relação ao 'Catuai Vermelho' e ao 'Acaiá Cerrado'. É importante observar que essas equações de regressão foram ajustadas para esses cultivares nas condições do experimento. Comprovou-se que o kc do 'Acaiá Cerrado' foi superior ao kc do 'Catuai Vermelho'. Em razão do pequeno período de observação, ainda não se pode afirmar sobre a variabilidade do kc na cultura do cafeeiro em formação durante o ano. No entanto, por representar o período de desenvolvimento vegetativo do cafeeiro, os valores apresentados podem servir de base para o planejamento de sistemas de irrigação nesta fase (cafeeiro de 8 até 20 meses) e condições regionais.

Para utilização no programa SISDA 3 dos valores de kc encontrados neste estudo, seria necessário separar os coeficientes ks e kl, visto que a base de cálculo da ETC para irrigação localizada no programa computacional utiliza esses coeficientes para penalização da ETC, o que necessitaria elevar os kc médios encontrados para 0,6, no caso do 'Catuai Vermelho', e 0,7, no caso do 'Acaiá Cerrado', durante o período considerado.

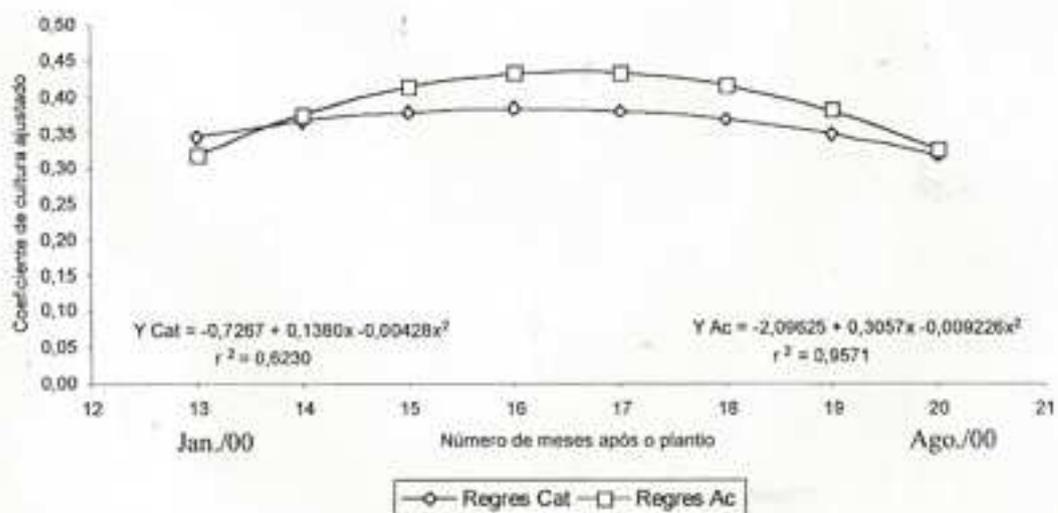


Figura 14 – Estimativas dos coeficientes de cultura dos cafeeiros em formação ‘Catuaí Vermelho’ e ‘Acaiaí Cerrado’ durante os meses após o plantio.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Objetivou-se, neste estudo, determinar a demanda evapotranspirativa de dois cultivares de café (*Coffea arabica* L.) em formação, o 'Catuai Vermelho' – linhagem Catuai Vermelho IAC 99 – e o 'Acaiá Cerrado' – seleção MG 1454, em irrigação localizada, assim como seus coeficientes de cultura, no período de setembro de 1999 a agosto de 2000, na Área Experimental da Agronomia, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. Além disso, foram comparados dois métodos diretos de determinação da E_{Tc} e um método indireto, utilizando-se o programa computacional SISDA 3.

Nas condições e no período em que foram obtidos os resultados deste trabalho, a demanda evapotranspirativa foi superior à média histórica da região.

A utilização do programa computacional SISDA 3 para manejo da irrigação da cultura do cafeeiro em formação foi satisfatória, evidenciada pela boa correlação obtida entre a disponibilidade de água no solo, determinada pelo método-padrão de estufa, e a estimada pelo programa, mas com pequena tendência de subestimação da E_{Tc} pelo SISDA 3. Essa eficiência do programa SISDA 3 pôde também ser comprovada pela semelhança do crescimento dos cultivares de cafeeiro estudados, em um tratamento com a lâmina recomendada por esse programa e outro com lâmina 25% maior.

Entre os métodos de determinação direta da evapotranspiração, observou-se que existe boa correlação entre o gravimétrico e o TDR, principalmente no 'Acaiá Cerrado'. No caso do método lisimétrico, a comparação foi sensivelmente prejudicada pelos problemas de adaptação das plantas dos lisímetros, nos primeiros meses de estudo. A semelhança de valores entre os métodos diretos de determinação da E_{Tc} e os valores estimados pelo SISDA 3, principalmente nos meses de baixa precipitação, exprimiu o bom potencial para o manejo da irrigação, mediante o monitoramento das variáveis meteorológicas e a utilização de equações bem ajustadas e de bons coeficientes de correção (k_c , k_s e k_l).

A utilização do TDR no monitoramento da umidade do solo, além da praticidade, ofereceu confiabilidade e uniformidade nos resultados obtidos, desde que calibrado para o solo em estudo.

Os valores médios da demanda hídrica do cafeeiro até 20 meses de idade, para cultivares de porte baixo, como o 'Catuai Vermelho', foram de 1,50 e 0,98 mm/dia, nos meses de altas e baixas precipitações, respectivamente, na região de Viçosa. Para cultivares de porte alto, como o 'Acaiá Cerrado', os valores de E_{Tc} obtidos foram de 1,70 e 1,10 mm/dia, nas duas estações, respectivamente. Os dois cultivares de cafeeiro apresentaram diferentes valores de E_{Tc} devido às características morfológicas do dossel da cultura.

A área foliar caracterizou-se como um dos componentes qualitativos de oscilação da evapotranspiração do cafeeiro durante o ano. O diâmetro da copa apresentou-se como um dos componentes quantitativos do consumo hídrico do cafeeiro.

Os valores médios de k_c , nas condições apresentadas neste estudo, foram de 0,35 e 0,40 no 'Catuai Vermelho' e no 'Acaiá Cerrado', respectivamente. Acompanhando a mesma tendência dos valores de E_{Tc} , ao 'Acaiá Cerrado' correspondeu maior valor de k_c . Esses valores encontrados foram inferiores aos citados na literatura, mas as diferentes condições de estudo desfavoreceram a comparação dos dados. No entanto, a separação dos coeficientes k_s e k_l dos coeficientes de cultura determinados elevou esses valores aos patamares encontrados por diversos autores.

CAPÍTULO 2

INFLUÊNCIA DA FERTIRRIGAÇÃO COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO NOS COMPONENTES VEGETATIVOS E REPRODUTIVOS DO CAFÉ ARÁBICA EM FORMAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, é imprescindível a expansão das fronteiras da cafeicultura no Brasil para áreas marginais, onde a disponibilidade hídrica ocasional durante o ano limita o rendimento potencial da cultura, associada à melhoria das condições técnicas das lavouras novas e em produção, visando ao aumento na produtividade (MANTOVANI, 1998). Inserem-se nesse contexto a irrigação e a fertirrigação como engrenagens para alcançar os objetivos anteriormente descritos.

A prática da irrigação no cafeeiro ainda não é usada em grande escala no Brasil, mas a pesquisa tem demonstrado que a irrigação constitui uma maneira de utilizar a água como insumo, gerando efeitos econômicos positivos, pela possibilidade de elevar os rendimentos, concentrar a colheita e obter grãos de melhor qualidade, além de contribuir para a organização do trabalho agrícola (ZAMORA e SANCHEZ, 1992).

A irrigação por gotejamento tem sido usada em diversas culturas devido à alta uniformidade de aplicação da água, à elevada eficiência do sistema, à baixa quantidade de água perdida por percolação profunda e evaporada da superfície do solo, ao bom controle do volume de água a ser aplicado em cada irrigação, à adaptação a diferentes tipos de solo e topografia, à possibilidade de ser utilizada com água salina ou em solos salinos e à possibilidade de aplicação de fertilizantes diluídos na água de irrigação (LOPÉZ et al., 1992; BERNARDO, 1995; SCHMIDT, 1995; PAPADOPOULOS, 1999).

Por possibilitar atender às necessidades nutricionais da cultura em todas as épocas do ano e em quaisquer condições climáticas, a fertirrigação do cafeeiro necessita de estudos que visam determinar os níveis de adubação e o número de parcelamentos adequados, que levam ao incremento na produtividade e melhoria geral da cultura do cafeeiro.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência da irrigação e de diferentes níveis de fertirrigação com nitrogênio e potássio no crescimento vegetativo e na produção de dois cultivares de café (*Coffea arabica* L.) em formação, 'Catuaí Vermelho' e 'Acaia Cerrado', na região da Zona da Mata de Minas Gerais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Fertirrigação: benefícios adicionais para a cafeicultura irrigada

A cafeicultura irrigada já é realidade em várias regiões produtoras brasileiras, em virtude, principalmente, da grande disponibilidade de sistemas e equipamentos modernos, associada à redução de preços. Porém, o possível avanço a ser alcançado com a tecnologia da fertirrigação depende do eficiente uso da água e de fertilizantes, conforme indicações de pesquisas na área de manejo de irrigação e aplicação de produtos químicos via água, nas diferentes condições regionais e socioeconômicas do país (FISHER e BROWNING, 1979; BERNARDO, 1989; SILVA et al., 1998; PAPADOPOULOS, 1999).

Com a preocupação mundial em adequar práticas agrícolas ao desenvolvimento sustentável, considerou-se essencial que qualquer nova tecnologia de produção preserve todos os elementos do contexto ambiental. Nesse aspecto, enquadra-se à prática da fertirrigação a aplicação de fertilizantes por meio dos sistemas de irrigação, que tem como vantagens principais a maior eficiência na aplicação de fertilizantes (menores perdas), a maior uniformidade de aplicação de água, a possibilidade de redução da dosagem de nutrientes (conseqüência da maior eficiência) para um mesmo potencial produtivo, a redução da compactação do solo e dos danos mecânicos à cultura (evita-se o

tráfego de máquinas e implementos), a adequação da época de aplicação às necessidades da cultura, a eficiente incorporação do fertilizante pelo controle da lâmina de água e a redução da lixiviação, principalmente na irrigação por gotejamento (FRIZZONE et al., 1994; VIEIRA, 1994; SANTINATO et al., 1997; NOGUEIRA et al., 1998; PAPADOPOULOS, 1999; VILLAS BÓAS et al., 1999).

Em acréscimo a essas vantagens, uma das relevâncias da fertirrigação é a diminuição na utilização da mão-de-obra, associada à diminuição dos custos de produção, principalmente em plantios extensos e localizados em áreas inaptas à mecanização, como é o caso da região da Zona da Mata de Minas Gerais e da região centro-norte do Estado do Espírito Santo.

Alguns autores não consideram que a fertirrigação seja somente uma técnica de irrigação e sim uma nova técnica de cultivo, tamanhas as suas vantagens econômicas e agrícolas (SAMPAIO et al., 1996). ABREU e SANCHÉZ (1987) e HAGIN e TICKER (1982) mencionaram que a prática da fertirrigação não é exclusiva dos sistemas de irrigação localizada. Entretanto, nesse sistema, pode-se conseguir melhor eficiência na aplicação de fertilizantes, pois os nutrientes são aplicados somente na região do sistema radicular e com maior uniformidade de distribuição (CLOWES, 1984; VERMEING e JOBLING, 1997).

Essa tecnologia já vem sendo usada há muito tempo em países de agricultura mais avançada. No entanto, a pesquisa sobre fertirrigação e suas aplicações práticas, aliadas aos avanços no dimensionamento de sistemas de irrigação, só recentemente estão permitindo a expansão dessa técnica.

Embora a fertirrigação por gotejamento ofereça uma série de vantagens, sua eficiência depende do conhecimento de vários fatores, como textura, densidade, permeabilidade, pH, teor de cátions trocáveis e condutividade elétrica do solo, teor de sais da água e características dos fertilizantes a serem aplicados via água de irrigação, além do correto manejo da concentração de nutrientes e da frequência de irrigação (SOUSA et al., 1999). O manejo inadequado de água no solo traz sérios problemas relacionados às perdas de nutrientes por lixiviação. Já

com o controle criterioso da concentração salina ocorrem redução dessas perdas e aumento da absorção de nutrientes pela planta (CALDWELL et al., 1977; FEIGIN et al., 1982; COELHO, 1994; CADAHÍA, 1998).

Há, por conseguinte, crescente preocupação quanto à utilização efetiva e eficiente da água e dos fertilizantes. O mais adequado manejo destes foi identificado como a mais importante contribuição na estratégia necessária para direcionar os problemas relativos à escassez de água e à prática da agricultura intensiva. O aumento da eficiência do uso da água e dos fertilizantes constitui o principal fator para aumentar a produção de alimentos, reverter a degradação do solo, ou evitar danos irreversíveis a estes, permitindo a sustentabilidade do ambiente produtivo (PAPADOPOULOS, 1999).

Os poucos trabalhos na área de fertirrigação no Brasil e a pouca divulgação dos resultados entre os irrigantes tornam essa técnica ainda pouco conhecida. Quando devidamente divulgada, e com a crescente introdução de fertilizantes hidrossolúveis no mercado, a fertirrigação deverá tornar-se prática comum na agricultura irrigada (KALIL, 1992; FRIZZONE et al., 1994; BOMAN, 1996).

2.2. Os componentes vegetativos e reprodutivos do cafeeiro influenciados pela irrigação e pela fertirrigação

O conteúdo de água no solo tem grande efeito sobre o desenvolvimento do sistema radicular, o crescimento da parte aérea, o florescimento e a frutificação do cafeeiro (ALVIM, 1960; BARROS et al., 1978; RENA e MAESTRI, 1986; GOPAL et al., 1992; DRINNAN e MENZEL, 1994; RENA e GUIMARÃES, 2000). Mesmo em regiões consideradas climaticamente aptas ao seu cultivo, períodos de deficiências hídricas podem comprometer o potencial de crescimento e produtivo do cafeeiro.

CLOWES e WILSON (1974) e FIGUEREDO (1979) afirmaram que cafeeiros jovens crescem satisfatoriamente sem irrigação. No entanto, AZIZUDDIN et al. (1994), ZANINI et al. (1994) e GERVÁSIO e LIMA (1998)

apresentaram resultados indicando acréscimos substanciais nas taxas de crescimento dos cafeeiros novos submetidos à irrigação por gotejamento.

A otimização do potencial genético e o aumento da produtividade na cafeicultura não se dão apenas com o fornecimento de água às culturas. Dentre outras técnicas de manejo da cultura, a elevação dos níveis de fertilidade do meio onde as plantas se desenvolvem, com a utilização de técnicas adequadas, é extremamente importante numa agricultura altamente produtiva e auto-sustentável (SOUSA, 2000).

Ao regular os regimes hídricos e variar os níveis de nitrogênio e potássio em citrus, HAGIN e TICKER (1982) verificaram que as parcelas com regime relativamente seco responderam menos aos níveis de nitrogênio, enquanto nas áreas onde o suprimento de água foi uniforme e adequado às respostas foram consideravelmente maiores. Resultados semelhantes foram encontrados por AMARAL et al. (1990) e DA MATTA et al. (1999) utilizando a fertirrigação com nitrogênio em cafeeiros na época do inverno, os quais obtiveram aumento da taxa de crescimento de ramos plagiotrópicos e folhas na primavera subsequente.

Quantitativamente, os principais elementos minerais envolvidos nos desenvolvimentos vegetativo e reprodutivo da maioria dos vegetais são o nitrogênio e o potássio. De acordo com Dierendock (1959), citado por MALAVOLTA (1986), existe relação direta entre fornecimento de N e número de folhas no florescimento e número de gemas floríferas.

MALAVOLTA (1986) comentou que a exigência de K aumenta com a idade do cafeeiro, sendo particularmente intensa quando a planta atinge a maturidade. No momento da máxima absorção desse nutriente pelo cafeeiro, sua disponibilidade no solo pode ser prontamente suprida pela aplicação via água de irrigação. A razão para isso é que a taxa de liberação do K trocável da fase sólida para a solução do solo pode ter ritmo limitante, desde que seu fluxo de absorção pelas raízes seja pequeno. Na fertirrigação com K, sua concentração na solução do solo pode ser aumentada temporariamente, e o fluxo de absorção desse elemento torna-se consideravelmente incrementado (Bar-Yosef, 1991, citado por NOGUEIRA et al., 1998). PALANIAPPAN (1993) trabalhou com a distribuição

de NPK entre o crescimento vegetativo e o desenvolvimento dos frutos de café Arábica, relacionando o nitrogênio e o potássio com altos índices de crescimento e produção.

A possibilidade de parcelamento de nutrientes, sobretudo do nitrogênio, que se perde com facilidade, e do potássio, é uma das principais vantagens da fertirrigação. A aplicação mais freqüente e em menores quantidades permite reduzir as perdas de nutrientes, aumentar a eficiência do uso dos fertilizantes e promover o aumento da produtividade e da qualidade dos frutos (RATLEGE, 1988; PINTO et al., 1992; NIELSEN et al., 1995; SOUSA et al., 1999; VILLAS BÔAS et al., 1999). Além do mais, a economia resultante da fertirrigação geralmente cresce quando aumenta o número de aplicações anuais (THREADGILL, 1985). CARELLI e FAHL (1991) verificaram que o aumento na disponibilidade de nitrato no solo para as plantas de café durante todo o ano proporcionou maior desenvolvimento das folhas.

Por ser o processo que permite a adubação da cultura em todas as épocas do ano e em quaisquer condições, a fertirrigação no cafeeiro adensado necessita de estudos que visem indicar níveis ideais de adubação, pois as altas densidades (>5.000 plantas/ha) produzem mais, extraíndo mais nutrientes. Porém, ao realizá-lo com mais eficiência, os requerimentos adicionais de fertilizantes não são proporcionais nem aos incrementos no rendimento nem ao aumento do número de plantas, devido ao incremento na densidade de plantio (RIVERA, 1991). Além disso, necessita-se adequar o número de parcelamentos aos plantios adensados, com vistas a satisfazer adequadamente as necessidades hídricas e nutricionais durante os diferentes estádios de desenvolvimento do cafeeiro (CASSIDY e KUMAR 1984; NOGUEIRA et al., 1998; SOUSA, 2000).

Ainda vigoram incertezas e muitas suposições, por parte de pesquisadores das áreas de fisiologia e agronomia, sobre as reais influências do eficiente manejo da irrigação, com a utilização sistemática da fertirrigação, nos processos de iniciação e diferenciação florais e na elevação dos índices de vingamento e pegamento dos botões, o que reflete no aumento da produção e na melhoria da qualidade dos frutos no cafeeiro.

Portanto, existem muitos aspectos que ainda precisam ser conhecidos e monitorados na prática da fertirrigação, como a qualidade da água, a absorção iônica dos nutrientes, a possibilidade de salinização, acidificação ou alcalinização e de perdas de nutrientes no solo, a real distribuição das raízes do cafeeiro, a disponibilidade de fertilizantes formulados no mercado, os impactos ambientais e o retorno do investimento, dentre outros, para que essa técnica seja compreendida e aceita pelos produtores (NOGUEIRA et al., 1998).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Características da área experimental

Este trabalho foi realizado na Área Experimental da Agronomia, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, com latitude de 20° 45' S, longitude de 42° 51' W e altitude média de 651 m.

O trabalho foi desenvolvido de setembro de 1999 a julho de 2000, numa parcela experimental de 700 m² (70 x 10 m), onde, em dezembro de 1998, haviam sido plantadas 200 mudas de 'Catuaí Vermelho IAC 99' e 200 de 'Acaia Cerrado MG 1454'. As mudas, na época do plantio no campo, tinham 12 meses de idade. O espaçamento utilizado foi de 2 m entre fileiras e 1 m entre plantas. As plantas foram igualmente distribuídas em seis fileiras de 70 m de comprimento cada, sendo as quatro fileiras internas úteis e as duas externas consideradas bordadura. Na Figura 1, apresenta-se a visão geral da área experimental no final do trabalho.

A análise granulométrica e de rotina da fertilidade do solo da área experimental em estudo está apresentada nos Quadros 1 e 2 do capítulo 1.



Figura 1 - Visão geral da área experimental.

3.2. Caracterização dos tratamentos e do delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com oito tratamentos e 10 repetições, em cada cultivar de café. Cada unidade experimental constituiu-se de uma planta, sendo em cada planta previamente selecionados quatro ramos plagiotrópicos primários para avaliação de crescimento, dois inferiores produtivos e dois superiores vegetativos, perfazendo um total de 640 ramos plagiotrópicos.

Os tratamentos foram os seguintes:

Tratamento 0 – Sem irrigação, aplicação manual de adubo, com nível deste considerado normal (caracterizado adiante), e parcelamento convencional (3 vezes no ano, novembro/janeiro/março).

Tratamento 1 – Idêntico ao tratamento 0, mas irrigado.

- Tratamento 2 – Com irrigação e fertirrigação com 20% acima do nível de adubo considerado normal e parcelamento em nove vezes, seguindo-se a demanda evapotranspirativa da série histórica (caracterização adiante).
- Tratamento 3 – Com irrigação e fertirrigação com nível de adubo considerado normal e parcelamento em nove vezes, seguindo-se a demanda evapotranspirativa da série histórica.
- Tratamento 4 – Com irrigação, superando a demanda hídrica em 25%; fertirrigação com nível de adubo considerado normal; e parcelamento em nove vezes, seguindo-se a demanda evapotranspirativa da série histórica.
- Tratamento 5 – Idêntico ao tratamento 3 e fertirrigação com 20% abaixo do nível de adubo considerado normal.
- Tratamento 6 – Idêntico ao tratamento 3 e fertirrigação com 40% abaixo do nível de adubo considerado normal.
- Tratamento 7 – Com irrigação e fertirrigação com nível de adubo considerado normal e parcelamento em nove vezes, seguindo-se a curva de absorção de nutrientes do cafeeiro (caracterização adiante).

O croqui com a distribuição dos tratamentos na área experimental é apresentado no Figura 2.

De acordo com os resultados da análise de solo feita antes do início do experimento, procedeu-se à recomendação de adubação do nível considerado normal, baseada em MALAVOLTA e MOREIRA (1997). Os níveis normais de adubação/fertirrigação foram de 25 g de nitrogênio e 20 g de K_2O por planta; entretanto, esses valores foram aumentados para 40 g/planta em ambos os nutrientes, de acordo com as análises foliares realizadas nos meses posteriores (Quadro 1). Os fertilizantes utilizados foram o nitrato de amônio (34% de N) e o cloreto de potássio branco (60% de K_2O).

As aplicações de fertilizantes via fertirrigação foram parceladas a cada mês, seguindo-se dois métodos utilizados para distribuir a quantidade de fertilizantes aplicados em cada parcelamento. Um seguiu a recomendação pela

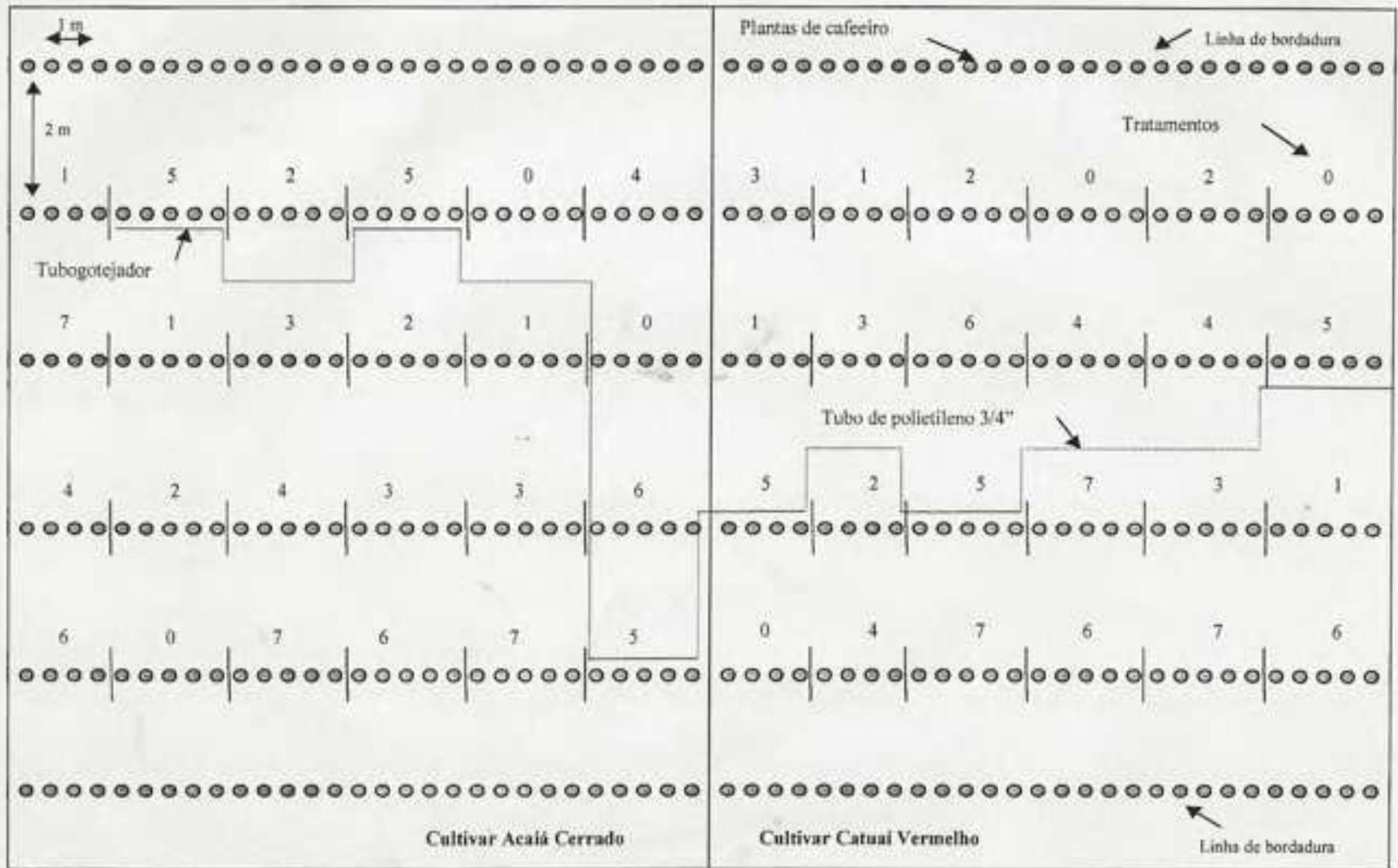


Figura 2 – Croqui da área experimental com a distribuição dos tratamentos e do sistema de irrigação.

Quadro 1 – Quantidades de nutrientes aplicadas mensalmente nos tratamentos

Mês	Quantidades de Nutrientes (g/planta)															
	T0		T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7	
	N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O
Set./99	-	-	-	-	3,4	2,9	2,8	2,4	2,8	2,4	2,2	1,9	1,7	1,4	3,8	3,2
Out./99	-	-	-	-	3,6	3,0	3,0	2,5	3,0	2,5	2,4	2,0	1,8	1,5	3,8	3,2
Nov./99	9,0	7,6	9,0	7,6	3,8	3,2	3,2	2,7	3,2	2,7	2,6	2,2	1,9	1,6	3,8	3,2
Dez./99	-	-	-	-	4,0	3,4	3,3	2,8	3,3	2,8	2,6	2,2	2,0	1,7	3,1	2,6
Jan./00	15,8	16,0	15,8	16,0	7,8	8,2	6,5	6,8	6,5	6,8	5,2	5,4	3,9	4,1	5,6	6,0
Fev./00	-	-	-	-	7,2	7,7	6,0	6,4	6,0	6,4	4,8	5,1	3,6	3,8	5,6	6,1
Mar./00	15,2	16,4	15,2	16,4	7,2	7,6	6,0	6,3	6,0	6,3	4,8	5,0	3,6	3,8	4,8	5,3
Abr./00	-	-	-	-	6,0	6,5	5,0	5,4	5,0	5,4	4,0	4,3	3,0	3,0	4,8	5,3
Mai./00	-	-	-	-	5,0	3,6	4,2	4,7	4,2	4,7	3,4	3,8	2,5	2,8	4,7	5,2

curva de absorção de nutrientes do cafeeiro (MALAVOLTA, 1995), no qual se diferenciam as necessidades de nitrogênio, potássio e fósforo de acordo com o desenvolvimento dos frutos. Outro método propõe o parcelamento das adubações do cafeeiro fertirrigado, seguindo-se a demanda evapotranspirativa mensal de referência para a região produtora. Esse critério envolve a utilização de dados meteorológicos de base histórica, para se obter a evapotranspiração média de referência em determinado período (diário, semanal, decendial, quinzenal ou mensal).

3.3. Sistema de irrigação

O sistema de irrigação instalado na área experimental foi do tipo localizado por gotejamento, composto pelo tubogotejador da marca "Queen Gil", fabricante Irrigotec, que se constitui de tubo flexível de polietileno de baixa densidade, com dimensão transversal de 0,026 m, espessura da parede de 200 µm e um conjunto de emissores do tipo labirinto de longo percurso, incorporados ao próprio tubo, com regime semiturbulento, espaçados em 0,3 m, vazão nominal de 4,0 L/m/h, pressão de 66,7 kPa e coeficiente de variação de fabricação igual a 3,11% (SCHMIDT, 1995).

O sistema de irrigação era abastecido por gravidade, a partir de um reservatório localizado a 100 m de distância do cabeçal de controle e 11 m acima do nível deste. A água era conduzida até o cabeçal de controle por tubulação de PVC de 75 mm de diâmetro. O cabeçal de controle era constituído de um sistema de filtragem com filtro de disco de 200 meshes, válvulas de controle, manômetro de glicerina graduado em bar e o conjunto de aplicação de fertilizantes, composto por um reservatório de 70 litros e uma bomba injetora de 1/8 c.v., com acionamento elétrico e taxa de injeção de 120 L/h.

O comprimento das linhas dos tubogotejadores atende à recomendação do fabricante, alcançando 70 m de comprimento, para uma pressão de serviço de 70 kPa, e obedecendo aos critérios preestabelecidos de variação de vazão entre o primeiro e o último emissor de 10%, para linhas em nível (KELLER e BLIESNER, 1990; BERNARDO, 1995).

Foram realizadas quatro avaliações de uniformidade de distribuição de água durante o experimento, objetivando a uma contínua verificação da vazão dos gotejadores, do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) (KELLER e BLIESNER, 1990; BERNARDO, 1995) e de possíveis influências da fertirrigação nessas características.

O "layout" original do sistema de irrigação foi modificado para atender à distribuição dos tratamentos, como exemplificado na Figura 2 referente ao tratamento 5.

O manejo da irrigação foi realizado seguindo o programa computacional SISDA 3, em que a demanda de irrigação foi determinada por variáveis meteorológicas obtidas numa estação meteorológica automática, da marca Metos, modelo "Compact", instalada na área experimental (Quadro 3 do capítulo 1). No início do experimento, procedeu-se à amostragem do solo para determinação da umidade atual. Em seguida, aplicou-se uma lâmina de irrigação para levar a umidade do solo à capacidade de campo, na profundidade considerada útil para o sistema radicular do cafeeiro.

3.4. Manejo da fertirrigação

Os principais parâmetros para formulação e avaliação da fertirrigação são a exigência de nutrientes pela cultura para determinada produtividade; os nutrientes disponíveis na solução do solo e, eventualmente, na água; o volume do solo ocupado pelo sistema radicular; e a eficiência de absorção de nutrientes nos diferentes métodos de irrigação (PAPADOPOULOS, 1999; VILLAS BOAS et al., 1999).

As quantidades de fertilizantes aplicadas por planta foram definidas a partir de modelos tradicionais (MALAVOLTA e MOREIRA, 1997), devido à inexistência de recomendações específicas para o cafeeiro fertirrigado, além de poucas informações a respeito da eficiência de absorção e das concentrações adequadas na água e no solo de nutrientes via fertirrigação. Os procedimentos que precederam a preparação da solução nutritiva resumiram-se na distribuição das quantidades a serem aplicadas nos meses correspondentes, de acordo com o tratamento considerado (Quadro 1).

O processo da fertirrigação foi dividido em três etapas. Na primeira, o sistema de irrigação funcionou aplicando somente água, com as finalidades de estabilizar a vazão nos gotejadores e umedecer o solo. Na etapa seguinte, iniciou-se a injeção de fertilizantes, que ocorreu num tempo mínimo de 30 minutos, e máximo de uma hora (KALIL, 1992). Na terceira etapa, o sistema voltou a aplicar apenas água, para lavagem das tubulações e evitar futuros entupimentos. Os instantes de pré e pós-fertirrigação duraram 10 minutos. A pressão de operação do sistema de irrigação foi de 70 kPa, tanto nas irrigações quanto nas fertirrigações realizadas durante a pesquisa.

3.5. Manejo geral da cultura

Para que fossem mantidas as condições específicas e uniformes dos cafeeiros dentro da área experimental, foram controlados os fitopatógenos e as pragas, mediante pulverizações periódicas, bem como plantas invasoras, por meio de capinas e aplicações de herbicida.

Procedeu-se à aplicação localizada de superfosfato simples 50 g/planta, na projeção da copa de cada cafeeiro, no mês de novembro de 1999. Em março de 2000, foi realizada uma calagem, aplicando-se 1 t/ha de calcário dolomítico (PRNT = 83%). As pulverizações com micronutrientes foram em número de cinco, realizadas nos meses de outubro e novembro de 1999 e janeiro, março e maio de 2000. Os produtos e respectivas concentrações utilizadas em cada aplicação foram de oxiclureto de cobre 0,6%, sulfato de zinco 0,2%, cloreto de potássio 0,2% e ácido bórico 0,3% (RENA e FÁVARO, 2000).

3.6. Avaliações de crescimento

No decorrer do experimento foram realizadas avaliações mensais de crescimento em alguns componentes vegetativos nos dois cultivares de cafeeiro em estudo.

3.6.1. Número de ramos plagiotrópicos primários

Foram contados os ramos plagiotrópicos primários que se formaram entre outubro de 1999 e julho de 2000.

3.6.2. Avaliação da retenção foliar

Foram realizadas avaliações mensais, de setembro de 1999 a julho de 2000, da retenção de folhas em ramos plagiotrópicos primários previamente selecionados de primeira produção.

3.6.3. Número de nós dos ramos plagiotrópicos primários

Foram contados, de setembro de 1999 a julho de 2000, o número de nós formados em dois ramos plagiotrópicos vegetativos previamente selecionados, por planta.

3.6.4. Diâmetro da base do caule

O diâmetro da base do caule foi medido 5 cm acima da superfície do solo, apenas no sentido paralelo à linha de plantio, utilizando-se um paquímetro de 0,05 mm de precisão.

3.6.5. Ramificações secundárias dos ramos plagiotrópicos

Foi avaliado, no mês de julho de 2000, o número de ramificações secundárias em dois ramos plagiotrópicos primários de primeira produção previamente selecionados, por planta.

3.6.6. Estimativa da área foliar

Mediram-se, mensalmente, o maior comprimento e a maior largura das folhas do terceiro par, a partir da ponta, de dois ramos plagiotrópicos primários de primeira produção previamente selecionados, durante os meses do estudo. Devido à utilização de cultivares diferentes, utilizou-se um procedimento semelhante ao de BARROS et al. (1973) para obter as equações que estimassem a área foliar do 'Catuaí Vermelho' (equação 1) e do 'Acaiá Cerrado' (equação 2), apresentadas no capítulo 1.

3.6.7. Pegamento dos botões florais

Antes de implantados os tratamentos, foram contados os botões florais que se apresentavam entre os estádios de desenvolvimento 4 e 5 (CRISOSTO et al., 1992; DRINNAN e MENZEL, 1994), em dois ramos plagiotrópicos primários de primeira produção preestabelecidos por planta. Foram ao todo três contagens de botões florais, que representaram as três florações ocorridas no ano de 1999 (setembro e outubro). No mês de janeiro de 2000, avaliou-se o "pegamento inicial", e na colheita foram contados todos os frutos presentes nos

ramos plagiotrópicos preestabelecidos, avaliando-se, então, o “pegamento final” dos frutos.

3.7. Avaliação da produção

A colheita iniciou-se no final de abril de 2000 e foi realizada em duas etapas, de acordo com a maturação dos frutos. Foram colhidas, separadamente, 10 plantas de café previamente selecionadas, nos dois cultivares. Em cada etapa foram colhidos frutos do tipo “verde-cana” ou “cereja”. Posteriormente, determinaram-se o peso total do “café da roça” e o volume total dos frutos colhidos, utilizando para tal uma proveta graduada de 1.000 ml com volume conhecido de água. A seguir foram separadas amostras de 100 frutos, sendo determinados o peso e o volume de cada amostra. As produções de cada planta foram secadas em um secador de fluxo contínuo, mantidas à temperatura de 45 °C, por três ou quatro dias, até a umidade de 12%. Os grãos foram novamente pesados, obtendo-se o peso do fruto seco (“coco”), do qual, após o beneficiamento, foi obtido o peso do grão.

Para determinação do rendimento, utilizou-se a relação entre os pesos dos frutos maduros (“café da roça”) e do café beneficiado. Normalmente apresentado sob a forma de índice, este poderá indicar a produção real de café após o beneficiamento (ALVARENGA, 1991).

3.8. Análise estatística

Foram ajustadas equações de regressão dos componentes de crescimento avaliados, em função do número de dias após o plantio dos dois cultivares em estudo, nos diferentes tratamentos. Para conhecer o número de ramos plagiotrópicos, o número de nós nestes ramos e o diâmetro da base do caule, utilizou-se a análise de regressão pelo método de Richards (equação 1). Na retenção foliar, foram utilizados dois modelos para análise de regressão, o polinomial de terceira ordem e o de Gaussiam (equações 2 e 3).

$$Y = \frac{a}{(1 + e^{b-cx})^{1/d}} \quad (1)$$

$$Y = a + bx + cx^2 \quad (2)$$

$$Y = a \cdot e^{\frac{-(x-b)^2}{2c^2}} \quad (3)$$

em que

Y = variável dependente;

x = variável independente; e

a, b, c e d = coeficientes dos modelos.

Para determinar o número de ramificações secundárias em ramos plagiotrópicos primários, o pegamento de botões florais e todos os componentes de produção, por serem avaliações pontuais, foi utilizada a análise estatística qualitativa (teste F e o teste de Tukey a 5% de probabilidade).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação do sistema de irrigação

Para verificar a uniformidade de aplicação de água no sistema de irrigação instalado na área experimental, procedeu-se a quatro avaliações, nas quais foram obtidas as médias de vazão por gotejador, ao longo das linhas laterais (Figura 3). No Quadro 2, além da vazão média por gotejador, são apresentados a vazão por metro linear, a lâmina média aplicada pelo sistema, a pressão de operação média durante o funcionamento do sistema de irrigação e o CUD do sistema.

Houve pequena variação de vazão nos gotejadores ao longo das linhas laterais do sistema de irrigação (Figura 3), fato esse comprovado pelo CUD, que foi superior a 84% (Quadro 2), evidenciando boa uniformidade de aplicação da água e redução de possíveis perdas por percolação profunda, na maior parte da área.

O aumento da uniformidade e da lâmina de aplicação média da primeira para a última avaliação (Quadro 2) explicou-se pelo incremento da pressão de operação do sistema para a condição máxima sugerida pelo fabricante, melhorando, assim, a vazão dos gotejadores. Outro motivo foi a troca de algumas partes do sistema de irrigação que apresentavam entupimentos e diminuição de vazão durante a realização do trabalho.

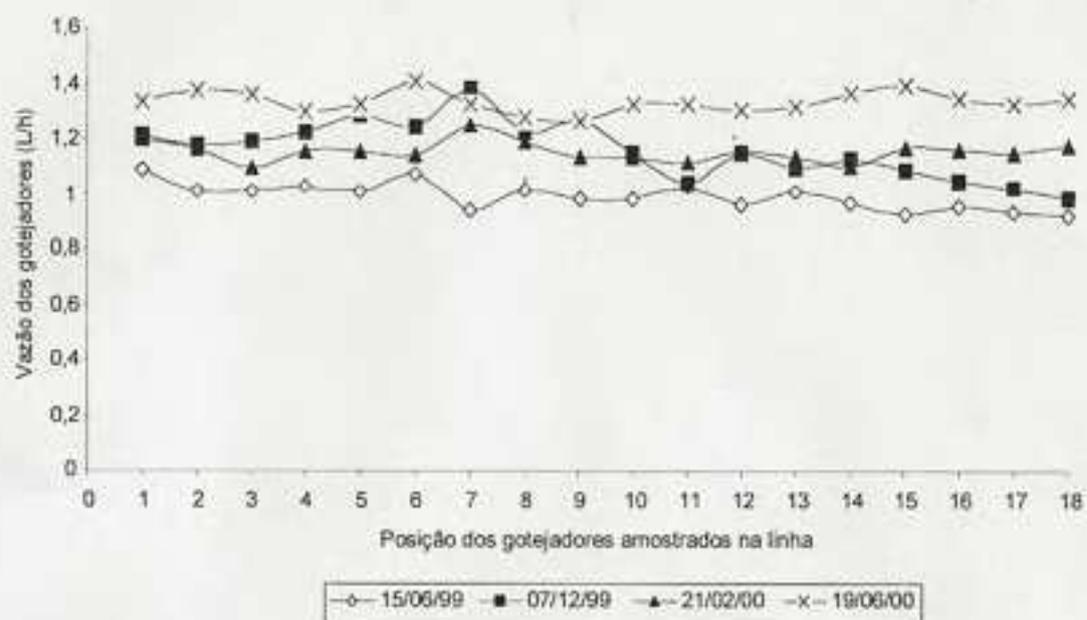


Figura 3 – Vazão média dos gotejadores ao longo da linha lateral, nas quatro avaliações de uniformidade de distribuição de água realizadas.

Quadro 2 – Resultados da vazão média por gotejador e da vazão por metro linear, a lâmina média aplicada pelo sistema, a pressão de operação média durante o funcionamento do sistema de irrigação e o CUD do sistema nas quatro avaliações realizadas

Data das Avaliações	Vazão Média Gotejador L/h	Vazão Média por Metro L/m/h	Lâmina Média mm/h	Pressão de Operação kPa	CUD do Sistema %
15/06/99	0,99	3,29	1,64	60	84,6
07/12/99	1,16	3,86	1,93	60	85,5
21/02/00	1,16	3,86	1,93	70	88,0
19/06/00	1,34	4,46	2,23	70	93,6

4.2. Análise dos componentes de crescimento da cultura do cafeeiro em formação

Para avaliação da influência dos tratamentos sobre a fisiologia dos cafeeiros, foram estudados alguns componentes do crescimento do 'Catuai Vermelho' e do 'Acaia Cerrado', durante todo o segundo ano de desenvolvimento das plantas no campo (setembro/1999 a junho/2000).

Não foram apresentadas ou discutidas as avaliações referentes ao tratamento 7, devido à semelhança dos resultados deste com os do tratamento 3, evidenciando-se que, nas condições de Viçosa, a distribuição dos fertilizantes ao longo do ano pode ser realizada tanto pela curva de absorção de nutrientes quanto seguindo a demanda evapotranspirativa mensal de referência da região.

A apresentação gráfica dos resultados foi dividida em duas partes, uma caracterizando os tratamentos não-irrigado, irrigado e fertirrigado e a outra, os tratamentos com níveis diferenciados de fertirrigação.

4.2.1. Número de ramos plagiotrópicos primários

As relações entre o número de ramos plagiotrópicos primários (RPLG) e os meses após o plantio considerados neste estudo, com relação ao 'Catuai Vermelho' e ao 'Acaia Cerrado', foram estimadas pelo modelo de Richards. Os coeficientes de Richards, os erros-padrão residuais e os coeficientes de correlação estão apresentados nos Quadros 2 e 3. Observou-se bom ajuste desse modelo ao componente de crescimento nos dois cultivares estudados.

Aos 19 meses, as plantas do 'Catuai Vermelho' não-irrigado (T0) apresentaram, em média, quatro RPLG a menos que o cafeeiro irrigado (T1) (Figura 4), ou seja, o potencial produtivo foi consideravelmente menor, em torno de 13%.

A taxa de crescimento foi muito diferente entre os dois tratamentos a partir do 14^o mês de crescimento, correspondente ao mês de fevereiro de 2000, quando a temperatura média e as precipitações começaram a diminuir e a

Quadro 2 – Estimativas dos parâmetros do modelo de Richards* ajustado ao número de ramos plagiotrópicos primários (y), em função dos dias de crescimento (x), referentes ao 'Catuaí Vermelho', com os respectivos coeficientes de determinação (r^2) e o erro-padrão residual (S), nos tratamentos estudados

Tratamentos	Coeficientes				S	r^2
	A	b	c	D		
T0	32,88816	2,41900	0,02081	3,73622	0,3696	0,998
T1	43,16870	-0,35105	0,00621	0,58140	0,2394	0,999
T2	44,85856	0,18780	0,00849	0,83813	0,1656	0,999
T3	42,77385	-0,14636	0,00733	0,74055	0,7501	0,995
T4	42,01546	1,1576004	0,00954	1,78238	0,5894	0,997
T5	41,12811	-0,63303	0,00784	0,52441	0,6713	0,996
T6	39,58648	-0,65543	0,00866	0,53875	0,3992	0,998
T7	43,36356	-0,29936	0,00809	0,63619	0,3638	0,999

$$* Y = \frac{a}{(1 + e^{b-cx})^{1/d}}$$

Quadro 3 – Estimativas dos parâmetros do modelo de Richards* ajustado ao número de ramos plagiotrópicos primários (y), em função dos dias de crescimento (x), referentes ao 'Acaiaí Cerrado', com os respectivos coeficientes de determinação (r^2) e o erro-padrão residual (S), nos tratamentos estudados

Tratamentos	Coeficientes				S	r^2
	A	b	c	d		
T0	39,66446	-0,50712	0,01229	0,59078	0,5465	0,997
T1	57,06653	0,08434	0,00780	0,74981	0,4878	0,999
T2	53,57884	1,04968	0,00927	1,39128	0,4426	0,999
T3	58,88833	-0,42063	0,00636	0,48467	0,8277	0,997
T4	50,64206	2,61001	0,01466	3,06821	0,9230	0,996
T5	50,01998	0,76338	0,00971	1,26422	0,4072	0,999
T6	47,40527	1,00249	0,01013	1,56939	0,4513	0,998
T7	46,96496	2,09287	0,01448	2,57736	0,5709	0,998

$$* Y = \frac{a}{(1 + e^{b-cx})^{1/d}}$$

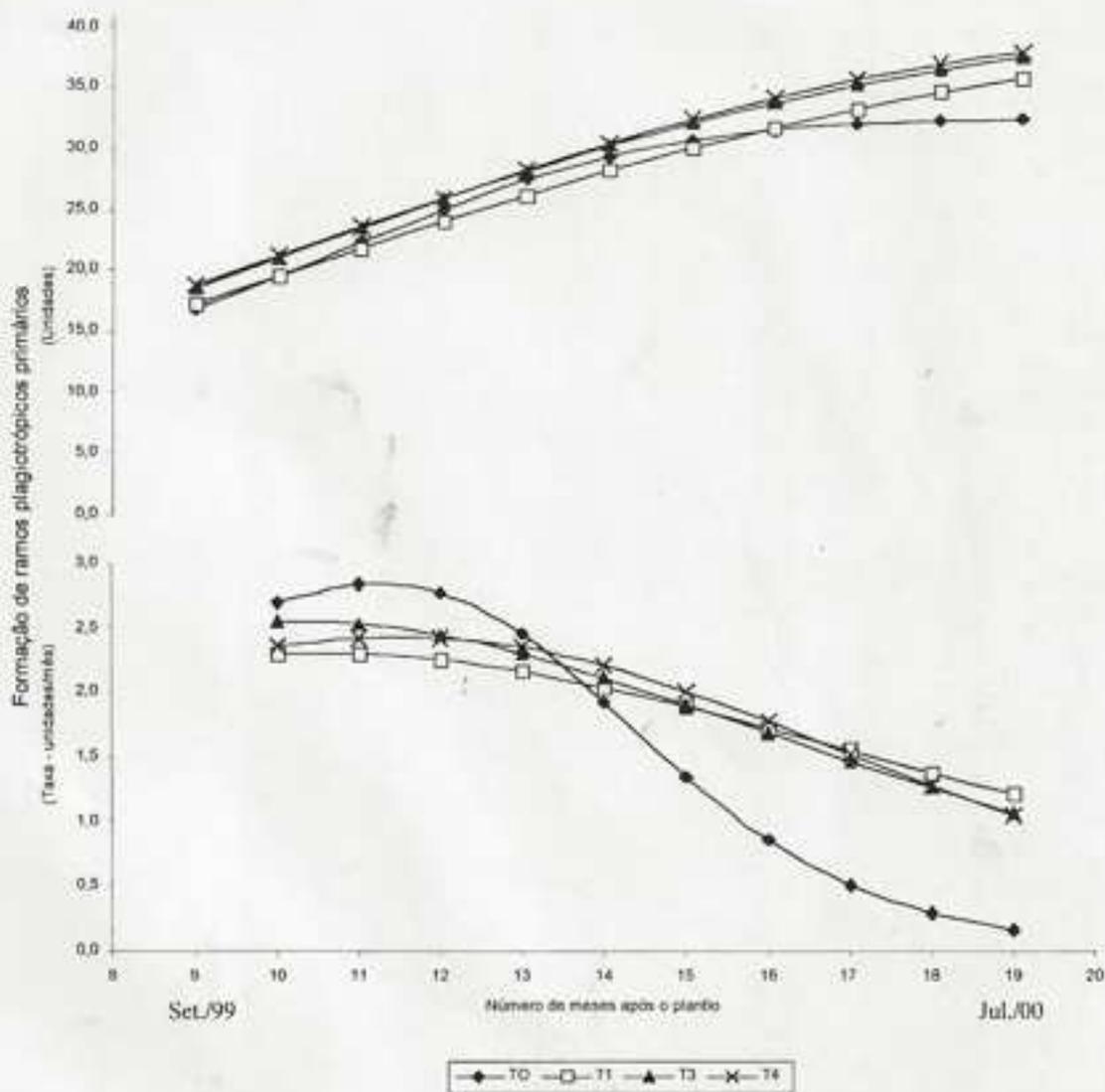


Figura 4 – Formação de ramos plagiotrópicos primários no cafeeiro 'Catuai Vermelho', nos tratamentos não-irrigado (T0), irrigado (T1) e fertirrigado (T3 e T4), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média dos ramos plagiotrópicos de 10 cafeeiros.

utilização da irrigação foi mais freqüente. O cafeeiro não-irrigado atingiu taxa de crescimento praticamente nula, enquanto o irrigado apresentou, em média, taxa de 1,2 RPLG/mês, no período frio do ano. No entanto, a afirmação de BARROS e MAESTRI (1974) de que nem a irrigação afetou a periodicidade de crescimento do cafeeiro nas épocas fria e seca do ano, em Viçosa, pôde ainda ser confirmada neste estudo, mas as taxas de crescimento do cafeeiro irrigado foram superiores.

Comparando os cafeeiros irrigados e não-irrigados do 'Acaia Cerrado' (Figura 5), verificou-se diferença ainda mais acentuada entre eles, atingindo, em média, 12 RPLG a mais no tratamento irrigado (T1), no final do período de crescimento considerado. As taxas de crescimento variaram de 3,5 RPLG/mês, nos meses mais quentes, a 1,6 RPLG/mês nos meses mais frios do ano, no tratamento irrigado. As taxas de crescimento começaram a se diferenciar no 13º mês após o plantio (janeiro de 2000), possivelmente em decorrência do veranico de 12 dias ocorrido nesse mês, prejudicando seriamente o T0. Essa prematura diferenciação nas taxas de crescimento indicou a vantagem da irrigação suplementar no verão, com relação a esse cultivar, à semelhança do que foi observado por GERVÁSIO e LIMA (1998) e ZANINI et al. (1994) em cafeeiros novos de porte alto.

Comparando a influência do tipo de aplicação de fertilizantes no cafeeiro em formação dos dois cultivares (Figuras 4 e 5), verificou-se que as plantas do tratamento fertirrigado (T3) apresentaram, em praticamente todo o período, taxa de crescimento semelhante à do tratamento com aplicação manual de adubo (T1). Com isso, necessitou-se de outros componentes e mais anos de avaliação para evidenciar os benefícios da fertirrigação, como verificado por FEIGIN et al. (1982) e KLEIN e SPIELER (1987), que, estudando a eficiência da utilização do nitrogênio via fertirrigação em fruteiras, obtiveram consideráveis aumentos de crescimento e produção, em comparação com a fertilização manual.

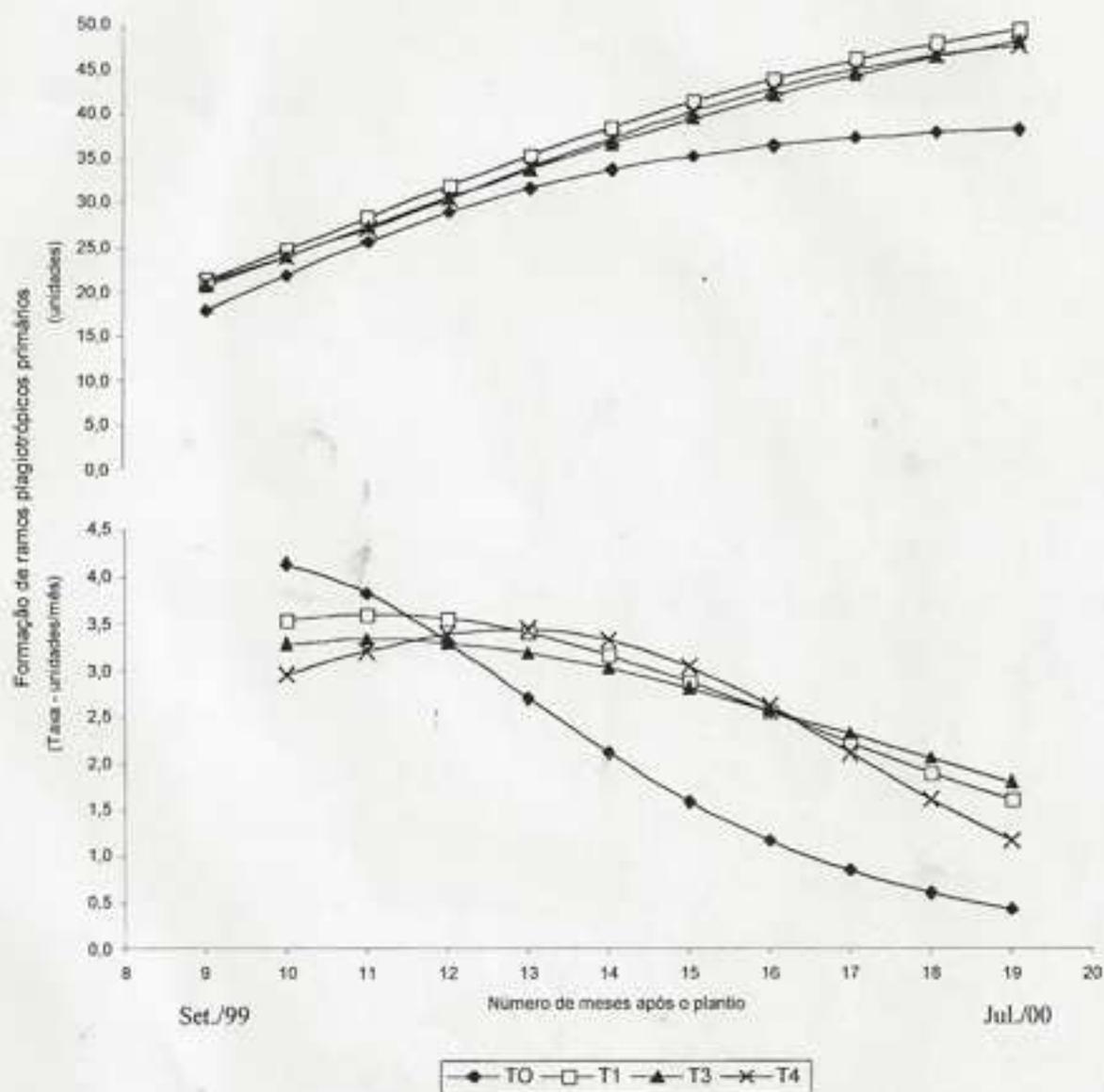


Figura 5 – Formação de ramos plagiotrópicos primários no cafeeiro 'Acaia Cerrado', nos tratamentos não-irrigado (T0), irrigado (T1) e fertirrigado (T3 e T4), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média dos ramos plagiotrópicos de 10 cafeeiros.

Na Figura 6, em que se apresentam as influências de níveis diferenciados de fertirrigação no número de RPLG do 'Catuai Vermelho', verificou-se que os tratamentos que receberam menores quantidades de fertilizantes (T5 e T6) e o que recebeu o nível considerado normal (T3) induziram, praticamente, o mesmo número de RPLG no final do período considerado. Isso indica a possibilidade de redução das quantidades de adubo a serem aplicadas via fertirrigação, com um mesmo potencial de crescimento, no 'Catuai Vermelho' em formação. WORLEY e MULLINIX (1996) observaram essa mesma tendência na macadâmia, com 50% de redução do nitrogênio via fertirrigação. No entanto, no tratamento que recebeu maior quantidade de fertilizantes (T2), obteve-se número maior de RPLG no final do período de crescimento, bem como comportamento superior das taxas de crescimento, mesmo na época fria do ano, evidenciando a possibilidade de aumento das necessidades nutricionais desse cultivar de cafeeiro Arábica fertirrigado. DA MATA et al. (1999), estudando a sazonalidade do crescimento desse cafeeiro, concluíram que a adubação nitrogenada de inverno não induziu maiores taxas de crescimento nos meses mais frios do ano, mas proporcionou crescimento mais rápido quando as temperaturas se elevaram, na primavera.

O 'Acaia Cerrado' (Figura 7) não apresentou a mesma tendência de igualdade como o 'Catuai' nos tratamentos que receberam menores quantidades de fertilizantes e no que recebeu o nível considerado normal, cuja diferença a favor do T3 em relação ao T6 alcançou, em média, quatro RPLG aos 19 meses de crescimento do cafeeiro. No caso do tratamento que recebeu maior quantidade de fertilizantes (T2), também não se obteve o mesmo comportamento do 'Catuai', sendo a taxa de crescimento do T2 semelhante à do T3, indicando que, neste cultivar, o aumento da aplicação de fertilizantes não se traduziu em maior crescimento. Com os resultados do 'Acaia Cerrado', pode-se teorizar que há menor necessidade de nutrientes para se atingir um mesmo potencial de crescimento e, posteriormente, de produção.

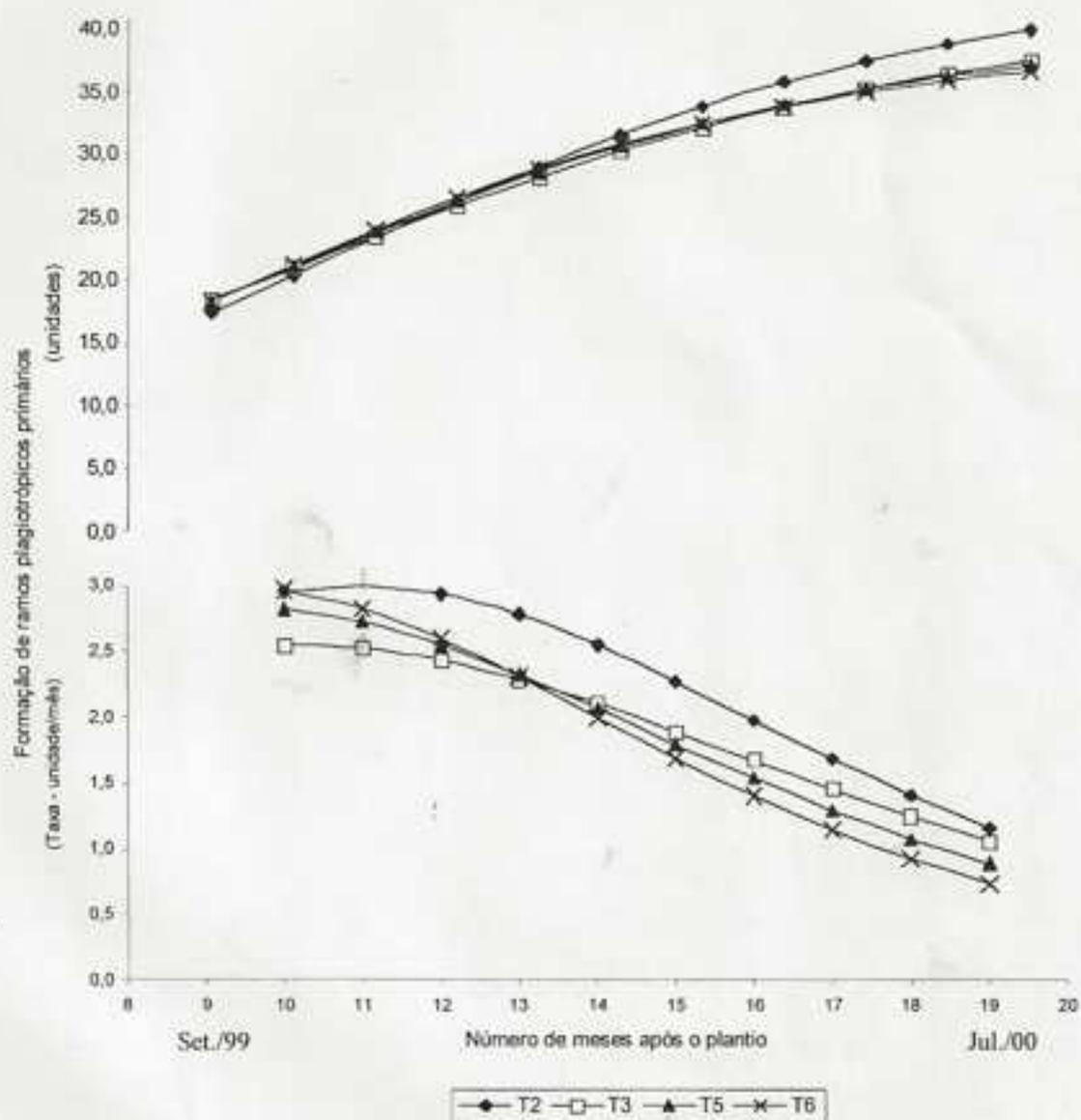


Figura 6 – Formação de ramos plagiotrópicos primários no cafeeiro ‘Catuaí Vermelho’, nos tratamentos fertirrigados com 20% a mais de fertilizantes (T2), com nível considerado normal (T3), com 20% a menos de fertilizantes (T5) e com 40% a menos de fertilizantes (T6), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média dos ramos plagiotrópicos de 10 cafeeiros.

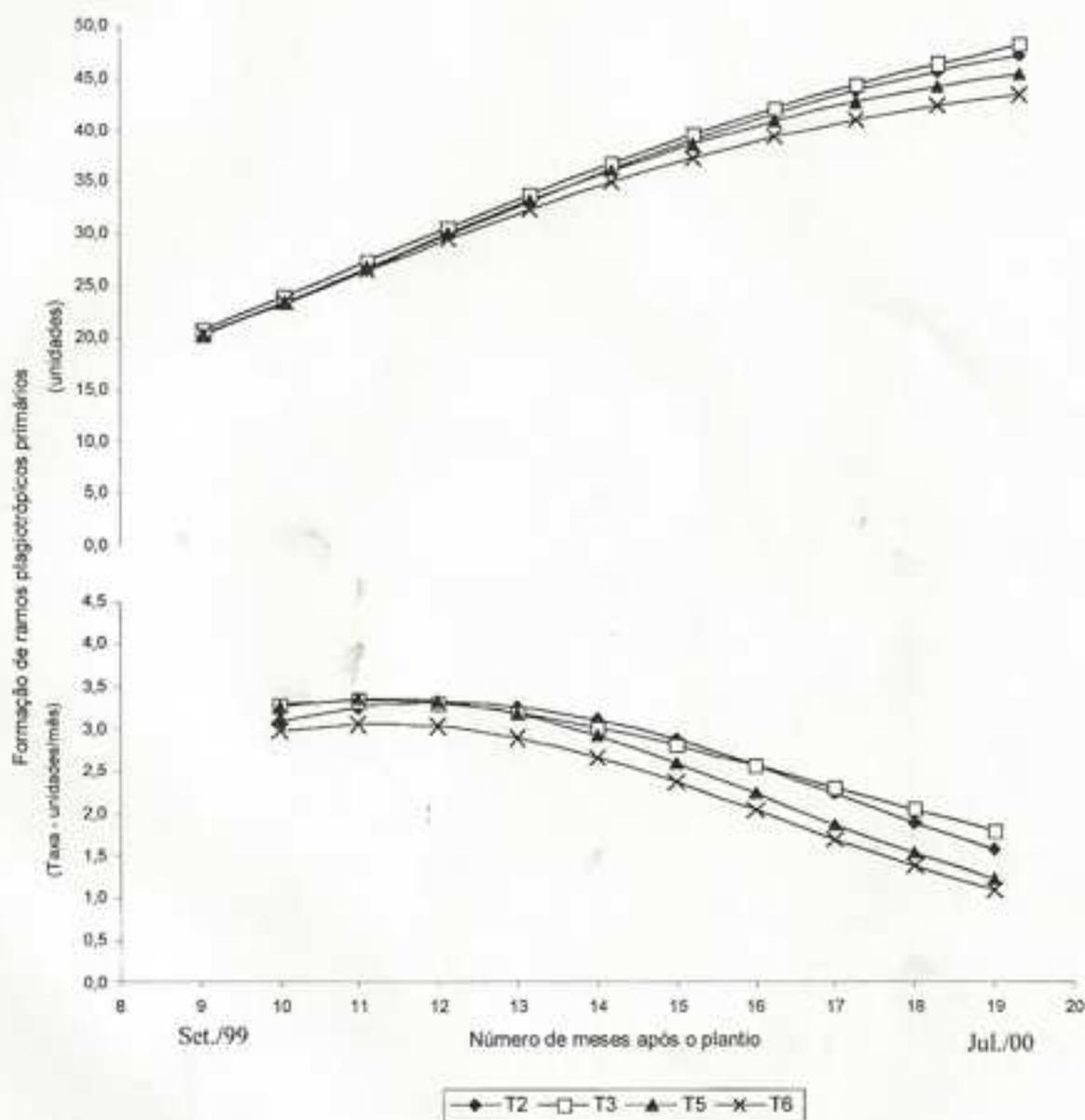


Figura 7 – Formação de ramos plagiotrópicos primários no cafeeiro 'Acaia Cerrado', nos tratamentos fertirrigados com 20% a mais de fertilizantes (T2), com nível considerado normal (T3), com 20% a menos de fertilizantes (T5) e com 40% a menos de fertilizantes (T6), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média dos ramos plagiotrópicos de 10 cafeeiros.

4.2.2. Retenção foliar nos ramos produtivos

Durante os meses estudados, as variações da retenção foliar nos ramos plagiotrópicos primários produtivos (RPRO) do 'Catuaí Vermelho' e do 'Acaiá Cerrado' foram ajustadas através de equações polinomiais de terceira ordem e do modelo de Gaussiam; seus coeficientes, assim como os erros-padrão residuais e os coeficientes de correlação, estão apresentados nos Quadros 4 e 5.

Observa-se na Figura 8 (a), com relação ao 'Catuaí Vermelho', que a retenção foliar no tratamento não-irrigado foi de 21% no final do período considerado (julho de 2000), tendo como causa principal a seca prolongada ocorrida a partir de abril de 2000, como mencionado por RENA e MAESTRI (1986). Além do mais, o ataque do bicho-mineiro foi bem mais severo nesse tratamento. No tratamento irrigado (T1), a retenção foliar foi 10% maior que no T0 em razão, provavelmente, de relações hídricas mais favoráveis e do menor índice de pragas e doenças observado durante o estudo. Comportamento superior aos demais foi obtido nas plantas do tratamento fertirrigado (T3), mantendo-se a quantidade média de folhas nos RPRO em torno de 40%.

No 'Acaiá Cerrado' (Figura 8b), o tratamento irrigado (T1) ficou com 25% a mais de folhas nos RPRO que o T0, diferença semelhante à observada por VASUDEVA e GOPAL (1975). Essa afirmativa ressalta, novamente, a melhor resposta apresentada pelo 'Acaiá Cerrado' com a adoção do sistema irrigado. Em acréscimo, o tratamento fertirrigado (T3) permitiu índices de 60% de retenção foliar nos RPRO. MAGALHÃES e ANGELOCCI (1976) afirmaram que a manutenção do dossel vegetativo nas épocas fria e seca do ano é fundamental para manter reservas energéticas suficientes para a emissão dos botões florais pelo cafeeiro.

No 'Catuaí', observou-se que a retenção foliar teve comportamento normalmente inferior nos tratamentos que receberam menores quantidades de adubo (Figura 9 (a)), enquanto não se verificou variação entre os tratamentos que receberam o nível considerado normal e o que recebeu 20% a mais de fertilizantes. No 'Acaiá Cerrado' (Figura 9 (b)), observou-se o mesmo resultado

Quadro 4 – Estimativas dos parâmetros do modelo de Gaussian* ajustado à percentagem de retenção foliar nos ramos plagiotrópicos produtivos (y), em função dos dias de crescimento (x), do 'Catuaí Vermelho', com os respectivos coeficientes de determinação (r^2) e o erro-padrão residual (S), nos tratamentos estudados

Tratamentos	Coeficientes				S	r^2
	A	b	c	d		
T0	97,81038	15,59773	163,05502	-	3,8317	0,992
T1	100,8696	14,9946	187,99762	-	2,6478	0,995
T2	101,3333	6,16582	198,10939	-	2,9522	0,994
T3	101,9433	2,92030	213,71091	-	4,5885	0,983
T4	101,6419	12,61526	191,57584	-	5,5589	0,980
T5	101,7364	0,25272	192,37547	-	3,2588	0,993
T6	101,3789	0,43207	179,57264	-	2,2549	0,997
T7	103,4817	-25,93322	214,93295	-	4,2080	0,988

$$* Y = a \cdot e^{-\frac{(x-b)^2}{2c^2}}$$

Quadro 5 – Estimativas dos parâmetros do modelo de Gaussian*¹ e da função polinomial*² ajustados à percentagem de retenção foliar nos ramos plagiotrópicos produtivos (y), em função dos dias de crescimento (x), do 'Acaíá Cerrado', com os respectivos coeficientes de determinação (r^2) e o erro-padrão residual (S), nos tratamentos estudados

Tratamentos	Coeficientes				S	r^2
	A	b	c	d		
T0*	100,28832	-0,08838	-0,00096	1,22571-06	2,9444	0,996
T1*	100,40531	0,08635	-0,00235	4,7331e-06	3,2276	0,992
T2	110,01537	-110,34646	321,32534	-	4,3637	0,978
T3*	100,06594	0,08595	-0,00176	3,3067e-06	3,5168	0,985
T4	102,34208	-12,39850	246,30692	-	3,7906	0,985
T5	105,69413	-57,93076	262,50825	-	3,8907	0,986
T6	106,13753	-63,19628	255,86279	-	3,1477	0,991
T7	107,43426	-72,11677	268,0611	-	4,0206	0,986

$$*^1 Y = a \cdot e^{-\frac{(x-b)^2}{2c^2}} \quad e \quad *^2 Y = a + bx + cx^2$$

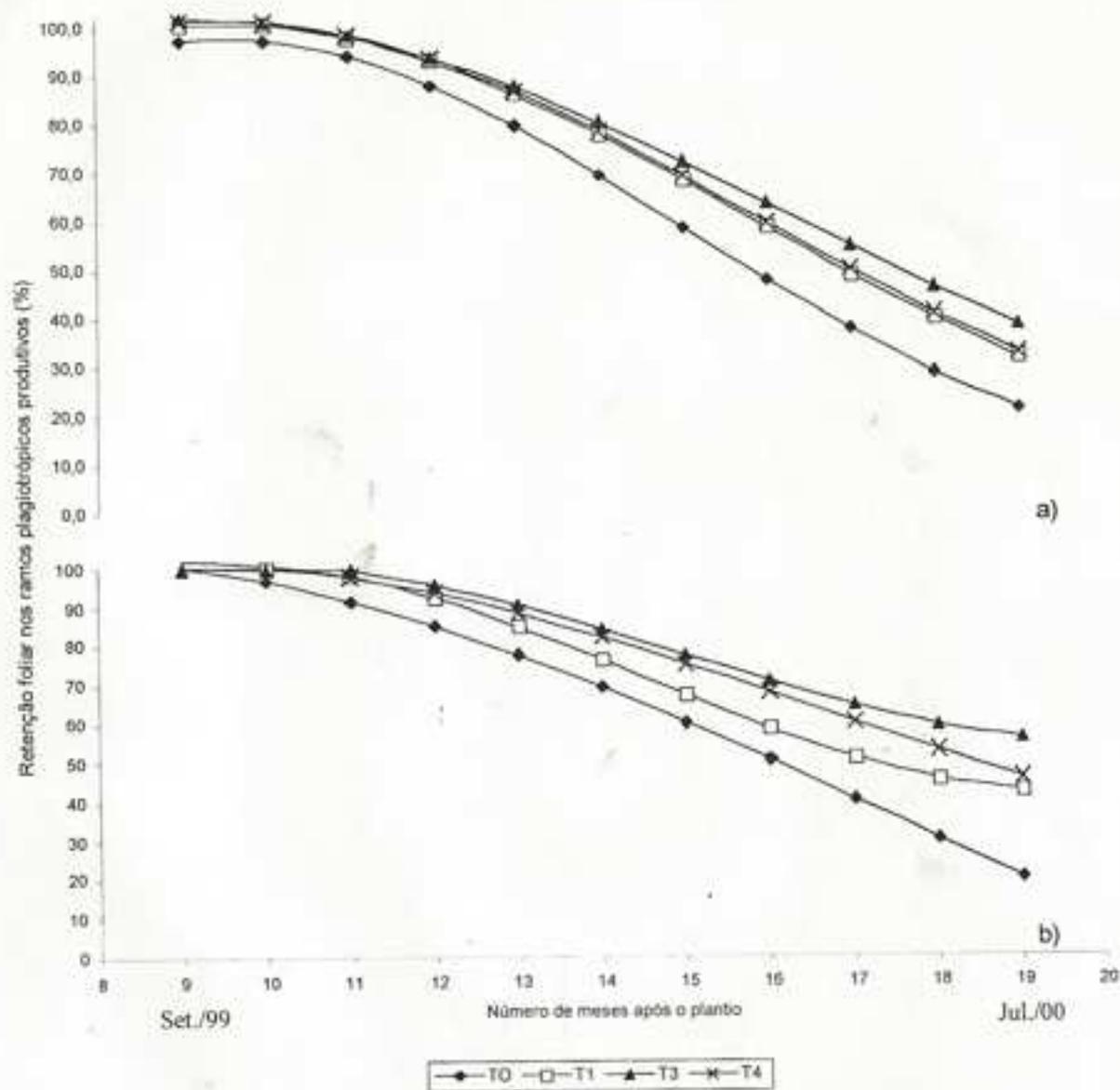


Figura 8 – Estimativa da retenção foliar nos ramos plagiotrópicos produtivos do 'Catuai Vermelho' (a) e do 'Acaia Cerrado' (b), nos tratamentos não-irrigado (T0), irrigado (T1) e fertirrigado (T3 e T4), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média de 20 ramos plagiotrópicos.

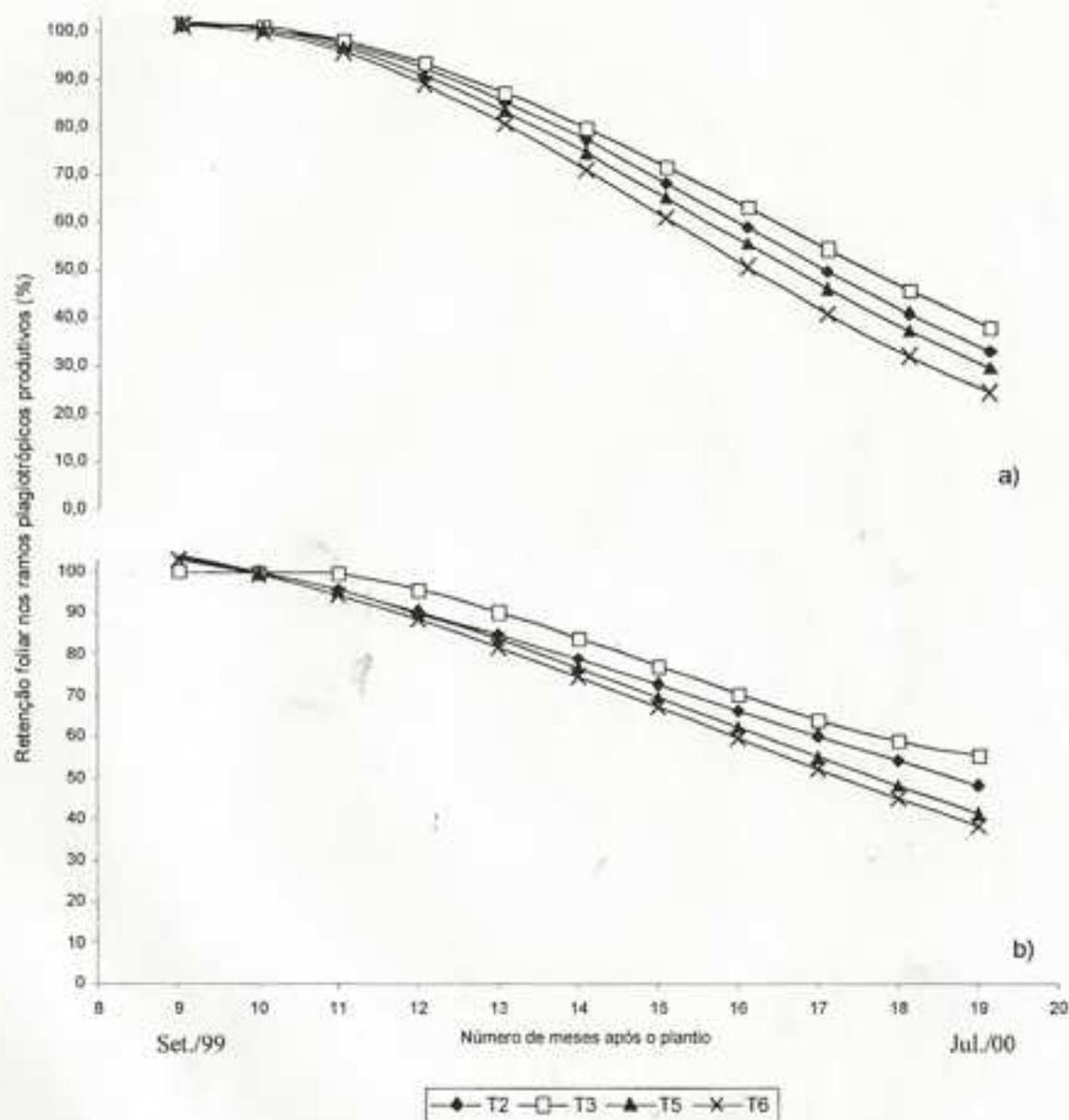


Figura 9 – Estimativa da retenção foliar nos ramos plagiotrópicos produtivos do 'Catuai Vermelho' (a) e do 'Acaia Cerrado' (b), nos tratamentos fertirrigados com 20% a mais de fertilizantes (T2), com nível considerado normal (T3), com 20% a menos de fertilizantes (T5) e com 40% a menos de fertilizantes (T6), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média de 20 ramos plagiotrópicos.

do Catuaí, em todos os tratamentos, no entanto com níveis de retenção foliar maiores, em torno de 45%, contra os 30% observados neste. Portanto, o 'Acaiá Cerrado' apresentou melhores respostas com a adoção da irrigação e da fertirrigação.

4.2.3. Número de nós nos ramos plagiotrópicos vegetativos

As relações entre o número de nós nos ramos plagiotrópicos primários vegetativos (RVEG) e o número de meses após o plantio, considerados neste estudo, do 'Catuaí Vermelho' e do 'Acaiá Cerrado' foram estimadas pelo modelo de Richards; seus coeficientes, assim como os erros-padrão residuais e os coeficientes de correlação, estão apresentados nos Quadros 6 e 7. Esse modelo também se ajustou bem a esse componente, nos dois cultivares, como verificado através dos altos coeficientes de correlação e dos baixos valores dos erros-padrão residuais.

O número de nós formados no período de 10 meses, no 'Catuaí', foi, em média, de 17, no tratamento fertirrigado (T3), enquanto nos tratamentos não-irrigado (T0) e irrigado com adubação manual (T1) esse número foi de 15 nós (Figura 10). Portanto, apenas com a adição da água não se obteve resposta a este componente de crescimento, nesse cultivar, à semelhança do constatado por BARROS e MAESTRI (1974) e BARROS et al. (1997), em Viçosa, MG; CLOWES e WILSON (1974), no Zimbábue; e MARIMUTHU e IRUTHAYARAJ (1994), na Índia. No entanto, com a aplicação de adubo via água ocorreu aumento de 20% no número de nós nos RVEG no final do período estudado, nesse cultivar.

No 'Acaiá Cerrado' (Figura 11), a taxa de crescimento de nós no tratamento não-irrigado começou a decair já no 13^o mês (janeiro de 2000), como havia sido relatado com relação ao componente número de RPLG. Com isso, esse tratamento ficou com dois nós por RVEG a menos que nos tratamentos irrigado e fertirrigado, que tiveram comportamento semelhante. Entretanto, maiores taxas de crescimento no tratamento fertirrigado durante as épocas fria e

Quadro 6 – Estimativas dos parâmetros do modelo de Richards* ajustado ao número de nós nos ramos plagiotrópicos vegetativos (y), em função dos dias de crescimento (x), do 'Catuai Vermelho', com os respectivos coeficientes de determinação (r²) e o erro-padrão residual (S), nos tratamentos estudados

Tratamentos	Coeficientes				S	r ²
	A	b	c	d		
T0	14,79975	1,09402	0,018591	0,70695	0,2085	0,999
T1	15,50049	2,23031	0,01980	1,12203	0,2280	0,999
T2	17,22639	-0,18671	0,01442	0,26236	0,2080	0,999
T3	17,15403	1,64617	0,01769	0,88502	0,3363	0,998
T4	16,78013	-0,28352	0,01326	0,26180	0,1790	0,999
T5	16,75143	1,17668	0,01675	0,69540	0,2249	0,999
T6	16,14357	0,70176	0,01566	0,62298	0,4379	0,996
T7	16,77883	1,41595	0,01808	0,81804	0,1581	0,999

$$* Y = \frac{a}{(1 + e^{b-cx})^{1/d}}$$

Quadro 7 – Estimativas dos parâmetros do modelo de Richards* ajustado ao número de nós nos ramos vegetativos (y), em função dos dias de crescimento (x), do 'Acaiaí Cerrado', com os respectivos coeficientes de determinação (r²) e o erro-padrão residual (S), nos tratamentos estudados

Tratamentos	Coeficientes				S	r ²
	A	b	c	d		
T0	15,39973	0,86685	0,01923	0,64592	0,2664	0,998
T1	17,37598	1,51063	0,01897	0,87977	0,1744	0,999
T2	18,38452	0,37193	0,01427	-0,41841	0,2506	0,999
T3	18,02657	0,73207	0,01528	0,52815	0,1728	0,999
T4	19,42013	-0,06551	0,01253	0,32839	0,2881	0,999
T5	17,28469	1,06320	0,01666	0,66999	0,1183	0,999
T6	17,41358	-0,08397	0,01396	0,31427	0,1616	0,999
T7	17,43687	2,02186	0,02022	1,07410	0,2708	0,999

$$* Y = \frac{a}{(1 + e^{b-cx})^{1/d}}$$

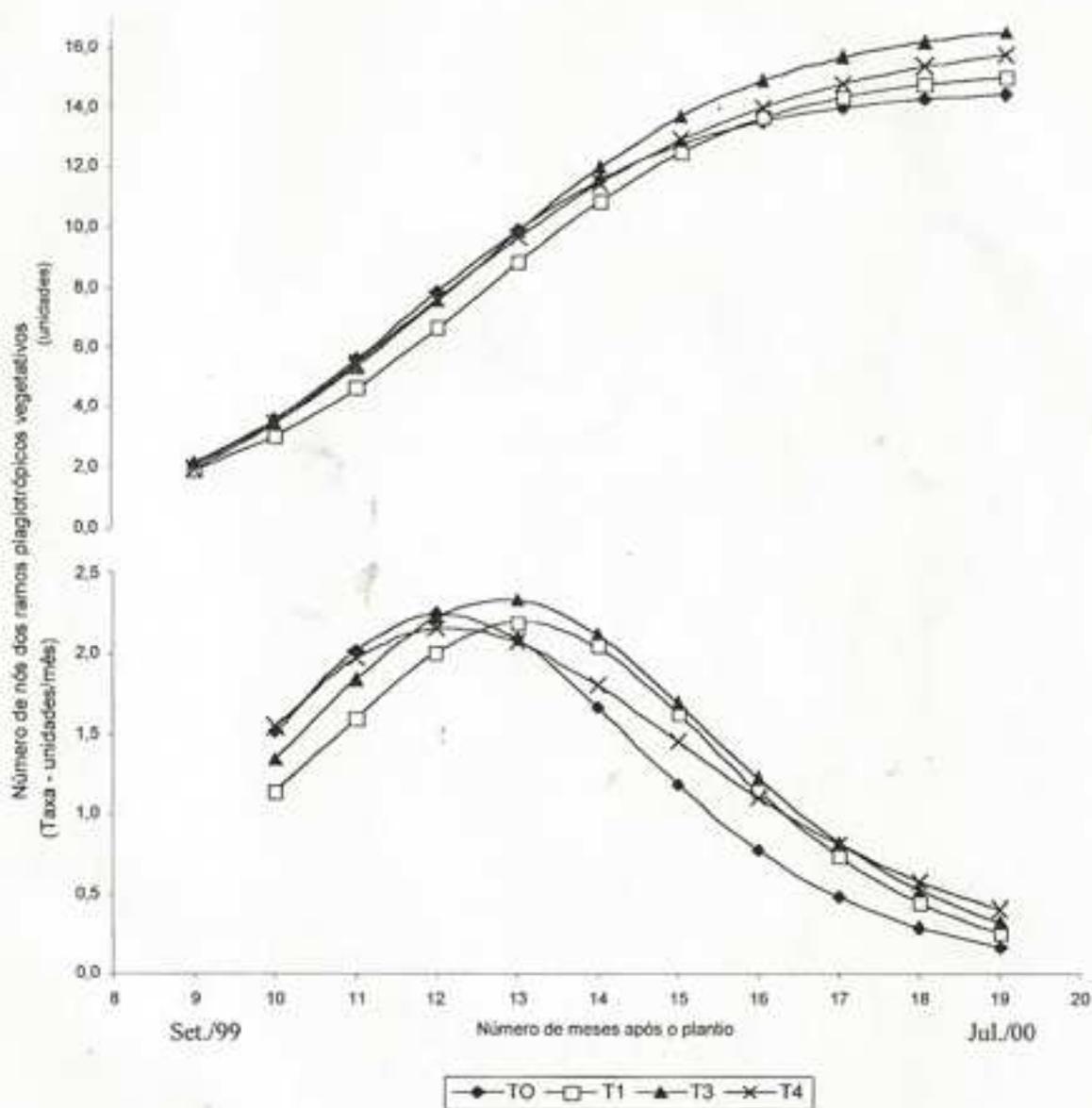


Figura 10 – Formação de nós nos ramos plagiotrópicos primários vegetativos do cafeeiro 'Catuaí Vermelho', nos tratamentos não-irrigado (T0), irrigado (T1) e fertirrigado (T3 e T4), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média dos ramos plagiotrópicos de 10 cafeeiros.

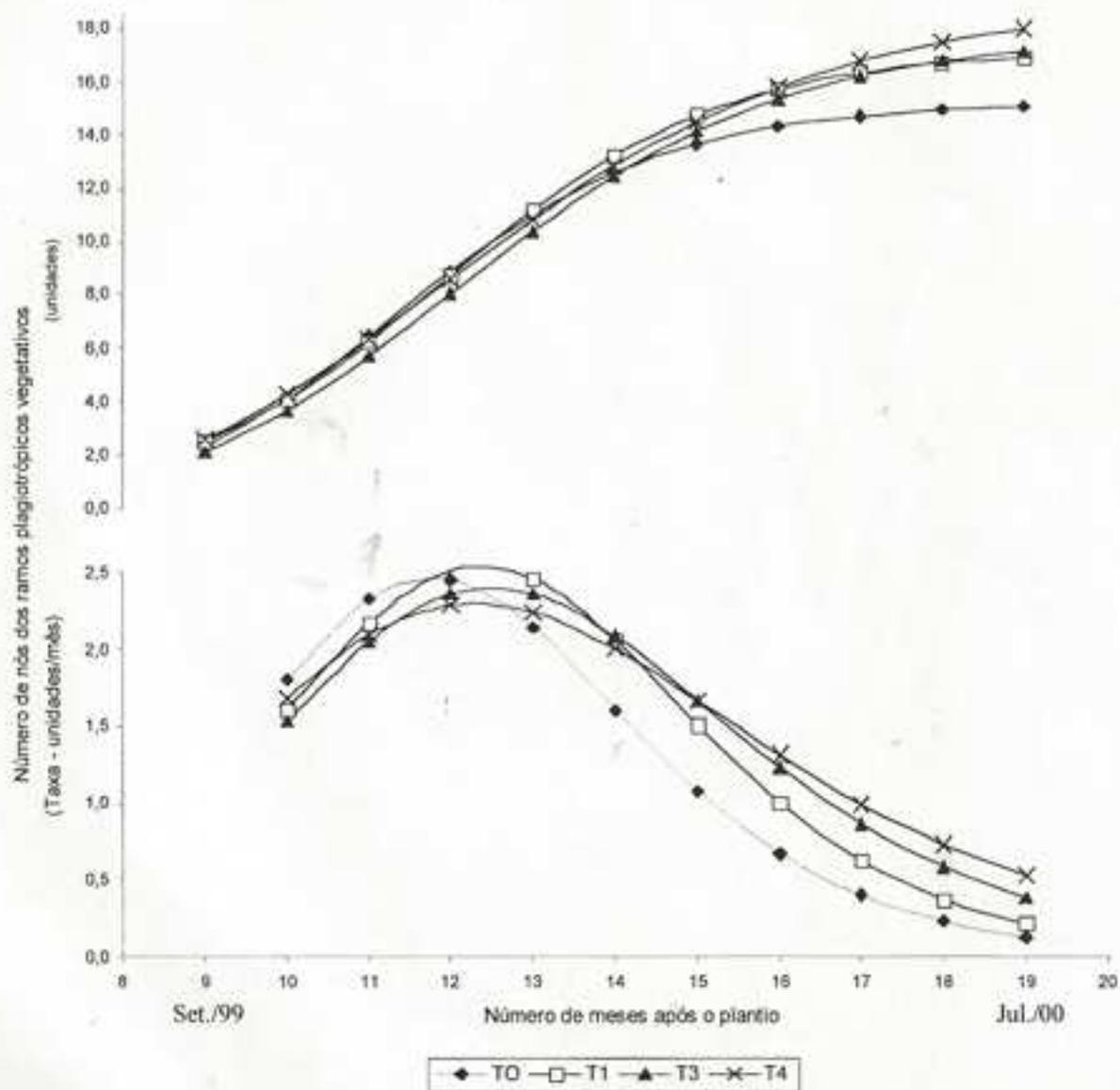


Figura 11 – Formação de nós nos ramos plagiotrópicos primários vegetativos do cafeeiro 'Acaia Cerrado', nos tratamentos não-irrigado (T0), irrigado (T1) e fertirrigado (T3 e T4), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média dos ramos plagiotrópicos de 10 cafeeiros.

seca do ano (abril a julho) evidenciaram o potencial dessa técnica no aumento da produção do cafeeiro, concordando com CANNELL (1973) e FISHER e BROWNING (1979), que, trabalhando com cafeeiros em altas densidades de plantio no Quênia, mostraram a influência da irrigação, acompanhada de fertilização nitrogenada, no aumento do número de nós por ramos plagiotrópicos.

Uma questão importante a colocar é o fato de que, em meses quentes e chuvosos, nos quais os tratamentos sem fertirrigação receberam toda a quantidade de adubo recomendada, as taxas de crescimento nesses tratamentos foram maiores. No entanto, como o tratamento fertirrigado recebeu fertilização até o 18^o mês (junho de 2000), a taxa de crescimento foi compensada nos períodos frio e seco, sendo superior à dos tratamentos não-fertirrigados, permitindo-se levantar a hipótese de melhor aproveitamento dos nutrientes durante essa época do ano (abril a agosto), com a adoção da fertirrigação, no 'Acaiá Cerrado' (AMARAL et al., 1990; DA MATTA et al., 1999).

Com relação aos tratamentos com níveis diferenciados de fertirrigação, no 'Catuaí' (Figura 12), tanto no número final de nós como nas taxas de crescimento, houve pequenas variações, evidenciando-se o potencial da fertirrigação em reduzir as quantidades aplicadas de fertilizantes num mesmo potencial de crescimento. No caso do 'Acaiá Cerrado' (Figura 13), ocorreu a mesma tendência entre as taxas de crescimento nos tratamentos fertirrigados. No entanto, o número de nós nos RVEG foi maior no 'Acaiá Cerrado' em relação ao 'Catuaí Vermelho', em todos os tratamentos avaliados, evidenciando maior potencial produtivo no 'Acaiá Cerrado'.

4.2.4. Diâmetro da base do caule

Os coeficientes do modelo de Richards para o diâmetro da base do caule (DC) no 'Catuaí Vermelho' e no 'Acaiá Cerrado', assim como os erros-padrão residuais e os coeficientes de correlação, estão apresentados nos Quadros 8 e 9.

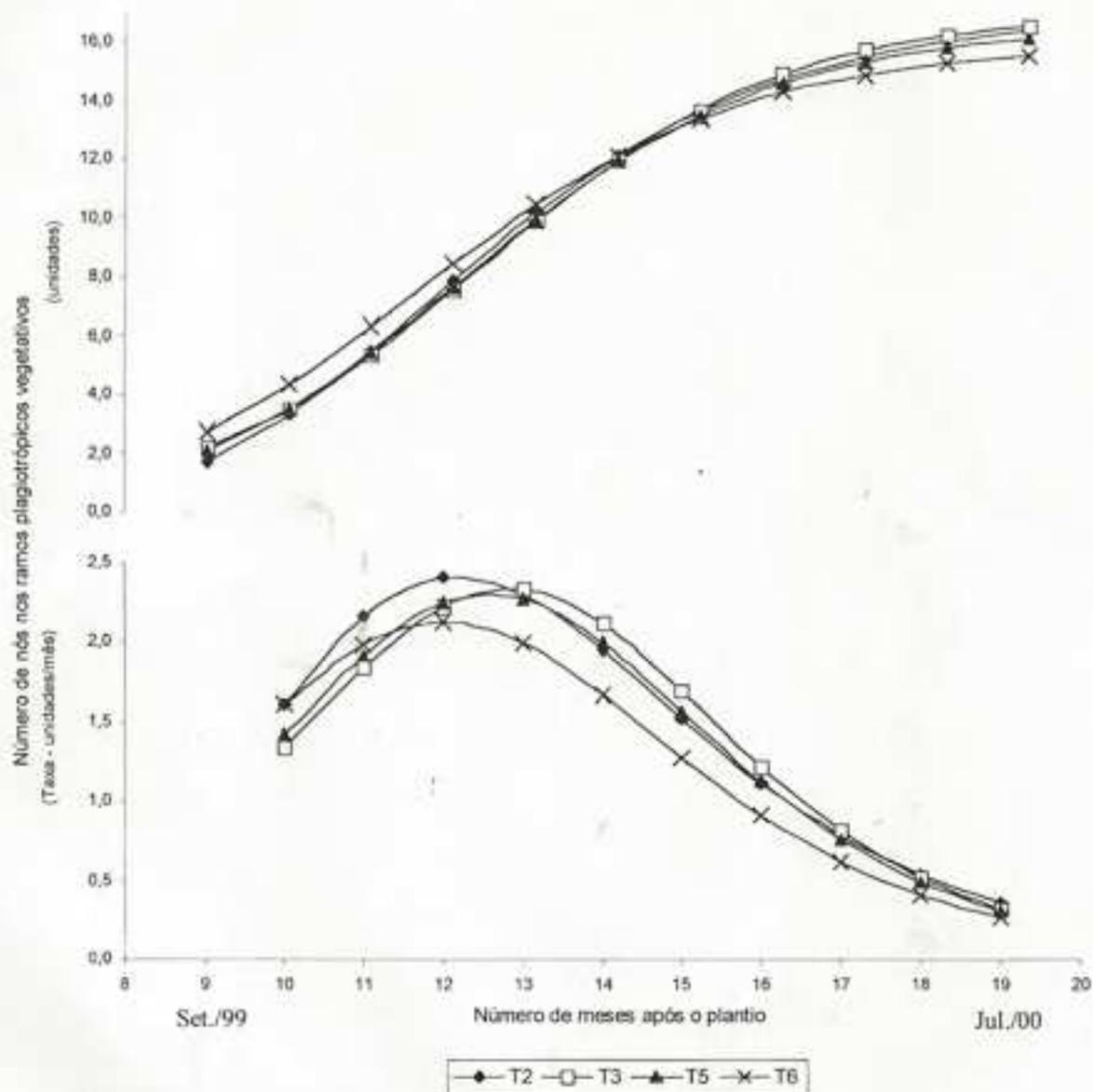


Figura 12 - Formação de nós nos ramos plagiotrópicos primários vegetativos do cafeeiro 'Catuai Vermelho', nos tratamentos fertilirrigados com 20% a mais de fertilizantes (T2), com nível considerado normal (T3), com 20% a menos de fertilizantes (T5) e com 40% a menos de fertilizantes (T6), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média dos ramos plagiotrópicos de 10 cafeeiros.

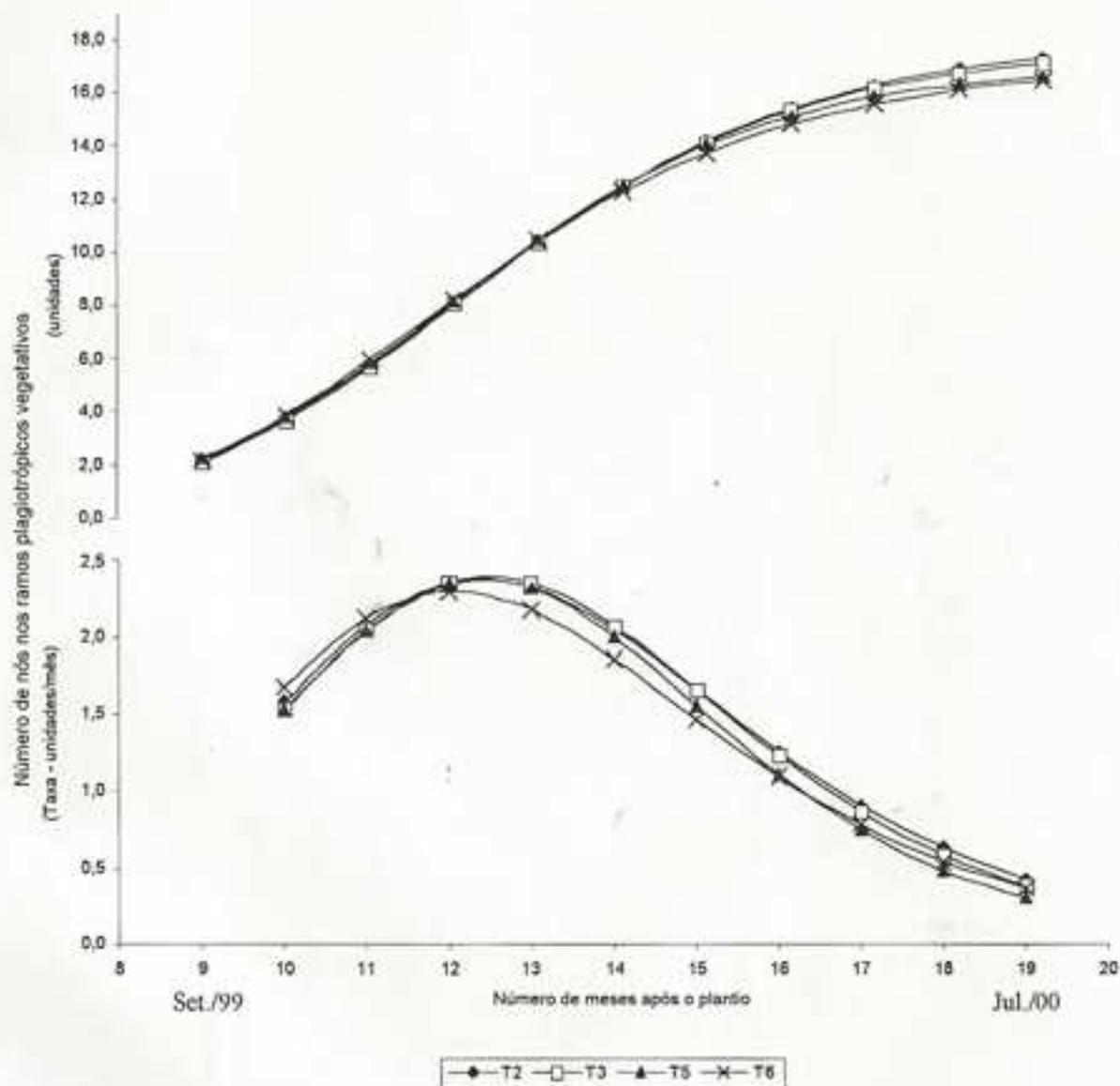


Figura 13 – Formação de nós nos ramos plagiotrópicos primários vegetativos do cafeeiro 'Acaia Cerrado', nos tratamentos fertirrigados com 20% a mais de fertilizantes (T2), com nível considerado normal (T3), com 20% a menos de fertilizantes (T5) e com 40% a menos de fertilizantes (T6), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média dos ramos plagiotrópicos de 10 cafeeiros.

Quadro 8 – Estimativas dos parâmetros do modelo de Richards* ajustado ao diâmetro da base do caule (y), em função dos dias de crescimento (x), do 'Catuaí Vermelho', com os respectivos coeficientes de determinação (r^2) e o erro-padrão residual (S), nos tratamentos estudados

Tratamentos	Coeficientes				S	r^2
	A	b	c	d		
T0	29,13851	5,61276	0,02982	9,37557	0,4001	0,997
T1	31,45950	7,53759	0,03730	10,54506	0,4223	0,998
T2	34,43762	3,42861	0,02021	4,60478	0,4358	0,998
T3	34,13698	3,34133	0,01927	4,49112	0,5680	0,997
T4	34,37709	4,60294	0,02375	6,18572	0,4568	0,998
T5	35,16211	3,36737	0,01935	4,52034	0,4873	0,997
T6	33,16861	3,75820	0,02198	5,26266	0,6168	0,996
T7	33,49253	5,22082	0,02780	7,12383	0,5832	0,997

$$* Y = \frac{a}{(1 + e^{b-cx})^{1/d}}$$

Quadro 9 – Estimativas dos parâmetros do modelo de Richards* ajustado ao diâmetro do caule (y), em função dos dias de crescimento (x), do 'Acaiaí Cerrado', com os respectivos coeficientes de determinação (r^2) e o erro-padrão residual (S), nos tratamentos estudados.

Tratamentos	Coeficientes				S	r^2
	A	b	c	d		
T0	36,72967	8,20738	0,04782	12,15634	0,5112	0,998
T1	40,75851	3,07922	0,01822	4,15557	0,6479	0,997
T2	40,15983	4,75498	0,02465	6,16150	0,4753	0,998
T3	41,06026	5,57090	0,02833	7,34268	0,8526	0,995
T4	42,61087	3,82793	0,02189	4,61254	0,7036	0,997
T5	39,03136	3,50752	0,02109	4,41147	0,5618	0,998
T6	42,00322	3,02958	0,01909	3,76709	0,7859	0,996
T7	40,69631	3,52945	0,02059	4,25365	0,6178	0,997

$$* Y = \frac{a}{(1 + e^{b-cx})^{1/d}}$$

As curvas de crescimento acumulado do DC no 'Catuai Vermelho' começaram a se diferenciar entre os tratamentos irrigado e não-irrigado no 13^o mês (fevereiro de 2000) (Figura 14), quando as taxas de crescimento entre esses dois tratamentos apresentaram comportamento diferente, uma vez que, no tratamento não-irrigado, já existia tendência de diminuição dessa taxa, enquanto no irrigado essa taxa ainda estava em elevação. No caso do tratamento fertirrigado (T3), essa taxa de crescimento ainda se mantinha em níveis moderados, mesmo nos meses mais frios do ano, enaltecendo o uso desta técnica para manter níveis adequados e assimiláveis de nitrogênio e de potássio no solo, mesmo nos meses frios e sem precipitações, momento em que a parte aérea reduz o crescimento (RENA, 2000), mas o sistema radicular mantém sua taxa de crescimento em níveis consideráveis, como verificado por DA MATTA et al. (1999), em Viçosa, MG.

Observou-se também que, enquanto as taxas de crescimento dos componentes da parte aérea declinavam a partir dos meses de janeiro e fevereiro (Figuras 14), a taxa de crescimento do DC somente iniciava o declínio entre os meses de março e abril (Figura 14), concordando com as conclusões de BARROS e MAESTRI (1974).

No 'Acaiá Cerrado' (Figura 15) houve tendência clara de diferenciação entre os tratamentos irrigado e não-irrigado somente nos meses frios e secos do ano, quando a taxa de crescimento do T0 era nula. Esses dados são diferentes dos de AZIZUDDIN et al. (1994), FIGUEREDO et al. (1979) e ZANINI et al. (1994), os quais não encontraram diferenças significativas no DC entre tratamentos não-irrigados e irrigados de cafeeiros de porte alto. Enfim, a fertirrigação não foi tão benéfica ao crescimento do diâmetro do caule desse cultivar.

As taxas de crescimento de DC no 'Catuai Vermelho' e no 'Acaiá Cerrado', nos tratamentos com níveis de fertirrigação (Figura 16 e 17), não apresentaram grandes diferenças, como ocorreu com o número de nós nos RVEG (Figuras 12 e 13). No entanto, o tratamento que recebeu 40% menos de fertilizante (T6) apresentou, em média, maiores valores de DC ao longo do

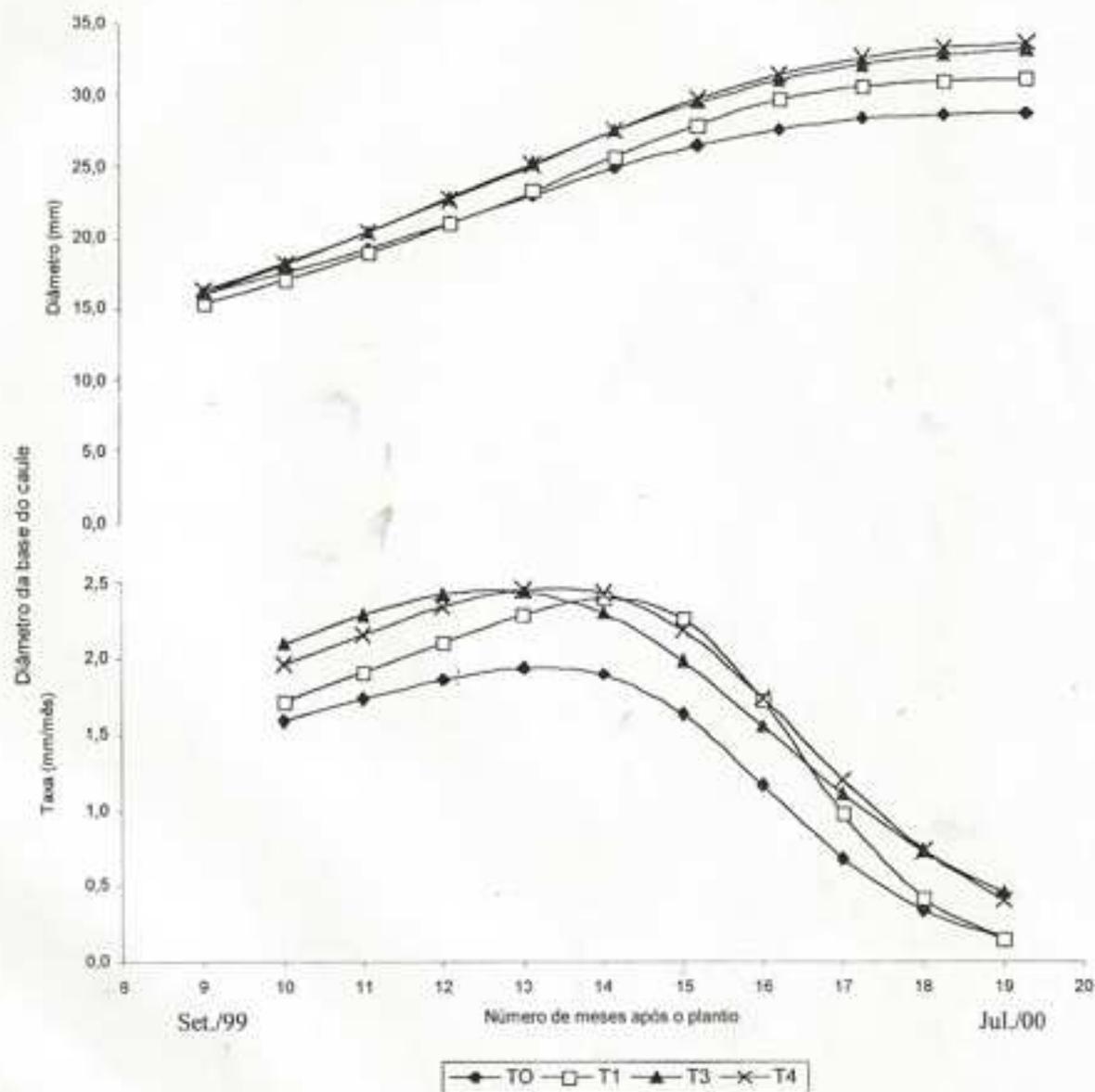


Figura 14 – Variação do diâmetro da base do caule no cafeeiro 'Catuaí Vermelho', nos tratamentos não-irrigado (T0), irrigado (T1) e fertirrigado (T3 e T4), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média de 10 caules.

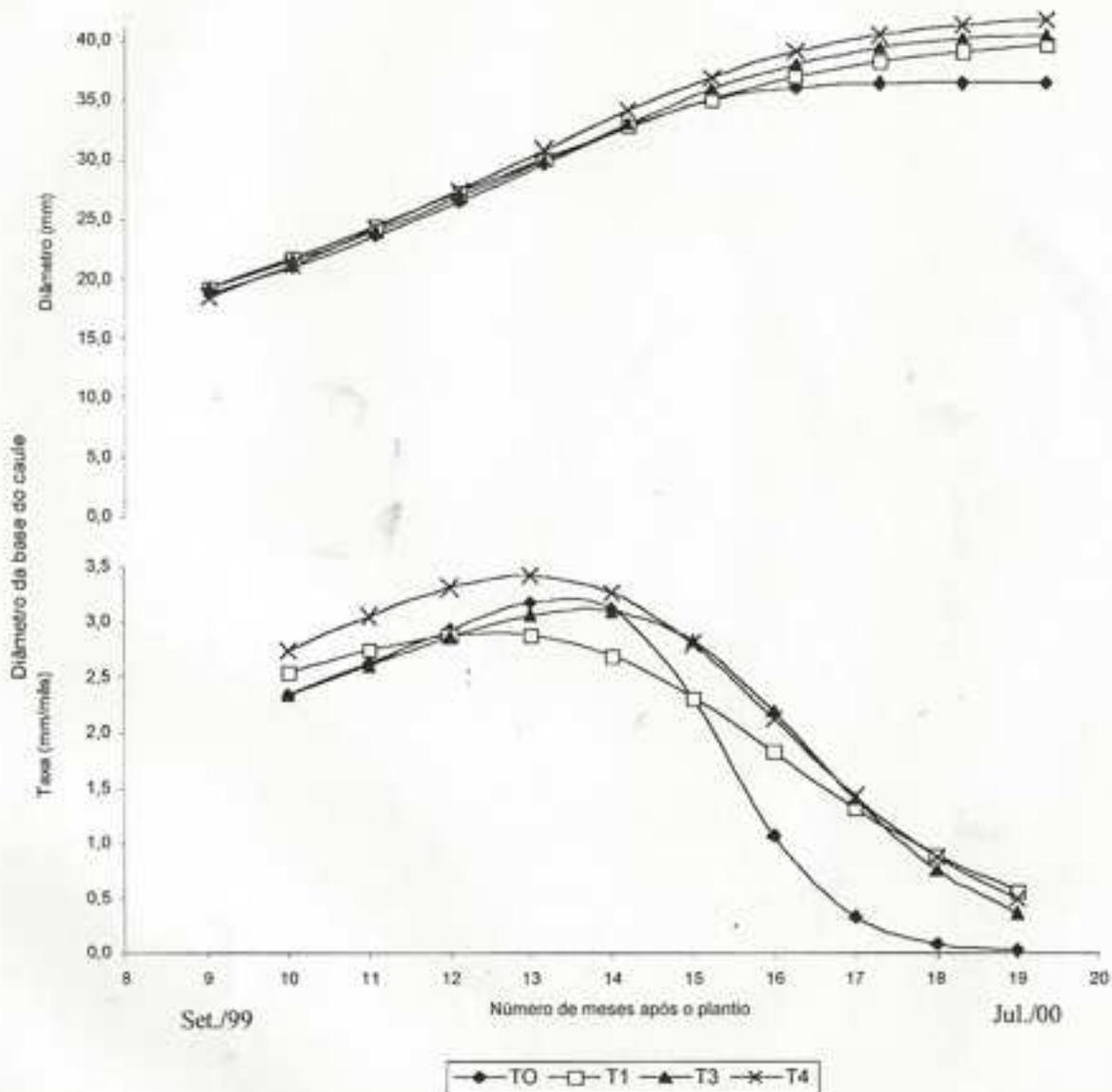


Figura 15 – Variação do diâmetro da base do caule do cafeeiro 'Acaia Cerrado', nos tratamentos não-irrigado (T0), irrigado (T1) e fertirrigado (T3 e T4), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média de 10 caules.

período em estudo, no 'Acaia Cerrado'. Esse fato levantou hipóteses sobre a influência da fertirrigação nesse cultivar, visto que também nos outros componentes de crescimento estudados o T2, que recebeu 60% a mais de adubo que o T6, apresentou taxas de crescimento iguais e até inferiores, o que poderia caracterizar efeitos positivos da diminuição da aplicação de fertilizantes via água no 'Acaia Cerrado'.

O maior diâmetro de caule alcançado pelo 'Acaia Cerrado', em relação ao 'Catuai', foi inerente à sua própria carga genética, visto que o 'Acaia' é o resultado do cruzamento de linhagens do 'Mundo Novo', que apresenta porte alto e maiores índices de crescimento (PEREIRA e SAKIYAMA, 1999).

4.2.5. Ramificações secundárias dos ramos plagiotrópicos primários produtivos

As análises de variância deste componente, nos dois cultivares estudados, encontram-se nos Quadros 10 e 11, em que se verifica que não houve diferença significativa entre os tratamentos, no 'Catuai', enquanto existiu significância no 'Acaia'. Entretanto, os altos valores do coeficiente de variação, em ambos os cultivares, limitaram as conclusões sobre a influência dos tratamentos no número de ramificações secundárias.

No 'Catuai' (Quadro 12), a média em torno de 3,7 ramificações secundárias/ramo produtivo entre todos os tratamentos indicou que tanto a irrigação quanto a fertirrigação não influenciaram o incremento dessas ramificações, concordando com AZIZUDDIN et al. (1994). No entanto, no 'Acaia Cerrado' (Quadro 13), com base na média geral, evidenciou-se a tendência de maiores ramificações secundárias nos ramos plagiotrópicos primários produtivos em relação ao 'Catuai Vermelho'. Esse fato caracterizou, mais uma vez, a maior resposta da irrigação no 'Acaia Cerrado', atingindo 60% a mais de ramificações secundárias, na média dos tratamentos irrigados. Essa condição tem que ser acompanhada ao longo dos anos, pois pode refletir negativamente no 'Acaia Cerrado' nas produções seguintes, uma vez que as ramificações secundárias resultaram de diferenciações vegetativas das gemas laterais do cafeeiro.

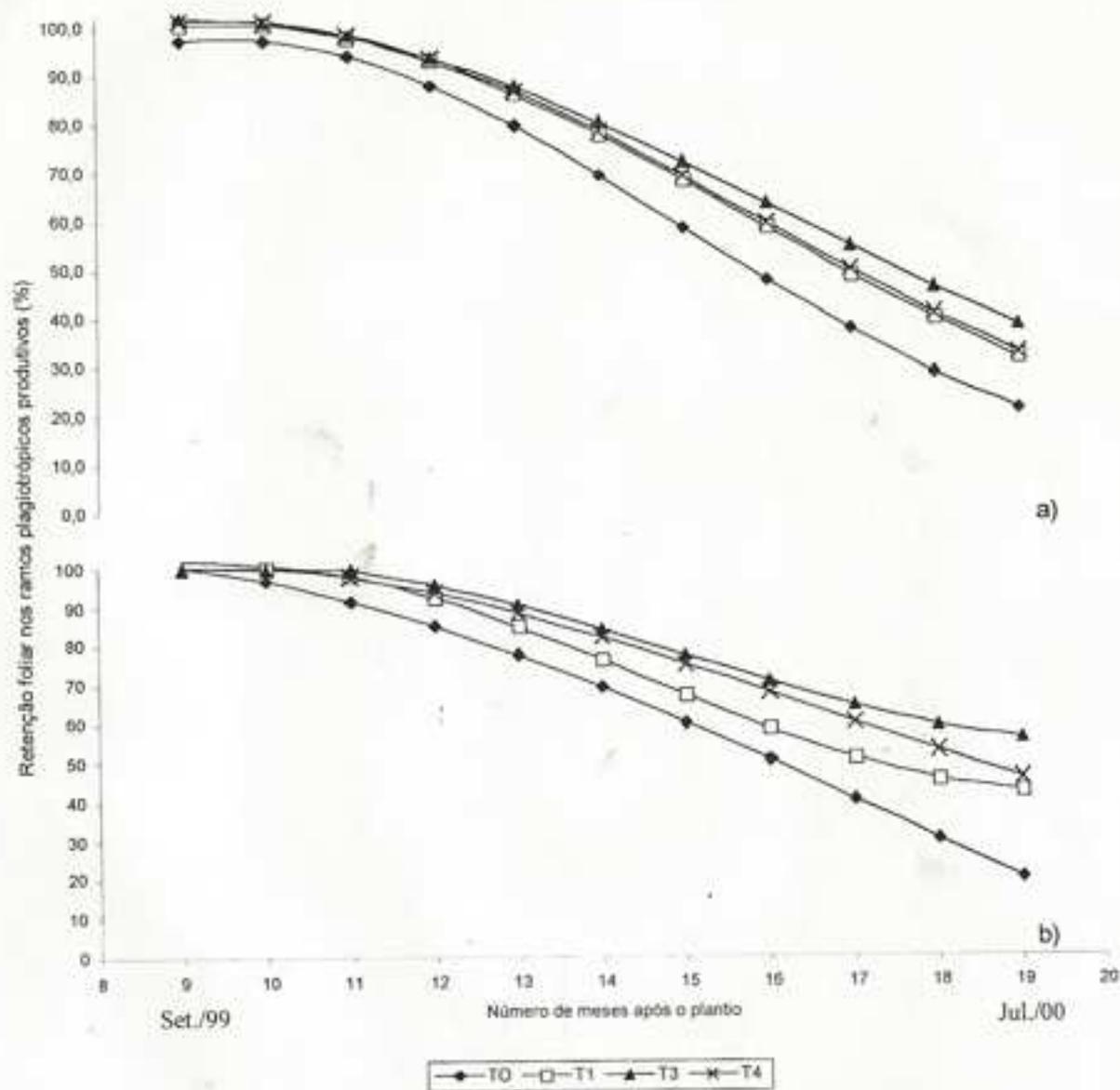


Figura 8 – Estimativa da retenção foliar nos ramos plagiotrópicos produtivos do 'Catuai Vermelho' (a) e do 'Acaia Cerrado' (b), nos tratamentos não-irrigado (T0), irrigado (T1) e fertirrigado (T3 e T4), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média de 20 ramos plagiotrópicos.

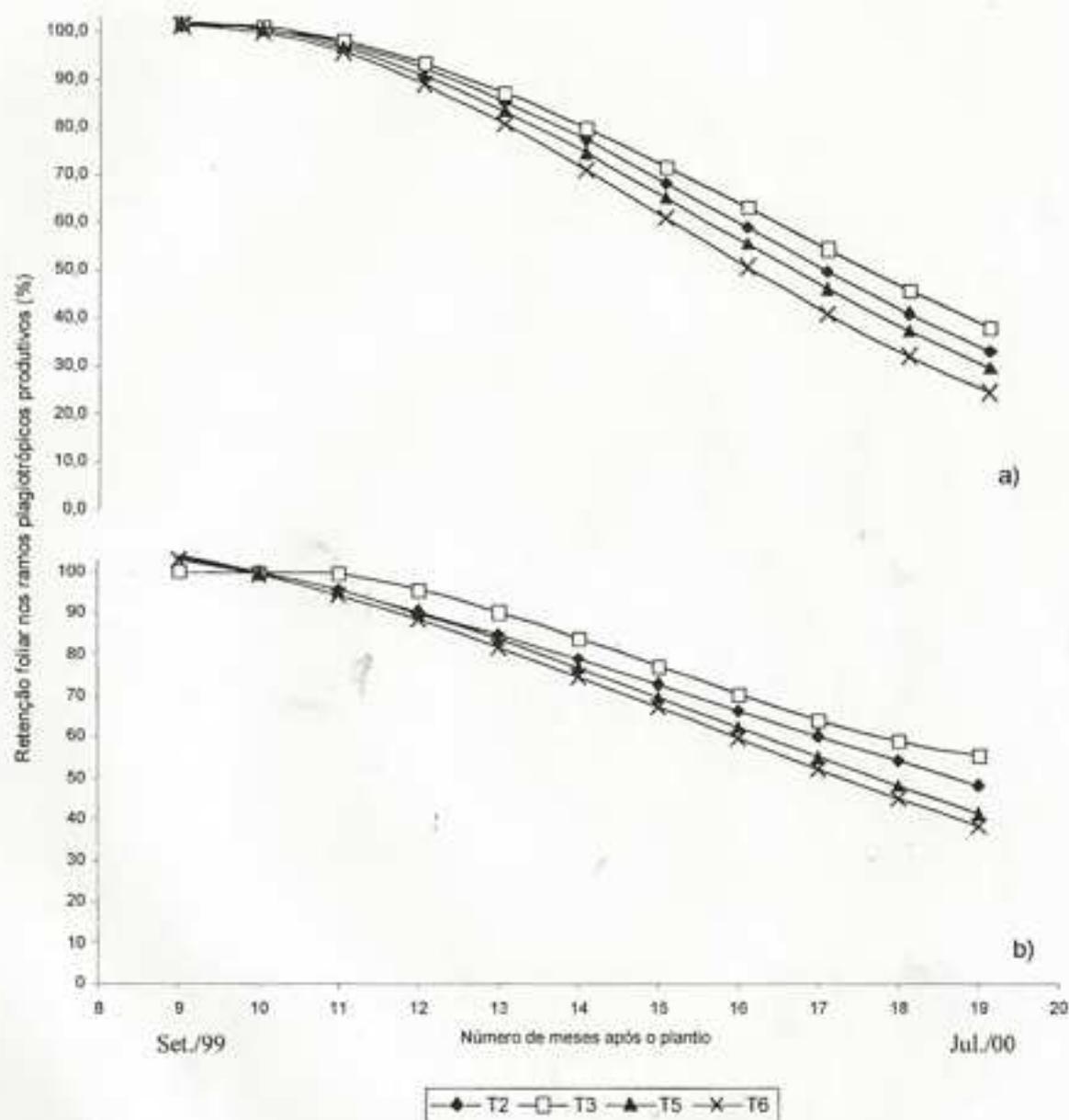


Figura 9 – Estimativa da retenção foliar nos ramos plagiotrópicos produtivos do 'Catuai Vermelho' (a) e do 'Acaia Cerrado' (b), nos tratamentos fertirrigados com 20% a mais de fertilizantes (T2), com nível considerado normal (T3), com 20% a menos de fertilizantes (T5) e com 40% a menos de fertilizantes (T6), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média de 20 ramos plagiotrópicos.

do Catuaí, em todos os tratamentos, no entanto com níveis de retenção foliar maiores, em torno de 45%, contra os 30% observados neste. Portanto, o 'Acaiá Cerrado' apresentou melhores respostas com a adoção da irrigação e da fertirrigação.

4.2.3. Número de nós nos ramos plagiotrópicos vegetativos

As relações entre o número de nós nos ramos plagiotrópicos primários vegetativos (RVEG) e o número de meses após o plantio, considerados neste estudo, do 'Catuaí Vermelho' e do 'Acaiá Cerrado' foram estimadas pelo modelo de Richards; seus coeficientes, assim como os erros-padrão residuais e os coeficientes de correlação, estão apresentados nos Quadros 6 e 7. Esse modelo também se ajustou bem a esse componente, nos dois cultivares, como verificado através dos altos coeficientes de correlação e dos baixos valores dos erros-padrão residuais.

O número de nós formados no período de 10 meses, no 'Catuaí', foi, em média, de 17, no tratamento fertirrigado (T3), enquanto nos tratamentos não-irrigado (T0) e irrigado com adubação manual (T1) esse número foi de 15 nós (Figura 10). Portanto, apenas com a adição da água não se obteve resposta a este componente de crescimento, nesse cultivar, à semelhança do constatado por BARROS e MAESTRI (1974) e BARROS et al. (1997), em Viçosa, MG; CLOWES e WILSON (1974), no Zimbábue; e MARIMUTHU e IRUTHAYARAJ (1994), na Índia. No entanto, com a aplicação de adubo via água ocorreu aumento de 20% no número de nós nos RVEG no final do período estudado, nesse cultivar.

No 'Acaiá Cerrado' (Figura 11), a taxa de crescimento de nós no tratamento não-irrigado começou a decair já no 13^o mês (janeiro de 2000), como havia sido relatado com relação ao componente número de RPLG. Com isso, esse tratamento ficou com dois nós por RVEG a menos que nos tratamentos irrigado e fertirrigado, que tiveram comportamento semelhante. Entretanto, maiores taxas de crescimento no tratamento fertirrigado durante as épocas fria e

Quadro 6 – Estimativas dos parâmetros do modelo de Richards* ajustado ao número de nós nos ramos plagiotrópicos vegetativos (y), em função dos dias de crescimento (x), do 'Catuai Vermelho', com os respectivos coeficientes de determinação (r²) e o erro-padrão residual (S), nos tratamentos estudados

Tratamentos	Coeficientes				S	r ²
	A	b	c	d		
T0	14,79975	1,09402	0,018591	0,70695	0,2085	0,999
T1	15,50049	2,23031	0,01980	1,12203	0,2280	0,999
T2	17,22639	-0,18671	0,01442	0,26236	0,2080	0,999
T3	17,15403	1,64617	0,01769	0,88502	0,3363	0,998
T4	16,78013	-0,28352	0,01326	0,26180	0,1790	0,999
T5	16,75143	1,17668	0,01675	0,69540	0,2249	0,999
T6	16,14357	0,70176	0,01566	0,62298	0,4379	0,996
T7	16,77883	1,41595	0,01808	0,81804	0,1581	0,999

$$* Y = \frac{a}{(1 + e^{b-cx})^{1/d}}$$

Quadro 7 – Estimativas dos parâmetros do modelo de Richards* ajustado ao número de nós nos ramos vegetativos (y), em função dos dias de crescimento (x), do 'Acaiaí Cerrado', com os respectivos coeficientes de determinação (r²) e o erro-padrão residual (S), nos tratamentos estudados

Tratamentos	Coeficientes				S	r ²
	A	b	c	d		
T0	15,39973	0,86685	0,01923	0,64592	0,2664	0,998
T1	17,37598	1,51063	0,01897	0,87977	0,1744	0,999
T2	18,38452	0,37193	0,01427	-0,41841	0,2506	0,999
T3	18,02657	0,73207	0,01528	0,52815	0,1728	0,999
T4	19,42013	-0,06551	0,01253	0,32839	0,2881	0,999
T5	17,28469	1,06320	0,01666	0,66999	0,1183	0,999
T6	17,41358	-0,08397	0,01396	0,31427	0,1616	0,999
T7	17,43687	2,02186	0,02022	1,07410	0,2708	0,999

$$* Y = \frac{a}{(1 + e^{b-cx})^{1/d}}$$

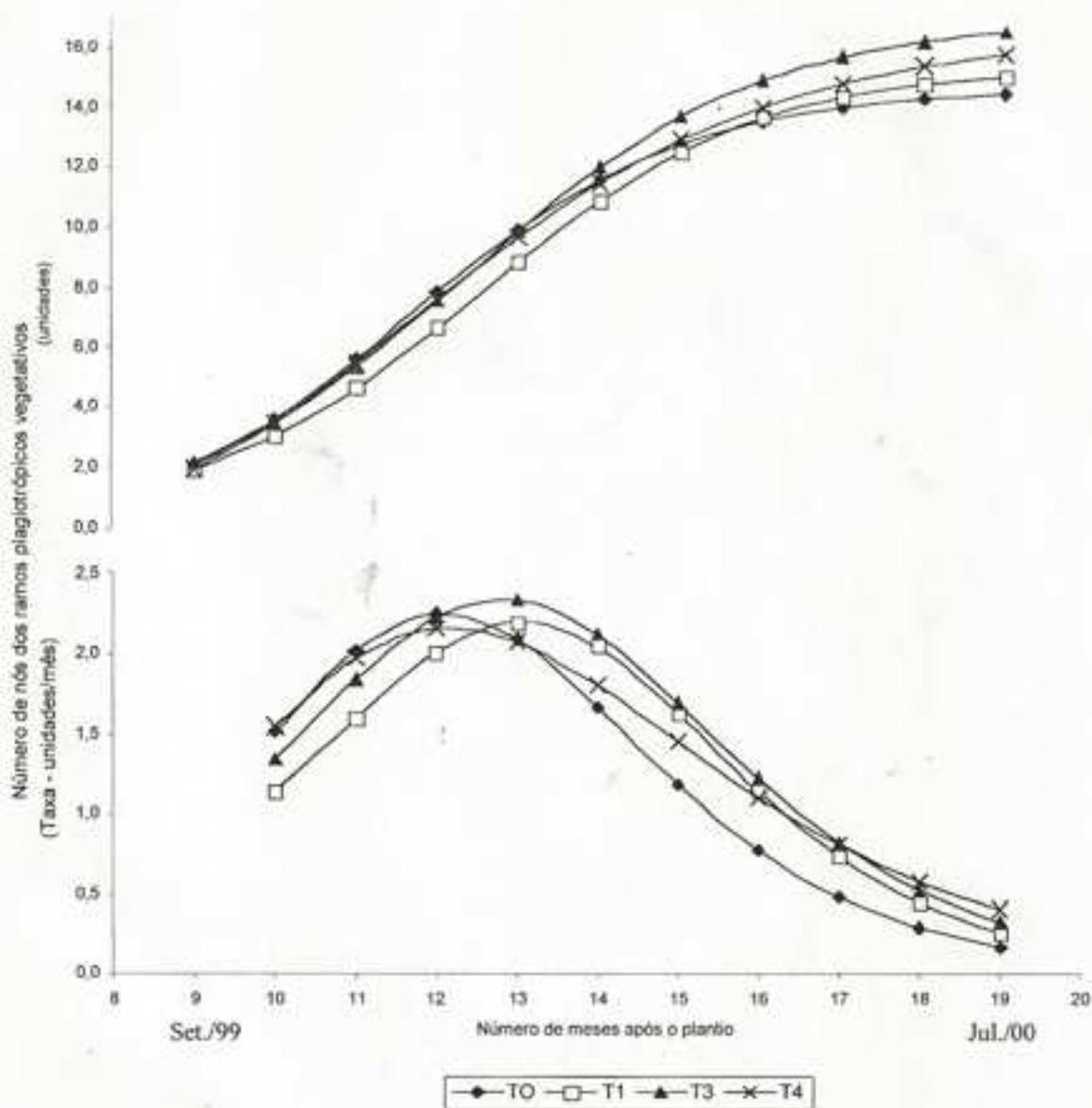


Figura 10 – Formação de nós nos ramos plagiotrópicos primários vegetativos do cafeeiro 'Catuaí Vermelho', nos tratamentos não-irrigado (T0), irrigado (T1) e fertirrigado (T3 e T4), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média dos ramos plagiotrópicos de 10 cafeeiros.

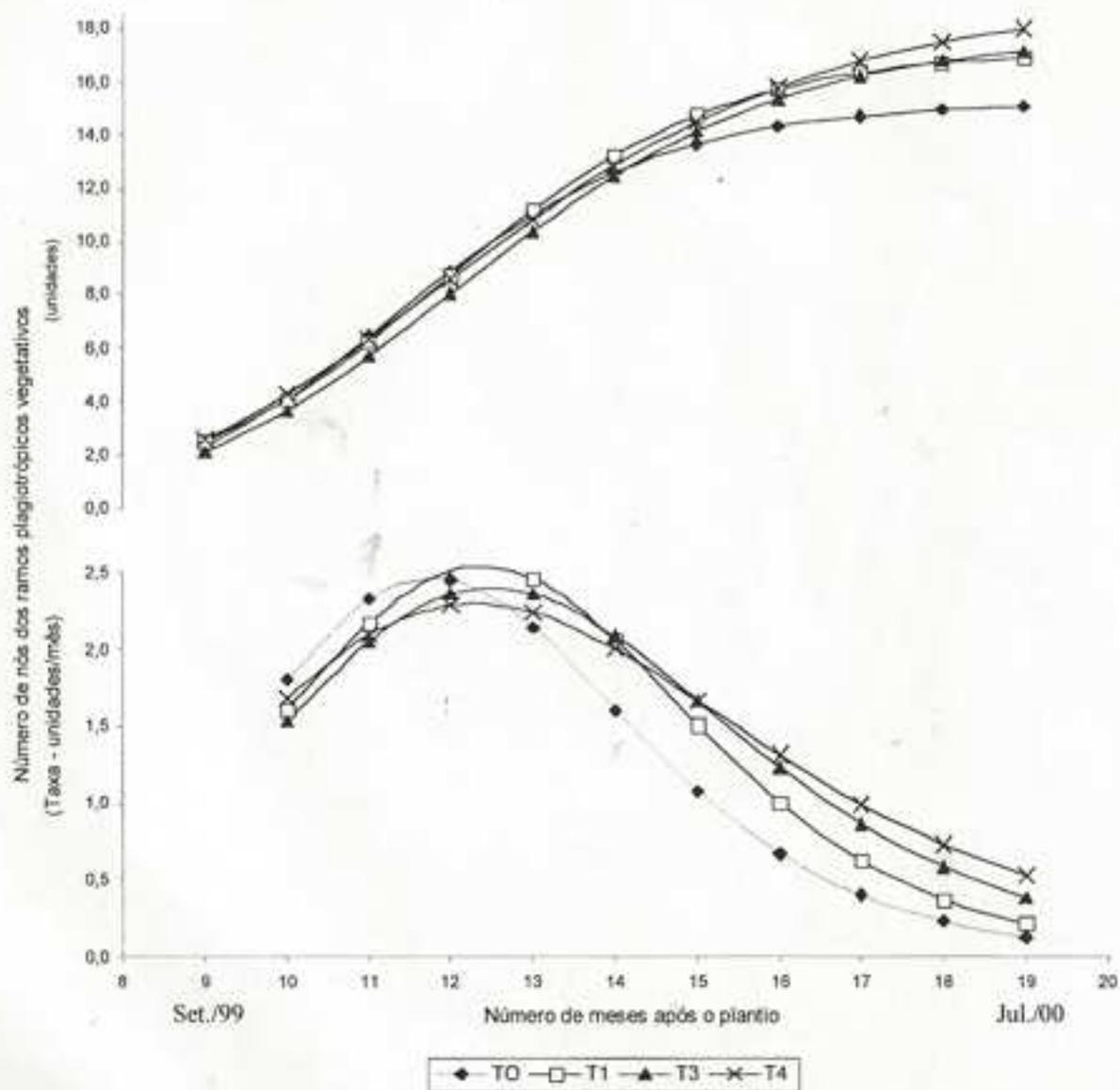


Figura 11 – Formação de nós nos ramos plagiotrópicos primários vegetativos do cafeeiro 'Acaia Cerrado', nos tratamentos não-irrigado (T0), irrigado (T1) e fertirrigado (T3 e T4), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média dos ramos plagiotrópicos de 10 cafeeiros.

seca do ano (abril a julho) evidenciaram o potencial dessa técnica no aumento da produção do cafeeiro, concordando com CANNELL (1973) e FISHER e BROWNING (1979), que, trabalhando com cafeeiros em altas densidades de plantio no Quênia, mostraram a influência da irrigação, acompanhada de fertilização nitrogenada, no aumento do número de nós por ramos plagiotrópicos.

Uma questão importante a colocar é o fato de que, em meses quentes e chuvosos, nos quais os tratamentos sem fertirrigação receberam toda a quantidade de adubo recomendada, as taxas de crescimento nesses tratamentos foram maiores. No entanto, como o tratamento fertirrigado recebeu fertilização até o 18^o mês (junho de 2000), a taxa de crescimento foi compensada nos períodos frio e seco, sendo superior à dos tratamentos não-fertirrigados, permitindo-se levantar a hipótese de melhor aproveitamento dos nutrientes durante essa época do ano (abril a agosto), com a adoção da fertirrigação, no 'Acaiá Cerrado' (AMARAL et al., 1990; DA MATTA et al., 1999).

Com relação aos tratamentos com níveis diferenciados de fertirrigação, no 'Catuaí' (Figura 12), tanto no número final de nós como nas taxas de crescimento, houve pequenas variações, evidenciando-se o potencial da fertirrigação em reduzir as quantidades aplicadas de fertilizantes num mesmo potencial de crescimento. No caso do 'Acaiá Cerrado' (Figura 13), ocorreu a mesma tendência entre as taxas de crescimento nos tratamentos fertirrigados. No entanto, o número de nós nos RVEG foi maior no 'Acaiá Cerrado' em relação ao 'Catuaí Vermelho', em todos os tratamentos avaliados, evidenciando maior potencial produtivo no 'Acaiá Cerrado'.

4.2.4. Diâmetro da base do caule

Os coeficientes do modelo de Richards para o diâmetro da base do caule (DC) no 'Catuaí Vermelho' e no 'Acaiá Cerrado', assim como os erros-padrão residuais e os coeficientes de correlação, estão apresentados nos Quadros 8 e 9.

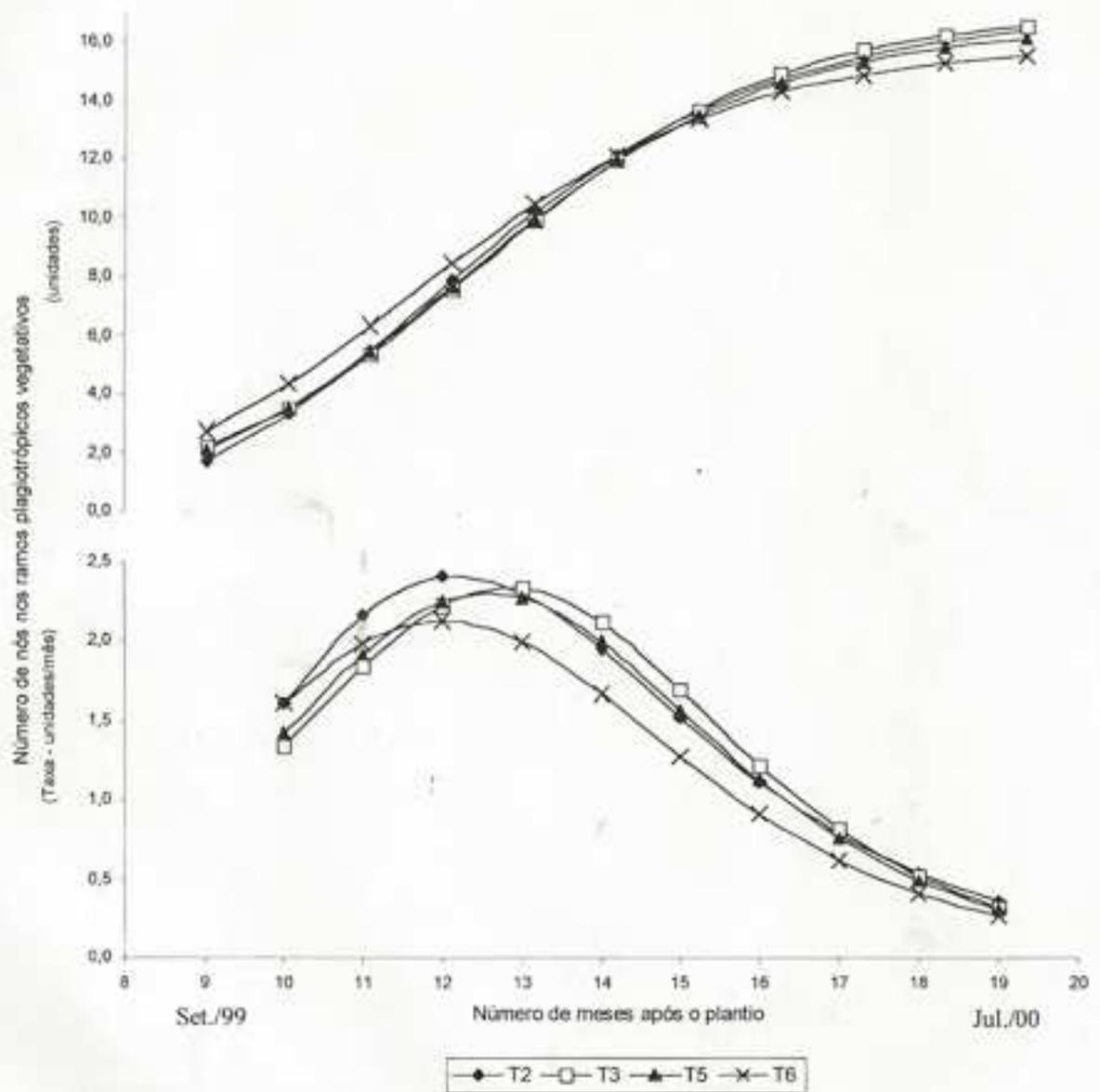


Figura 12 - Formação de nós nos ramos plagiotrópicos primários vegetativos do cafeeiro 'Catuai Vermelho', nos tratamentos fertilirrigados com 20% a mais de fertilizantes (T2), com nível considerado normal (T3), com 20% a menos de fertilizantes (T5) e com 40% a menos de fertilizantes (T6), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média dos ramos plagiotrópicos de 10 cafeeiros.

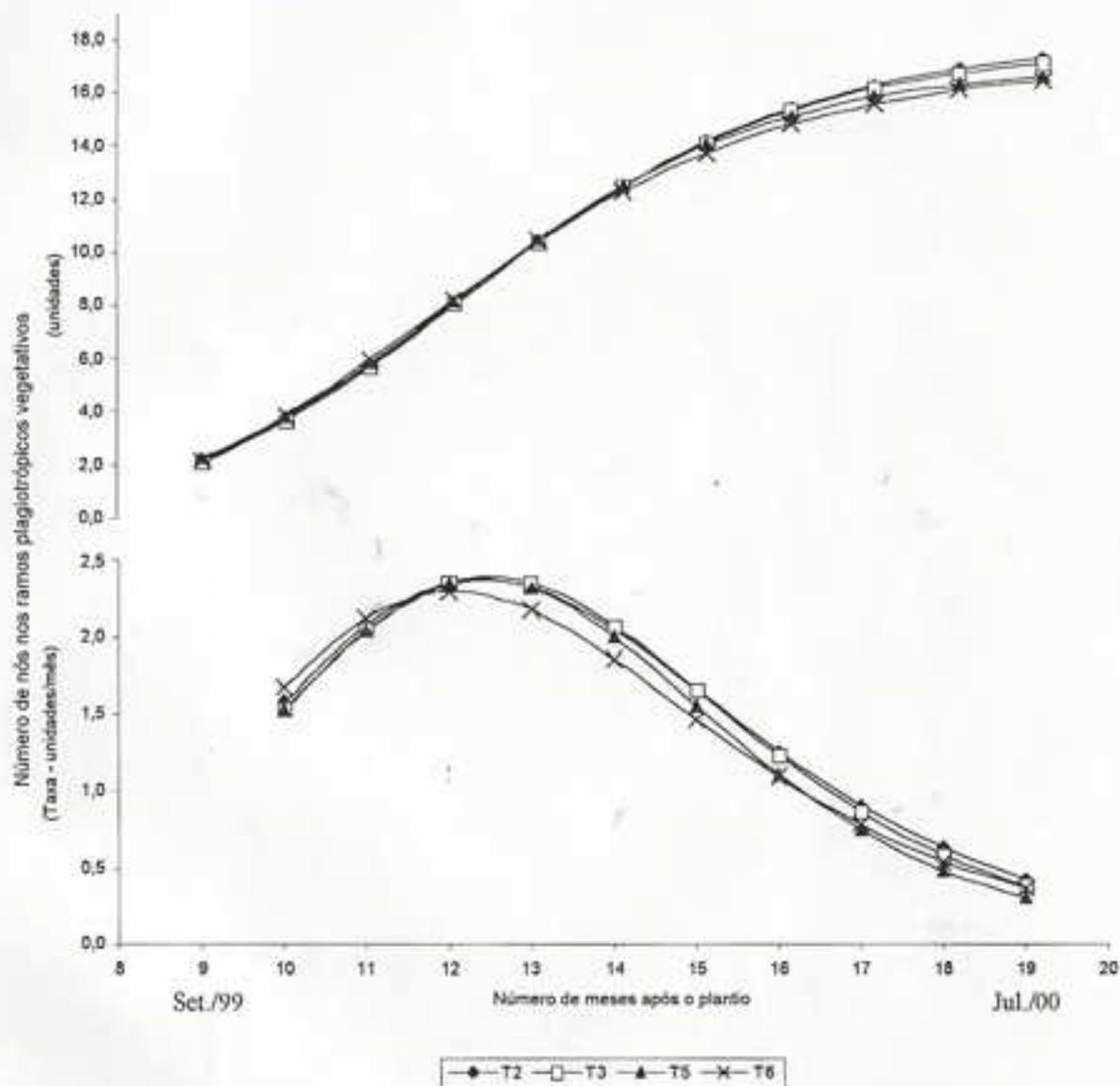


Figura 13 – Formação de nós nos ramos plagiotrópicos primários vegetativos do cafeeiro 'Acaia Cerrado', nos tratamentos fertirrigados com 20% a mais de fertilizantes (T2), com nível considerado normal (T3), com 20% a menos de fertilizantes (T5) e com 40% a menos de fertilizantes (T6), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média dos ramos plagiotrópicos de 10 cafeeiros.

Quadro 8 – Estimativas dos parâmetros do modelo de Richards* ajustado ao diâmetro da base do caule (y), em função dos dias de crescimento (x), do 'Catuaí Vermelho', com os respectivos coeficientes de determinação (r^2) e o erro-padrão residual (S), nos tratamentos estudados

Tratamentos	Coeficientes				S	r^2
	A	b	c	d		
T0	29,13851	5,61276	0,02982	9,37557	0,4001	0,997
T1	31,45950	7,53759	0,03730	10,54506	0,4223	0,998
T2	34,43762	3,42861	0,02021	4,60478	0,4358	0,998
T3	34,13698	3,34133	0,01927	4,49112	0,5680	0,997
T4	34,37709	4,60294	0,02375	6,18572	0,4568	0,998
T5	35,16211	3,36737	0,01935	4,52034	0,4873	0,997
T6	33,16861	3,75820	0,02198	5,26266	0,6168	0,996
T7	33,49253	5,22082	0,02780	7,12383	0,5832	0,997

$$* Y = \frac{a}{(1 + e^{b-cx})^{1/d}}$$

Quadro 9 – Estimativas dos parâmetros do modelo de Richards* ajustado ao diâmetro do caule (y), em função dos dias de crescimento (x), do 'Acaiaí Cerrado', com os respectivos coeficientes de determinação (r^2) e o erro-padrão residual (S), nos tratamentos estudados.

Tratamentos	Coeficientes				S	r^2
	A	b	c	d		
T0	36,72967	8,20738	0,04782	12,15634	0,5112	0,998
T1	40,75851	3,07922	0,01822	4,15557	0,6479	0,997
T2	40,15983	4,75498	0,02465	6,16150	0,4753	0,998
T3	41,06026	5,57090	0,02833	7,34268	0,8526	0,995
T4	42,61087	3,82793	0,02189	4,61254	0,7036	0,997
T5	39,03136	3,50752	0,02109	4,41147	0,5618	0,998
T6	42,00322	3,02958	0,01909	3,76709	0,7859	0,996
T7	40,69631	3,52945	0,02059	4,25365	0,6178	0,997

$$* Y = \frac{a}{(1 + e^{b-cx})^{1/d}}$$

As curvas de crescimento acumulado do DC no 'Catuai Vermelho' começaram a se diferenciar entre os tratamentos irrigado e não-irrigado no 13^o mês (fevereiro de 2000) (Figura 14), quando as taxas de crescimento entre esses dois tratamentos apresentaram comportamento diferente, uma vez que, no tratamento não-irrigado, já existia tendência de diminuição dessa taxa, enquanto no irrigado essa taxa ainda estava em elevação. No caso do tratamento fertirrigado (T3), essa taxa de crescimento ainda se mantinha em níveis moderados, mesmo nos meses mais frios do ano, enaltecendo o uso desta técnica para manter níveis adequados e assimiláveis de nitrogênio e de potássio no solo, mesmo nos meses frios e sem precipitações, momento em que a parte aérea reduz o crescimento (RENA, 2000), mas o sistema radicular mantém sua taxa de crescimento em níveis consideráveis, como verificado por DA MATTA et al. (1999), em Viçosa, MG.

Observou-se também que, enquanto as taxas de crescimento dos componentes da parte aérea declinavam a partir dos meses de janeiro e fevereiro (Figuras 14), a taxa de crescimento do DC somente iniciava o declínio entre os meses de março e abril (Figura 14), concordando com as conclusões de BARROS e MAESTRI (1974).

No 'Acaiá Cerrado' (Figura 15) houve tendência clara de diferenciação entre os tratamentos irrigado e não-irrigado somente nos meses frios e secos do ano, quando a taxa de crescimento do T0 era nula. Esses dados são diferentes dos de AZIZUDDIN et al. (1994), FIGUEREDO et al. (1979) e ZANINI et al. (1994), os quais não encontraram diferenças significativas no DC entre tratamentos não-irrigados e irrigados de cafeeiros de porte alto. Enfim, a fertirrigação não foi tão benéfica ao crescimento do diâmetro do caule desse cultivar.

As taxas de crescimento de DC no 'Catuai Vermelho' e no 'Acaiá Cerrado', nos tratamentos com níveis de fertirrigação (Figura 16 e 17), não apresentaram grandes diferenças, como ocorreu com o número de nós nos RVEG (Figuras 12 e 13). No entanto, o tratamento que recebeu 40% menos de fertilizante (T6) apresentou, em média, maiores valores de DC ao longo do

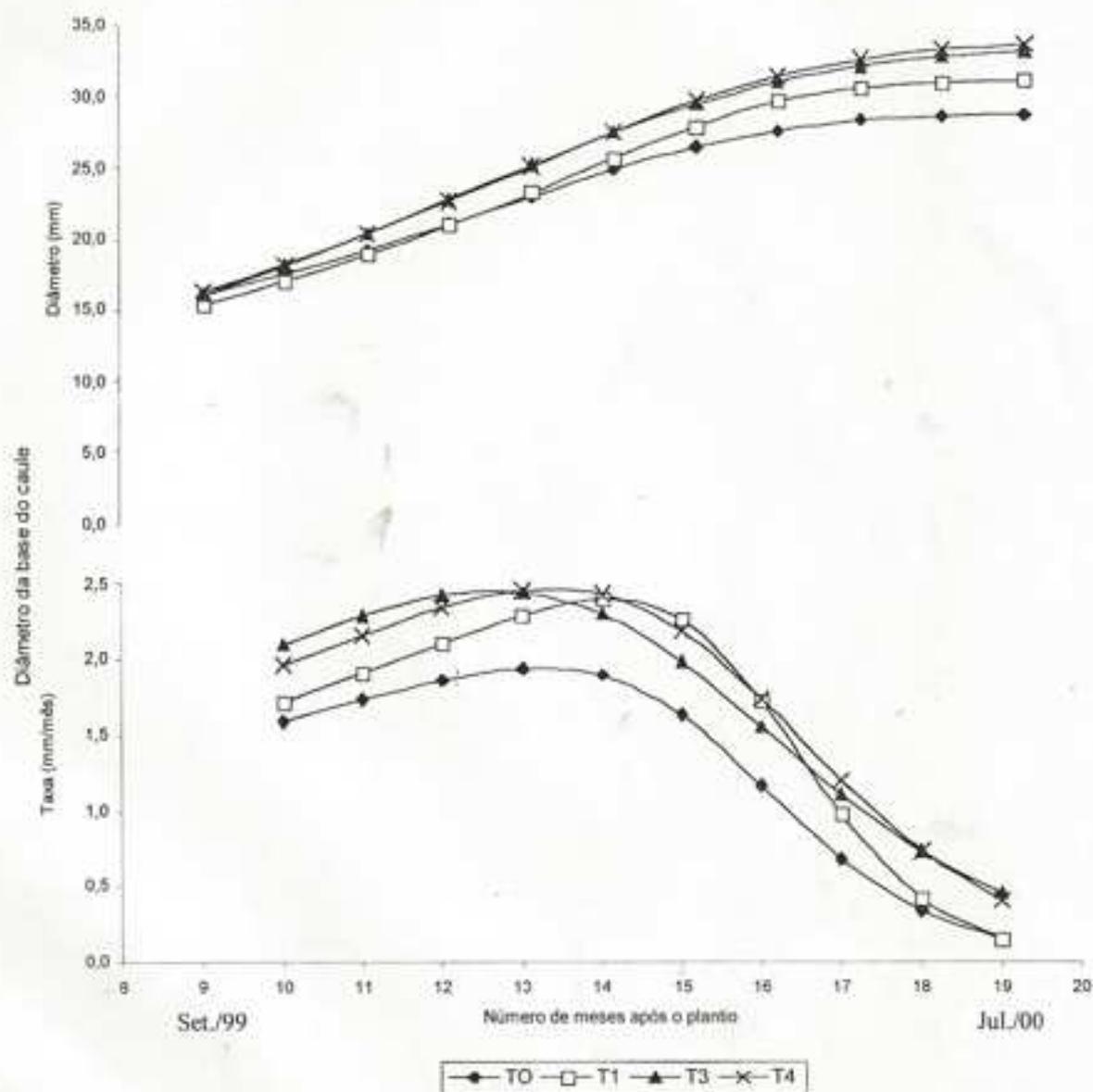


Figura 14 – Variação do diâmetro da base do caule no cafeeiro 'Catuaí Vermelho', nos tratamentos não-irrigado (T0), irrigado (T1) e fertirrigado (T3 e T4), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média de 10 caules.

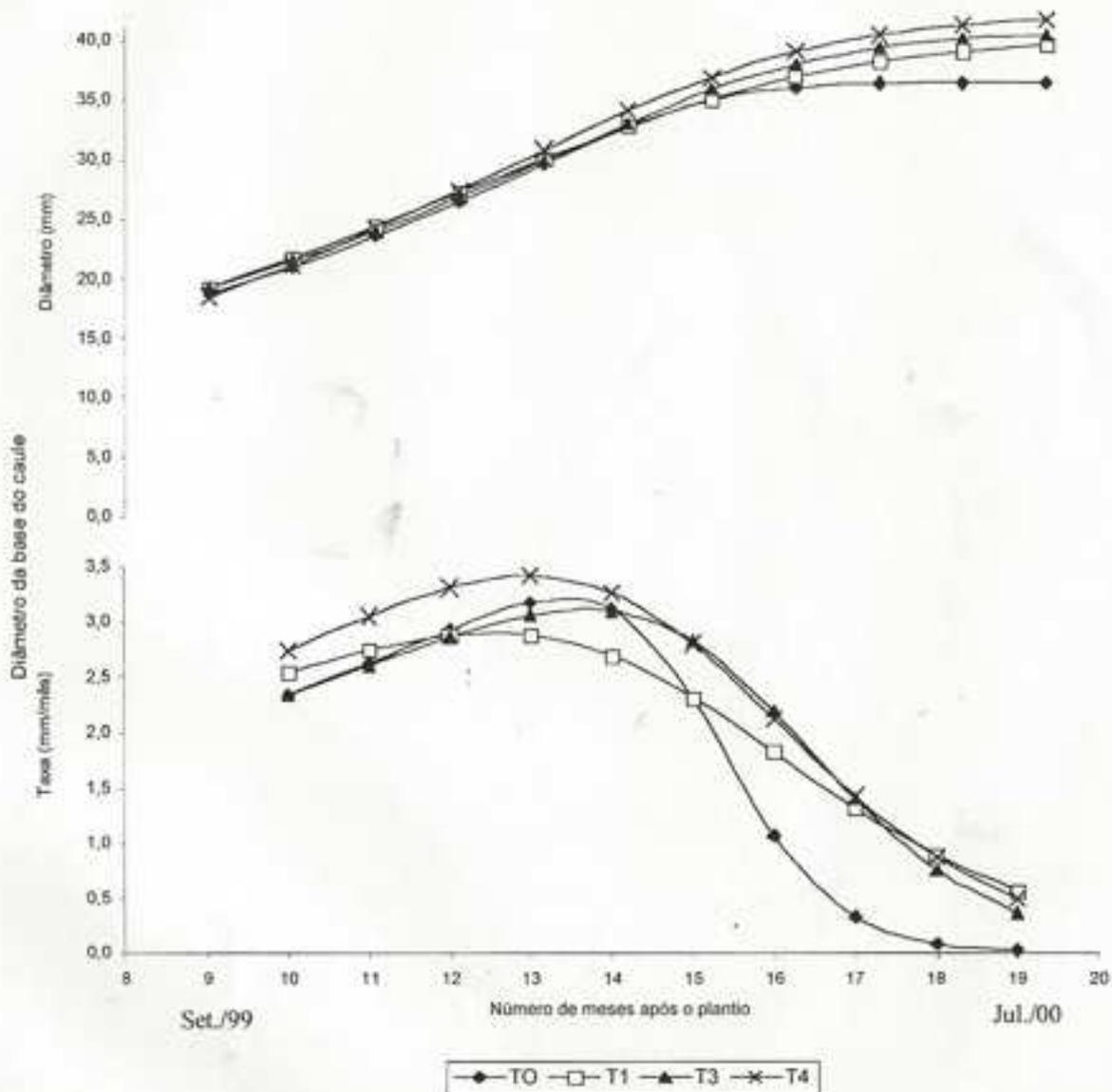


Figura 15 – Variação do diâmetro da base do caule do cafeeiro 'Acaia Cerrado', nos tratamentos não-irrigado (T0), irrigado (T1) e fertirrigado (T3 e T4), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média de 10 caules.

período em estudo, no 'Acaia Cerrado'. Esse fato levantou hipóteses sobre a influência da fertirrigação nesse cultivar, visto que também nos outros componentes de crescimento estudados o T2, que recebeu 60% a mais de adubo que o T6, apresentou taxas de crescimento iguais e até inferiores, o que poderia caracterizar efeitos positivos da diminuição da aplicação de fertilizantes via água no 'Acaia Cerrado'.

O maior diâmetro de caule alcançado pelo 'Acaia Cerrado', em relação ao 'Catuai', foi inerente à sua própria carga genética, visto que o 'Acaia' é o resultado do cruzamento de linhagens do 'Mundo Novo', que apresenta porte alto e maiores índices de crescimento (PEREIRA e SAKIYAMA, 1999).

4.2.5. Ramificações secundárias dos ramos plagiotrópicos primários produtivos

As análises de variância deste componente, nos dois cultivares estudados, encontram-se nos Quadros 10 e 11, em que se verifica que não houve diferença significativa entre os tratamentos, no 'Catuai', enquanto existiu significância no 'Acaia'. Entretanto, os altos valores do coeficiente de variação, em ambos os cultivares, limitaram as conclusões sobre a influência dos tratamentos no número de ramificações secundárias.

No 'Catuai' (Quadro 12), a média em torno de 3,7 ramificações secundárias/ramo produtivo entre todos os tratamentos indicou que tanto a irrigação quanto a fertirrigação não influenciaram o incremento dessas ramificações, concordando com AZIZUDDIN et al. (1994). No entanto, no 'Acaia Cerrado' (Quadro 13), com base na média geral, evidenciou-se a tendência de maiores ramificações secundárias nos ramos plagiotrópicos primários produtivos em relação ao 'Catuai Vermelho'. Esse fato caracterizou, mais uma vez, a maior resposta da irrigação no 'Acaia Cerrado', atingindo 60% a mais de ramificações secundárias, na média dos tratamentos irrigados. Essa condição tem que ser acompanhada ao longo dos anos, pois pode refletir negativamente no 'Acaia Cerrado' nas produções seguintes, uma vez que as ramificações secundárias resultaram de diferenciações vegetativas das gemas laterais do cafeeiro.

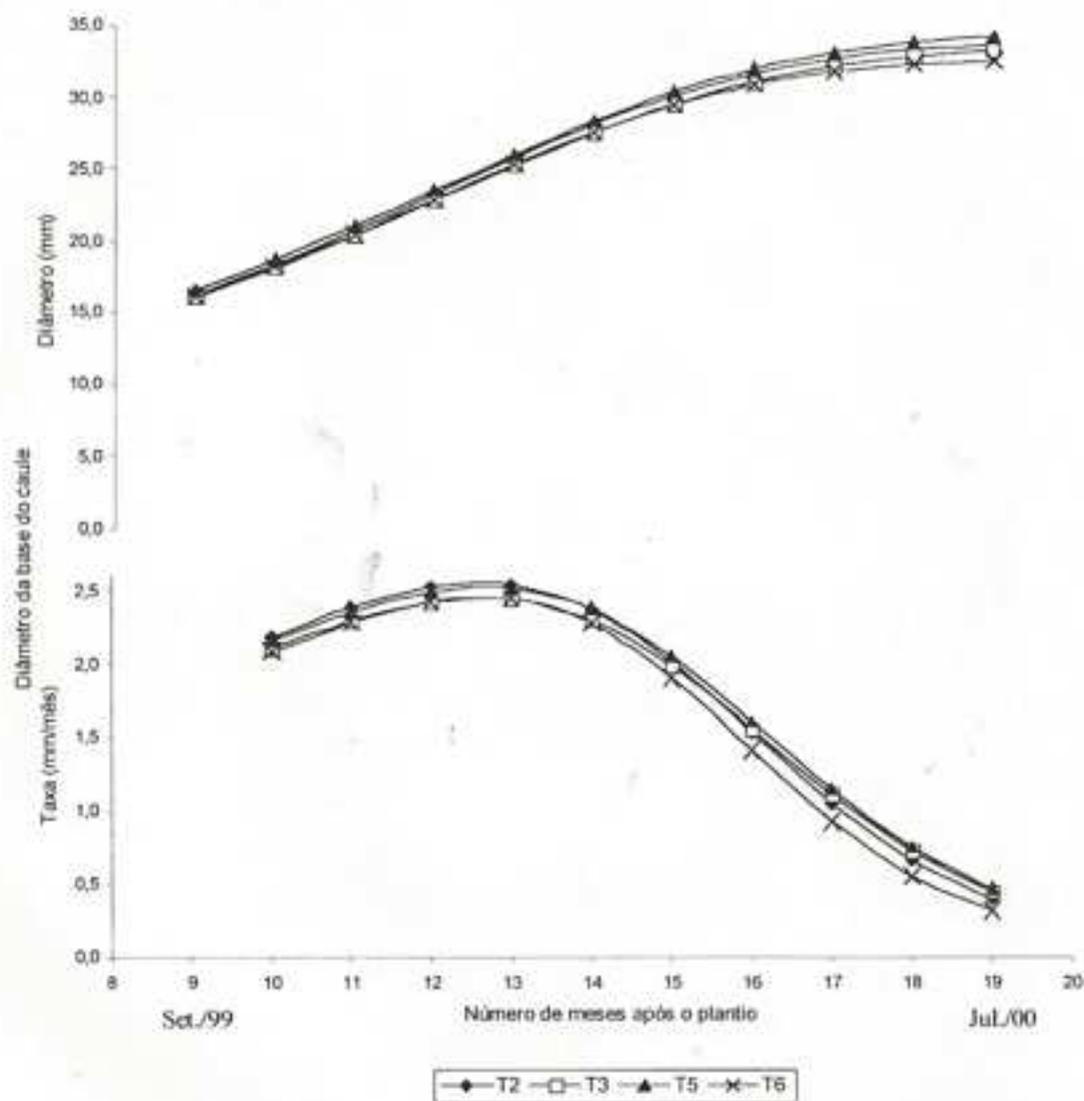


Figura 16 - Variações do diâmetro da base do caule do cafeeiro 'Catuaí Vermelho', nos tratamentos fertirrigados com 20% a mais de fertilizantes (T2), com nível considerado normal (T3), com 20% a menos de fertilizantes (T5) e com 40% a menos de fertilizantes (T6), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média de 10 caules.

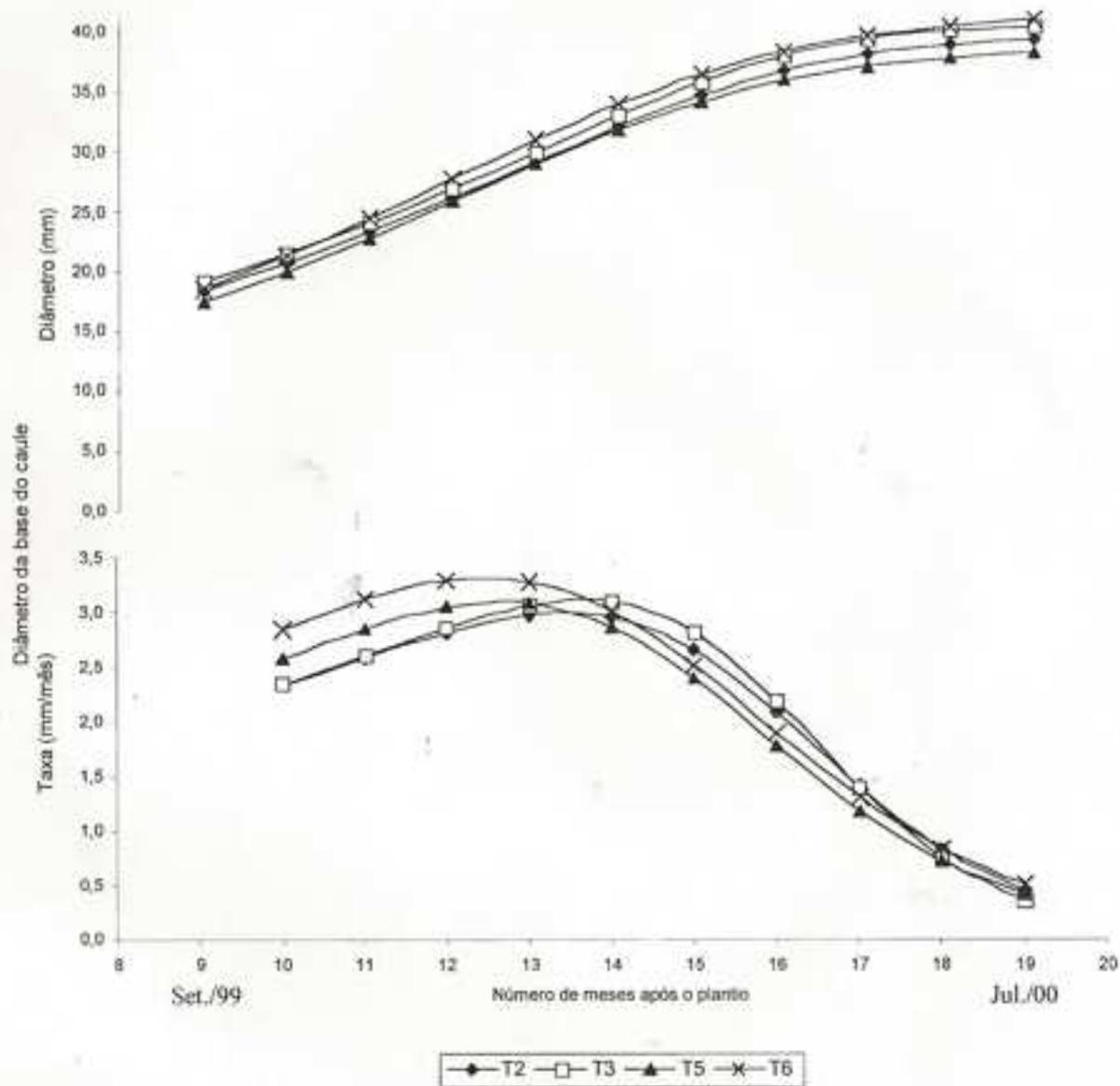


Figura 17 – Variação do diâmetro da base do caule no cafeeiro 'Acaiá Cerrado', nos tratamentos fertirrigados com 20% a mais de fertilizantes (T2), com nível considerado normal (T3), com 20% a menos de fertilizantes (T5) e com 40% a menos de fertilizantes (T6), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG. Cada ponto representa a média de 10 caules.

Quadro 10 – Resumo da análise de variância das ramificações secundárias nos ramos plagiotrópicos produtivos, em função dos tratamentos avaliados, do 'Catuaí Vermelho'

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Tratamentos	7	46,88751	6,698216	1,537	0,17116
Repetições	9	21,01250	2,334722	1,582	ns
Resíduo	63	274,4875	4,356945	0,536	
C.V.			56,22		

Quadro 11 – Resumo da análise de variância das ramificações secundárias nos ramos plagiotrópicos produtivos, em função dos tratamentos avaliados, do 'Acaiaí Cerrado'

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Tratamentos	7	106,2	15,17143	1,797	0,0026
Repetições	9	104,2	14,91111	0,783	ns
Resíduos	63	1199,8	19,04445		
C.V.			74,598		

Quadro 12 – Repetições e médias dos resultados de ramificações secundárias nos ramos plagiotrópicos produtivos, em função dos tratamentos avaliados, do 'Catuaí Vermelho'

Trat.	Repetições										Média
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T0	2,0	4,5	3,0	4,0	1,0	6,0	1,5	2,5	4,0	3,5	3,4 a
T1	1,0	0,0	0,5	3,0	3,5	4,0	3,0	1,0	6,5	3,5	2,8 a
T2	4,5	3,5	2,0	2,5	6,5	4,5	4,5	9,0	5,5	3,0	4,9 a
T3	0,5	8,5	4,0	6,5	2,5	4,0	2,0	1,5	3,5	4,0	4,0 a
T4	5,0	2,0	2,0	2,5	4,5	1,5	3,5	1,0	4,5	4,0	3,3 a
T5	6,5	3,5	2,0	3,5	2,5	3,0	3,5	4,5	4,5	5,0	4,2 a
T6	0,5	1,0	6,0	0,5	1,0	3,0	4,5	3,5	1,5	1,5	2,6 a
T7	10,5	3,5	2,0	3,0	7,0	0,5	3,0	4,5	5,5	3,0	4,5 a

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 13 – Repetições e médias dos resultados de ramificações secundárias nos ramos plagiotrópicos produtivos, em função dos tratamentos avaliados, do 'Acaia Cerrado'

Trat.	Repetições										Média
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T0	0,0	5,0	1,5	2,5	5,0	4,0	2,0	0,5	1,0	5,0	2,9 b
T1	8,0	3,0	2,0	5,5	8,0	4,5	4,0	2,0	9,5	4,0	5,2 a
T2	3,0	1,5	9,0	5,5	3,0	6,5	4,0	5,5	8,5	4,0	5,3 a
T3	7,5	10,0	9,0	12,0	3,0	11,5	2,5	2,0	6,0	4,5	7,0 a
T4	7,0	2,0	2,0	7,0	12,0	7,0	0,0	11,0	18,0	2,5	6,9 a
T5	15,5	2,0	12,0	4,0	6,0	3,0	1,5	3,0	1,5	3,5	5,4 a
T6	6,5	3,5	2,0	3,0	1,5	20,0	9,0	8,0	1,5	7,5	6,5 a
T7	0,0	2,5	9,0	19,0	9,0	7,0	10,5	3,0	5,0	3,5	7,0 a

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

4.2.6. Estimativa da área foliar

Verificando a variação da área foliar no 'Catuai Vermelho' (Figura 18 (a)) e no 'Acaiá Cerrado' (Figura 18 (b)) ao longo do período estudado, observou-se comportamento semelhante, com valores médios em torno de 50 cm² no 'Catuai' e 45 cm² no 'Acaiá'.

Notaram-se dois picos de crescimento da área foliar no 'Catuai Vermelho', no 11^o e no 16^o mês após o plantio (novembro de 1999 e abril de 2000), quando a área foliar atingiu valores médios de 65 cm², com exceção do T0, que só apresentou o primeiro pico. Isso pode ser explicado pelo aumento da temperatura no primeiro pico (nov./99) posterior à época fria do ano e por temperaturas e radiação solar amenas no segundo pico (abr./00), depois de meses de altas temperaturas e insolação, que reduziram o crescimento foliar. No 'Acaiá' ocorreu apenas um pico de crescimento das folhas no 11^o mês. VASUDEVA et al. (1973), estudando a influência de fatores ambientais no crescimento das folhas de café na Índia, observaram que, nos meses de temperaturas mais altas, a área das folhas atingia 35 cm², enquanto nos meses com temperaturas mais amenas esse valor podia atingir 80 cm². AMARAL (1991) e DA MATTA et al. (1999) também verificaram depressão nas taxas de crescimento caracterizada por altas temperaturas do ar, maior período de brilho solar e altos índices de déficit de pressão de vapor em cafeeiros adultos, em Viçosa, MG, concordando com os valores obtidos neste estudo.

Nos períodos seco e frio do ano, a partir do 16^o mês (abr./00), verificou-se diminuição da área foliar em todos os tratamentos dos dois cultivares, atingindo, em média, valores de 42 cm² no 'Catuai' e 35 cm² no 'Acaiá'. No entanto, no tratamento não-irrigado dos dois cultivares, com mais evidência no 'Acaiá Cerrado', ocorreu incremento na área foliar no 19^o mês (julho de 2000), quando o estresse hídrico nesse cultivar já alcançava 94 mm.

Na Figura 19 (a), em que se avaliou a área foliar do 'Catuai Vermelho' nos tratamentos com níveis diferenciados de fertirrigação, são percebidos os mesmos picos de crescimento dos tratamentos descritos anteriormente.

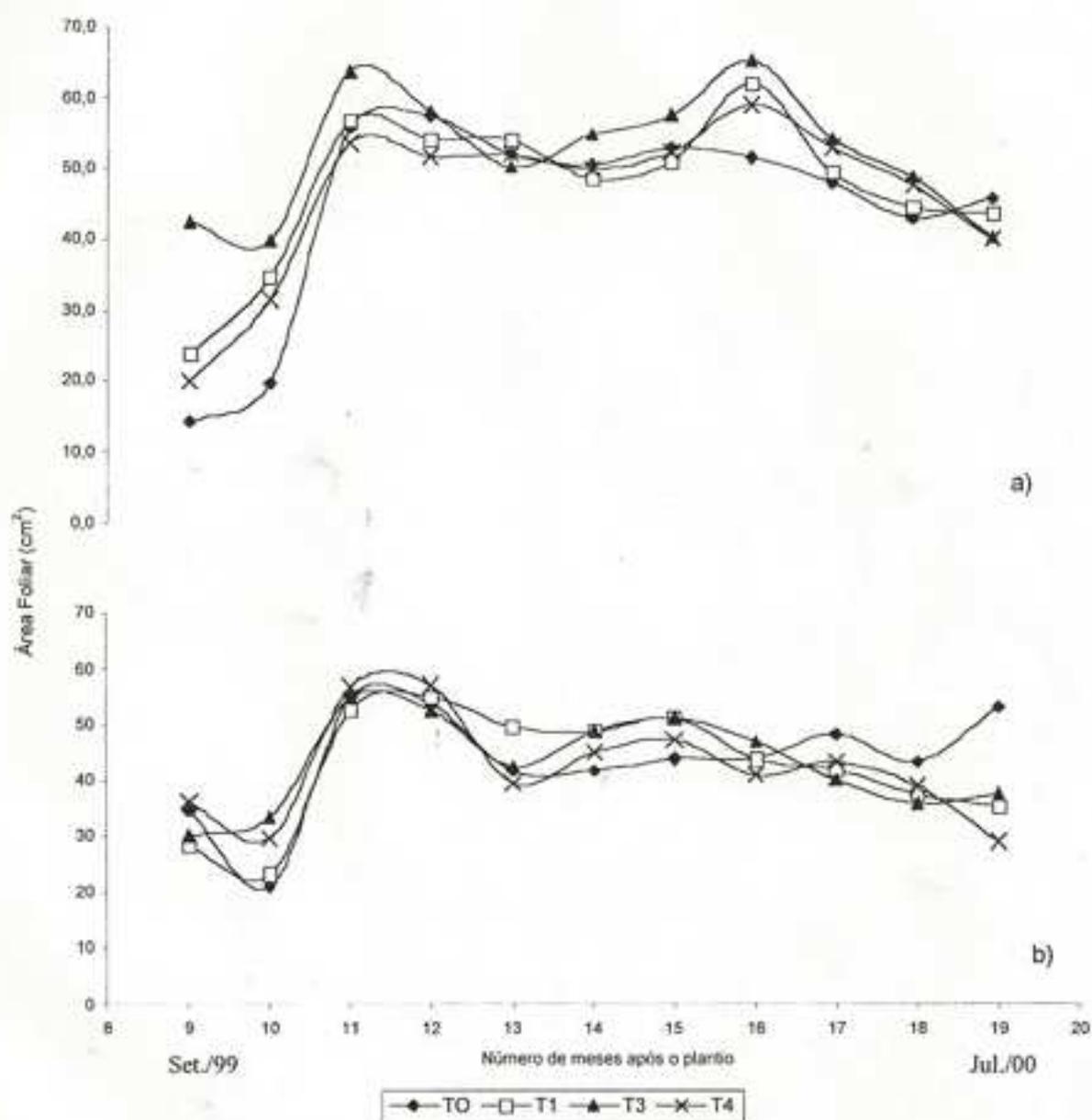


Figura 18 – Estimativa da área foliar, nos tratamentos não-irrigado (T0), irrigado (T1) e fertirrigado (T3 e T4), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG, dos cultivares Catuaí Vermelho (a) e Acaia Cerrado (b). Cada ponto representa a média de 20 folhas do terceiro par.

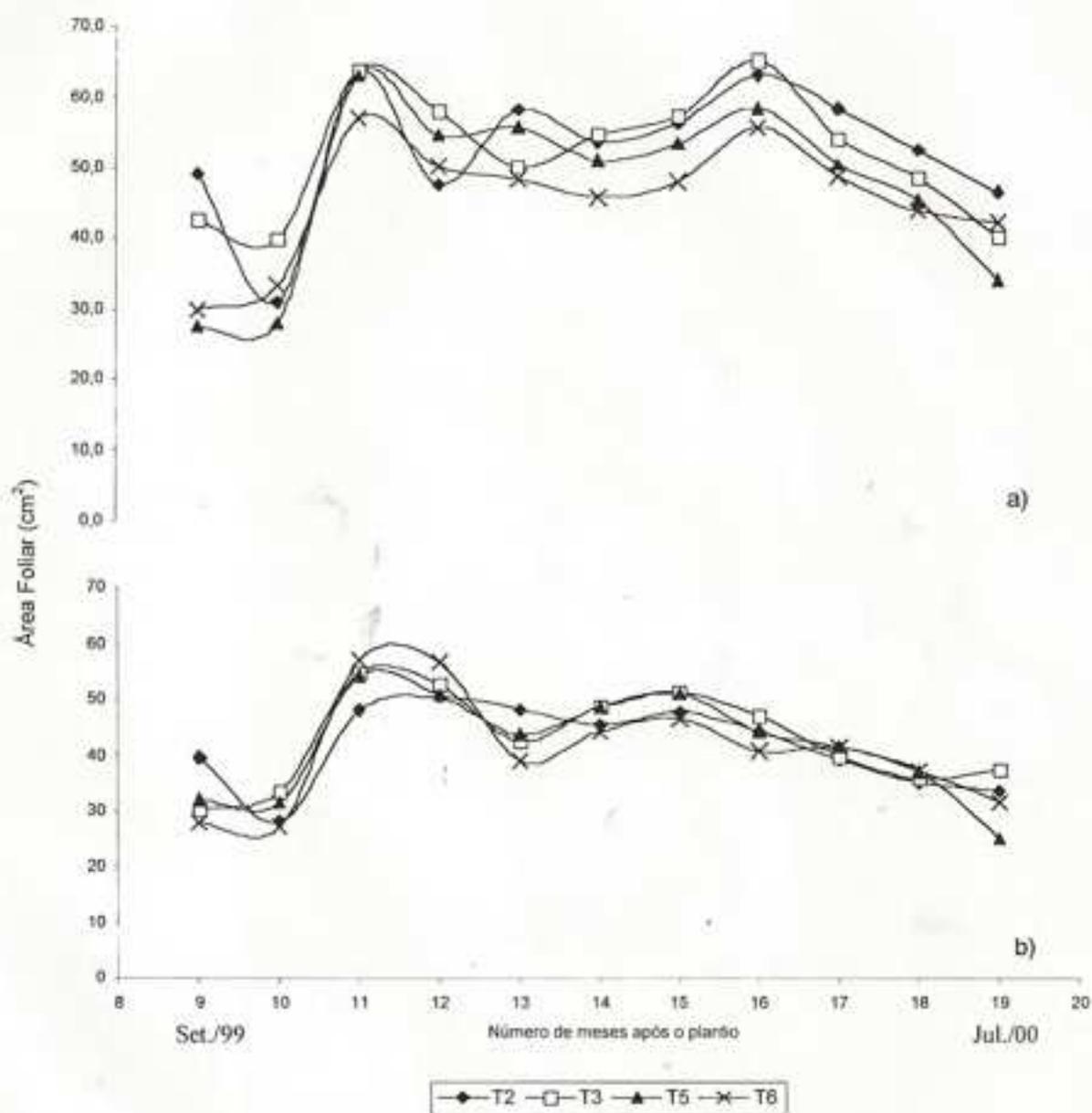


Figura 19 – Estimativa da área foliar, nos tratamentos fertirrigados com 20% a mais de fertilizantes (T2), com nível considerado normal (T3), com 20% a menos de fertilizantes (T5) e com 40% a menos de fertilizantes (T6), avaliados de setembro de 1999 a junho de 2000, em Viçosa, MG, dos cultivares Catuaí Vermelho (a) e Acaiaí Cerrado (b). Cada ponto representa a média de 20 folhas do terceiro par.

O decréscimo de superfície foliar nos meses mais frios também foi evidente nesses tratamentos. No 'Acaiá' (Figura 19 (b)), não se observou diferença de área foliar no decorrer dos meses, entre os tratamentos com diferentes níveis de fertirrigação, sendo encontrados valores médios de 44 cm².

Os resultados do presente estudo indicaram que, mesmo influenciados pelos fatores água e nutrientes, o incremento na área da folha oscilou ao longo dos meses do ano, em função de outros fatores, incluindo os ecoclimáticos, como temperatura, umidade relativa, duração e intensidade da radiação e quantidade de chuva (VASUDEVA et al., 1973). Porém, o papel da temperatura e da radiação solar destaca-se pela alta correlação com a área foliar e o crescimento em geral (MOTA, 1988; AMARAL, 1991; DRINNAN e MENZEL, 1995; BARROS et al., 1997; DA MATTA et al., 1999).

4.3. Pegamento de botões florais e avaliação da produção

Para caracterização dos componentes da produção, avaliaram-se, inicialmente, o pegamento inicial (em granação) e o final ("verde-cana" e "cereja") dos frutos dos cafeeiros, em primeira produção, 'Catuai Vermelho' e 'Acaiá Cerrado' (Quadro 14).

As análises de variância de todos os componentes, nos dois cultivares estudados, estão apresentadas no Apêndice B, em que se verifica que, no 'Catuai', houve efeito significativo entre os tratamentos, com relação ao pegamento final de botões, mas não quanto ao pegamento inicial. No caso do 'Acaiá Cerrado', não houve efeito significativo nos dois tipos de pegamento.

Observou-se que ambos os cultivares atingiram índices de pegamentos inicial e final elevados em relação aos dados relatados por GOPAL et al. (1992), em que a irrigação por gotejamento no "Canephora" de quatro anos permitiu 35 a 40% de pegamento final, enquanto a testemunha não-irrigada possibilitou 12%. Entretanto, os dados do presente estudo foram da primeira floração, quando a desuniformidade de florada foi geralmente verificada, além de os cafeeiros terem sido irrigados desde a sua implantação, necessitando-se, portanto, de outros anos de observação para demonstrar claramente a melhoria do pegamento de frutos pela irrigação e pela fertirrigação.

Quadro 14 – Pegamentos médio inicial e final de frutos, nos dois cultivares estudados, nos tratamentos avaliados

Tratamentos	Pegamento Médio de Frutos (%)			
	'Catuai Vermelho 99'		'Acaiá Cerrado 1474'	
	Pegamento Inicial (Em granação)	Pegamento Final (Colheita)	Pegamento Inicial (Em granação)	Pegamento Final (Colheita)
T0	62,7 a	53,8 ab	60,6 a	54,4 a
T1	57,6 a	43,5 b	60,8 a	54,5 a
T2	68,8 a	62,7 a	66,1 a	57,8 a
T3	72,2 a	66,5 a	64,9 a	57,7 a
T4	61,5 a	57,7 ab	62,0 a	56,5 a
T5	62,8 a	58,4 ab	59,0 a	52,9 a
T6	56,9 a	54,2 ab	56,6 a	51,7 a
T7	65,8 a	62,0 a	61,3 a	56,7 a

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Foram também avaliados vários aspectos relativos aos frutos colhidos maduros nos cultivares estudados (Quadros 15 e 16). A análise estatística dos dados não permitiu uma definição clara dos efeitos dos tratamentos sobre as diversas características estudadas.

No 'Catuai Vermelho' (Quadro 15), o peso de 100 frutos de café "cereja" não diferenciou significativamente entre os tratamentos. No componente peso de 100 frutos de café "em coco" houve diferença significativa entre o tratamento que recebeu maior quantidade de adubo (T2) e o que recebeu níveis de fertilizantes considerados normais e lâmina de irrigação 25% maior (T4). O rendimento entre o café "cereja" e o "coco" apresentou a mesma tendência do peso de 100 frutos de café "cereja", ou seja, a de não-significância entre os tratamentos. No componente mais importante de produção, o peso do café beneficiado, no tratamento que recebeu níveis de fertilizantes considerados normais (T3), foi estatisticamente superior ao do T4, T1, T0, T5 e T6. O rendimento entre o café "cereja" e o beneficiado apresentou diferença significativa apenas entre o T3 e o T4.

Quadro 15 – Médias de peso de 100 frutos de café "cereja", café "em coco" e café e renda do café "cereja"/"coco" e "cereja"/beneficiado do 'Catuaí Vermelho', nos tratamentos avaliados

Tratam.	Peso 100 Frutos Café "Cereja" (g)	Peso 100 Frutos Café "Coco" (g)	Renda Café "Cereja"/"Coco" %	Peso 100 Sementes Café Beneficiado (g)	Renda Café Cereja/Benef. %
T0	155,1 a	56,9 ab	36,7 a	27,9 bed	18,0 ab (5,5:1)*
T1	164,5 a	56,9 ab	35,5 a	27,5 cd	16,7 ab (6,0:1)
T2	170,5 a	63,4 a	36,7 a	30,5 abc	17,9 ab (5,4:1)
T3	164,2 a	62,4 ab	37,5 a	31,3 a	19,3 a (5,3:1)
T4	165,0 a	56,3 b	33,6 a	26,9 d	16,3 b (6,1:1)
T5	153,7 a	57,5 ab	36,6 a	28,0 bed	17,9 ab (5,5:1)
T6	157,5 a	59,5 ab	38,0 a	28,1 bed	18,4 ab (5,6:1)
T7	162,4 a	62,9 ab	38,9 a	31,2 ab	19,0 ab (5,2:1)

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

*Relação de quantos kg de café "cereja" são necessários para se obter 1 kg de café beneficiado.

Quadro 16 – Médias de peso de 100 frutos de café "cereja", café "em coco" e café e renda do café "cereja"/"coco" e "cereja"/beneficiado do 'Acaia Cerrado', nos tratamentos avaliados

Tratam.	Peso 100 Frutos Café "Cereja" (g)	Peso 100 Frutos Café "Coco" (g)	Renda Café "Cereja"/"Coco" %	Peso 100 Sementes Café Beneficiado (g)	Renda Café "Cereja"/Benef. %
T0	161,21 b	66,1 a	40,6 a	30,6 a	19,0 a (5,3:1)
T1	176,22 ab	63,3 ab	35,6 a	29,8 ab	16,9 ab (5,9:1)
T2	173,77 ab	55,8 cd	32,6 ab	24,7 c	14,2 bc (7,0:1)
T3	176,61 ab	59,5 bc	32,9 ab	26,4 c	15,0 bc (6,7:1)
T4	188,96 a	52,2 d	26,6 b	21,2 d	11,2 c (8,9:1)
T5	178,72 ab	57,6 bed	32,3 ab	25,2 c	14,1 bc (7,1:1)
T6	177,99 ab	58,9 bc	32,8 ab	27,2 bc	15,3 bc (6,5:1)
T7	177,58 ab	62,7 ab	35,7 a	27,3 bc	15,4 ab (6,5:1)

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Esses resultados indicam que, no 'Catuai Vermelho', aplicação superior de lâmina de água aumentou o peso da polpa ímnea e do pergaminho dos frutos em detrimento do endosperma (grão). A fertirrigação apresentou resultados superiores aos da aplicação manual de adubo apenas no peso do café beneficiado e da aplicação com níveis considerados normais de fertilizantes (T3), sendo o nível superior de adubação estatisticamente igual ao anterior, em todos os componentes.

No 'Acaiá Cerrado' (Quadro 16), observou-se que só houve diferença significativa quanto ao componente peso de 100 frutos de café "cereja", entre os tratamentos 4 e 0, evidenciando o fator da fertirrigação e da maior quantidade de água aplicada no aumento do peso do fruto fresco de café. No entanto, quando ocorreu o secamento dos frutos de café até 12% de umidade, obtendo-se o café "em coco", o tratamento 4 atingiu, em média, o menor peso de 100 frutos, sendo significativamente igual apenas aos tratamentos 2 e 5. No rendimento de cafés "cereja"/"coco", os tratamentos 0, 1, 2, 3, 5, 6 e 7 foram estatisticamente iguais.

Quando os frutos de café foram beneficiados, a diferença do T4 com relação aos outros tratamentos ficou mais evidente. Em acréscimo, os tratamentos que receberam fertilização manual (T0 e T1) foram significativamente superiores aos demais, neste cultivar, fato que pode ser explicado pela aplicação concentrada de fertilizantes na época chuvosa nesses tratamentos. Essa aplicação coincidiu com a época de enchimento de grãos, acrescido pelo fato de que, quando foi realizada a correção da recomendação de adubação pela análise foliar, em fevereiro de 2000, o que elevou em 70% os níveis normais de fertilizantes, praticamente 80% da quantidade total de adubo nos tratamentos 0 e 1 já havia sido aplicada, enquanto nos tratamentos fertirrigados menos de 50% do total de fertilizantes havia sido aplicado.

Com esses resultados do 'Acaiá Cerrado', confirmou-se o ocorrido no 'Catuai' de que o aumento da lâmina de irrigação aumenta o peso do fruto fresco, mas não o peso dos grãos de café. A influência da fertirrigação e de níveis diferenciados de adubação via água não foi significativa neste cultivar. Os

tratamentos não-fertirrigados atingiram rendimentos de café "cereja"/beneficiado superiores aos dos demais.

Relacionando os dois cultivares, percebeu-se que, no componente peso de 100 frutos de café "cereja", o 'Acaiá Cerrado' teve peso médio 10% superior ao do 'Catuaí Vermelho', mas, quando se observou o peso de 100 frutos do café beneficiado, o 'Acaiá' teve peso médio 22% menor que o 'Catuaí'. Em acréscimo, o rendimento médio de café "cereja"/beneficiado do 'Catuaí' foi de 5,6:1, enquanto do 'Acaiá' foi de 6,7:1. Tais considerações indicaram que o 'Acaiá Cerrado' tem frutos maiores, mas também maiores são a polpa e o pergaminho, sendo apenas 15% do fruto a parte aproveitável. No 'Catuaí Vermelho', 20%, em média, do fruto é comercializável na forma de grãos.

Por ser a primeira produção dos cafeeiros estudados, os dados apresentados são pouco expressivos pela própria característica do cafeeiro em formação e pela desuniformidade de floração, mas, ainda assim, a média de produtividade dos cafeeiros fertirrigados foi considerável, não diferindo significativamente entre os tratamentos, sendo no 'Catuaí Vermelho' de 11,4 sacas beneficiadas/ha e no 'Acaiá Cerrado', de 9,1 sacas beneficiadas/ha.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Estudaram-se as influências da irrigação por gotejamento e da fertirrigação com nitrogênio e potássio no crescimento vegetativo e na produção de dois cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em formação, 'Catuai Vermelho' e 'Acaiá Cerrado', no período de setembro de 1999 a julho de 2000, na Área Experimental da Agronomia do Departamento de Fitotecnia, no "Campus" da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. O delineamento experimental adotado foi de blocos inteiramente casualizados, com oito tratamentos e 10 repetições, em cada cultivar de café. Os tratamentos se referiam a aplicação ou não de água, adubação manual ou fertirrigação e níveis diferenciados de adubação via fertirrigação. Os resultados de crescimento foram interpretados por meio de análise de regressão, sendo os dados pontuais e de produção comparados pelos testes *F* e de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas avaliações de uniformidade de distribuição de água, encontrou-se o CUD superior a 84%, evidenciando a boa distribuição de água e, conseqüentemente, de fertilizantes pelo sistema de irrigação por gotejamento.

As tendências das curvas de crescimento não foram alteradas pela irrigação ou pela fertirrigação, ou seja, o crescimento dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos e das folhas decresceu a partir de março, quando as temperaturas mínimas começaram a diminuir. Entretanto, esse decréscimo nas taxas de

crescimento não se reduziu a valores nulos nos tratamentos irrigados e fertirrigados, evidenciando-se a importância da água e de nutrientes para manutenção do crescimento vegetativo, mesmo nas épocas mais fria e seca do ano.

Entre os tratamentos irrigado e não-irrigado do 'Catuai Vermelho' houve diferenças apenas no número de ramos plagiotrópicos primários e na retenção foliar dos ramos plagiotrópicos produtivos, enquanto no 'Acaiá Cerrado' a influência da irrigação foi expressiva em todos os componentes de crescimento estudados, com ênfase no número de ramos plagiotrópicos e diâmetro da base do caule.

Comparando os tratamentos do 'Catuai' irrigado com adubação manual e o fertirrigado, verificou-se o melhor desempenho da fertirrigação na maioria dos componentes, com exceção das ramificações secundárias. Entretanto, no 'Acaiá', a fertirrigação teve diferenciação positiva apenas na retenção foliar durante as épocas fria e seca do ano.

Com relação aos tratamentos com níveis diferenciados de fertirrigação, nos dois cultivares estudados as melhores respostas foram obtidas nos tratamentos que receberam níveis de adubo considerados normais, em relação aos que receberam doses menores de adubo apenas na retenção foliar e no tamanho da folha. Os cafeeiros que receberam 20% de fertilizantes acima do normal não apresentaram melhor crescimento na maioria dos componentes avaliados.

Os resultados de produção não foram muito representativos, por serem da primeira colheita, quando há muita variabilidade. No entanto, com o aumento da lâmina de irrigação, elevou o peso do fruto fresco, mas não o peso dos grãos beneficiados. A fertirrigação foi superior à aplicação manual de adubo apenas no 'Catuai Vermelho'.

Esses resultados permitiram concluir que:

- A irrigação influenciou positivamente as taxas de crescimento nos dois cultivares, porém mais expressivamente no 'Acaiá Cerrado'.

- A adoção da prática da fertirrigação foi mais favorável às taxas de crescimento no 'Catuai Vermelho', enquanto no 'Acaiá Cerrado' essas taxas foram semelhantes às com adubação manual.
- A aplicação de menores quantidades de adubo via fertirrigação não diminuiu as taxas de crescimento do 'Acaiá Cerrado', em relação ao tratamento com níveis normais de adubo.
- A irrigação e a fertirrigação foram imprescindíveis na manutenção do dossel do cafeeiro nas épocas fria e seca do ano.
- A folha do 'Catuai Vermelho' foi, em média, 30% maior que a do 'Acaiá Cerrado', mas, em número de nós e de ramos plagiotrópicos, o 'Acaiá' foi superior em 30%.
- A aplicação de menores quantidades de fertilizantes para um mesmo potencial produtivo e de crescimento, pela possível melhoria da eficiência de aplicação do adubo pela fertirrigação, pode ser uma das vantagens desta prática, mas tem que ser observada com cautela, principalmente pela baixa uniformidade de aplicação de água pelos sistemas de irrigação instalados atualmente. A continuidade deste trabalho é fundamental para que se obtenham resultados numa população de plantas adultas e em franca produção.
- O parcelamento de nutrientes ao longo do ciclo do cafeeiro pode seguir a demanda evapotranspirativa mensal de referência da região produtora no período de crescimento do cafeeiro, mas avaliações durante os anos produtivos são necessárias para comprovação da eficiência deste método.

CAPÍTULO 3

INFLUÊNCIA DA FERTIRRIGAÇÃO NOS ASPECTOS NUTRICIONAIS E EDÁFICOS

1. INTRODUÇÃO

A nutrição balanceada do cafeeiro não pode ser realizada sem que as relações adequadas entre os vários nutrientes tenham sido estabelecidas. GUIMARÃES (1986) afirmou que a manutenção da boa fertilidade do solo para a cultura do cafeeiro, com vistas a se obterem altos rendimentos, requer eficientes ajustes das doses de nutrientes e de seus métodos de aplicação.

Com o desenvolvimento e a expansão da irrigação por gotejamento, a fertirrigação, como forma de aplicar os fertilizantes dissolvidos na água, expandiu-se de forma mais intensa em várias partes do mundo. Considerando os tipos de cultura e as características do solo e da água, a fertirrigação pode ser empregada em várias situações. As características do solo e da cultura permitem estabelecer tanto o método, ou o sistema de irrigação, como as doses de fertilizantes mais adequadas (SOUSA, 2000).

As necessidades nutricionais das culturas podem ser estabelecidas por meio de um método ou da combinação de métodos, como os experimentos de adubação, as análises de plantas e as análises de solo (GUIMARÃES, 1986).

Com a recente adoção de novas tecnologias, como a fertirrigação, nas lavouras cafeeiras do país, a recomendação de adubação, assim como a eficiência da absorção de nutrientes pelo sistema radicular nessa nova condição, ainda requer intensas pesquisas para validação dos reais benefícios e utilização correta desta técnica de aplicação de adubo.

Outro fator que tem que ser considerado na utilização da fertirrigação é a alteração das características químicas do solo. A acumulação de sais na superfície e no perfil do solo, em áreas irrigadas, é um fenômeno influenciado por vários fatores e condições. Como resultado da evapotranspiração, os sais dissolvidos na água de irrigação concentram-se na solução do solo. Além disso, interações químicas podem levar à lixiviação de bases, causando desbalanço nutricional no solo.

Os objetivos do presente trabalho foram verificar a influência da fertirrigação na absorção de nutrientes pelos cultivares Catuaí Vermelho e Acaiaí Cerrado e nas características químicas do solo, com ênfase na salinidade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Fertirrigação e os novos critérios nutricionais para a cafeicultura

Há muitas informações na literatura sobre trabalhos relacionados com a fertilização tradicional do cafeeiro, ou seja, aplicações manuais de fertilizantes nas lavouras em formação e em produção (TESHA e KUMAR, 1979; CHAVES, 1982; MALAVOLTA, 1983; GUIMARÃES, 1986; MALAVOLTA, 1986; GATHAARA e KIARA, 1990; WINSTON et al., 1992; SANTINATO et al., 1994; MALAVOLTA e MOREIRA, 1997). No entanto, são ainda escassos os resultados de pesquisa que relacionam a resposta nutricional do cafeeiro às aplicações de fertilizantes com nitrogênio e potássio via água de irrigação.

O processo de fertirrigação é complexo, por envolver aspectos físicos e, principalmente, químicos e fisiológicos do sistema solo-água-planta. O princípio básico é a colocação de minerais na solução do solo na forma facilmente assimilável, além da manutenção equilibrada das relações iônicas no sistema, isto é, um balanço catiônico/aniônico adequado (CARRIJO et al., 1999; GOTO, 1999). Os mecanismos envolvidos são variados e podem afetar os nutrientes de diversas maneiras, aumentando sua disponibilidade em alguns casos e diminuindo-a em outros (RAIJ, 1991). O solo adequado é aquele que garante, durante todo o ano, fornecimento de elementos minerais que mantenha na folha

teor acima do chamado "nível crítico", isto é, nível de teores abaixo do qual a produção é limitada (MALAVOLTA e MOREIRA, 1997).

As folhas são os órgãos que, como regra, refletem melhor o estado nutricional da planta, isto é, respondem mais às variações no suprimento de minerais (RAIJ, 1991; MALAVOLTA et al., 1997). A análise foliar informa sobre a resposta da planta à nutrição e indica as correções necessárias para otimizar o processo de fertirrigação. Além disso, serve como índice de referência comparativo da nutrição.

CHAVES (1982), CORREIA et al. (1983) e MALAVOLTA (1986) relataram que, em termos de exigência quantitativa de macronutrientes pelo cafeeiro, há destaque para o N e K, seguidos de Ca, Mg, P e S.

Fontes de nitrogênio na forma nítrica competem com outros ânions do solo, podendo causar deficiências de alguns minerais. Porém, como são extremamente solúveis e altamente móveis no solo, essas fontes são facilmente absorvidas pelas raízes das plantas (MALAVOLTA, 1986; RAIJ, 1991; COELHO, 1994).

O cafeeiro é altamente exigente em nitrogênio, que, quando fornecido em quantidades adequadas na adubação, promove o desenvolvimento rápido da planta, com conseqüente aumento da formação de ramos frutíferos e de folhas fotossinteticamente mais eficientes. Assim, a manutenção de boa área foliar mediante a adubação nitrogenada adequada promove maior produção de carboidratos, indispensáveis à formação e ao crescimento dos frutos. Durante o período de crescimento destes, parte do N foliar é mobilizada nas folhas, podendo o teor foliar cair de 4,10 para 2,85% (MALAVOLTA, 1986). No entanto, o excesso de N provoca alterações nas relações N/P e N/K das folhas e diminuição da produção, estimulando, preferencialmente, a vegetação (MALAVOLTA, 1986).

MATIELLO et al. (1983) observaram que a produção tende a diminuir de modo acentuado quando a relação N/K se alarga, aproximando-se de 3, mas respostas diferentes foram encontradas nos cultivares Catuai e Mundo Novo. À medida que a relação N/K diminui, a produtividade do 'Catuai' é muito superior à

do 'Mundo Novo'; entretanto, quando essa relação tende a se aproximar de 1, ocorrem pequeno decréscimo na produtividade do 'Catuai' e aumento considerável na do 'Mundo Novo'.

O alto teor de potássio nas partes vegetativas e reprodutivas do cafeeiro é importante, visto que esse elemento desempenha papel preponderante na nutrição da planta. A exigência de potássio aumenta com a idade, sendo particularmente intensa quando a planta atinge a maturidade, em razão das quantidades adicionais desse elemento que vão para os frutos (MALAVOLTA, 1986). Ainda, os frutos em desenvolvimento retiram grandes quantidades de potássio das folhas adjacentes. A importância do potássio na produção é evidenciada, ainda, pelo fato de que uma reserva suficiente desse elemento tende a diminuir a quantidade de frutos chochos. O nitrogênio e o potássio são também fundamentais na prevenção da seca de ponteiros, em condições de campo. O excesso de potássio pode, no entanto, aumentar a queda dos frutos, além de induzir carência de Mg e Ca (MALAVOLTA, 1986).

As folhas de cafeeiros 'Bourbon', 'Caturra', 'Mundo Novo' e 'Conilon' possuem semelhantes teores de minerais, que variam com a época de amostragem e com a presença de frutos no ramo (MALAVOLTA et al., 1997).

O parcelamento da aplicação de nutrientes, principalmente o nitrogênio, que se perde com facilidade por lixiviação e volatilização, é uma das principais práticas que deve ser explorada na fertirrigação. A irrigação por gotejamento, que permite alta frequência de aplicação com pequenas doses de água e fertilizantes de forma pontual, surge como novo conceito de dinâmica de água e nutrientes (VILLAS BÔAS et al., 1999; SOUSA, 2000).

SANTINATO et al. (1997) relataram que na fase de formação do cafeeiro, devido ao rápido crescimento, os níveis de adubação exigidos pela cultura sob irrigação superam os requeridos pelo cafeeiro não-irrigado. No entanto, esse é um assunto que ainda levanta controvérsia. O conhecimento das propriedades do solo, como textura, densidade, permeabilidade, pH, teor de cátions trocáveis, condutividade elétrica e teor de sais da água, e das características dos fertilizantes a serem aplicados via água de irrigação, associado

ao manejo adequado da irrigação, é um ponto importante na prática adequada da fertirrigação e deve ainda ser estudado para esclarecer as reais mudanças com a adoção desta prática.

2.2. Características químicas do solo e a fertirrigação

O desenvolvimento inicial das culturas sob irrigação localizada e fertirrigação implica crescimento do sistema radicular limitado a um volume restrito de solo e, ainda, concentrado de nutrientes na região do bulbo molhado, acentuando a importância da manutenção das condições ótimas de pH e salinidade, através do controle da lâmina de irrigação e da concentração de nutrientes na calda de fertirrigação (NEILSEN et al., 1995). Acidificação e lixiviação de bases do solo têm sido identificadas como possíveis limitações da adoção da fertirrigação (HAYNES e SWIFT, 1987).

O movimento de íons está relacionado à intensidade de percolação e às condições de fixação e adsorção, que são as funções de cada íon e do tipo de solo onde se encontra. De acordo com RICE et al. (1986), o fluxo de água no perfil do solo deve variar consideravelmente devido ao tipo de solo, à aplicação desuniforme de água e à qualidade da água aplicada.

As principais fontes tradicionais de nitrogênio para uso em fertirrigação são a uréia (45% N), o nitrato de amônio (33% N), o sulfato de amônio (22% N) e o nitrato de potássio (15% N). O produto mais empregado como fonte de potássio é o cloreto de potássio rosa (60% K), além de outros, como o sulfato e o próprio nitrato de potássio. Íons acompanhantes desses adubos, como o cloreto, o ferro e o sulfato, podem causar toxicidade às plantas, quando aplicados em excesso (SOUSA, 2000). A utilização do cloreto de potássio branco para fins de fertirrigação vem sendo difundida em várias regiões do país em razão, principalmente, da melhor solubilidade deste produto e da ausência do mineral ferro na sua composição. No entanto, devido à presença de alumínio na formulação do cloreto de potássio branco, é necessário o monitoramento periódico do solo, através da análise dos seus constituintes químicos.

Sob fertirrigação por gotejamento, os dados obtidos em relação à dinâmica de nitrato no bulbo úmido apresentam, em princípio, maior tendência de migração lateral do ânion, o qual rapidamente alcança todos os pontos do bulbo (PAR/CSIC, 1999). Pela diferença de mobilidade, o balanceamento das fontes de nitrogênio é importante para os processos e interações químicos no solo. Altas concentrações de nitrato na solução do solo favorecem a absorção de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , enquanto as de amônio facilitam a absorção de fosfatos, de sulfatos e do próprio nitrato (CARRIJO et al., 1999).

A movimentação de potássio em solos argilosos quando aplicado via água de irrigação por gotejamento é preferencialmente horizontal e uniforme, devido ao movimento sempre dentro da zona de saturação do bulbo úmido (SOUSA, 2000). De acordo com ZANINI (1991), a localização do íon potássio, em profundidade, é função da intensidade de aplicação e da movimentação por fluxo de massa, principalmente em regiões tropicais (KAFKAFI e BAR-YOSEF, 1980).

As análises de maior interesse no controle das condições químicas do solo incluem a determinação da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo e do pH, bem como das concentrações dos cátions sódio, potássio, cálcio e magnésio e dos ânions cloreto, sulfato, bicarbonato e carbonato (SLAVICH e PETERSON, 1993; GHEYI et al., 1999). Para determinação da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, utiliza-se, usualmente, a preparação de uma pasta, necessitando de um volume considerável de solo. Uma alternativa que vem sendo usada com sucesso é a estimativa da condutividade elétrica do extrato da pasta saturada (CE_s) a partir da condutividade elétrica de uma suspensão solo-água, normalmente usada nas razões de 1:1, 1:2 e 1:5 (CE_{1:X}) (LIMA, 1998).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Características gerais da área experimental

Este trabalho foi realizado na Área Experimental da Agronomia, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, com altitude média de 651 m e coordenadas geográficas de 20° 45' S e 42° 51' W. A área experimental é a mesma descrita no capítulo 1.

A pesquisa foi desenvolvida de setembro de 1999 a julho de 2000, simultaneamente com os trabalhos descritos nos capítulos 1 e 2, na parcela experimental, com as características da cultura implantada, dos cultivares utilizados, do espaçamento de plantio, do manejo da cultura, do sistema de irrigação adotado e do manejo das irrigações e das fertirrigações – os mesmos descritos no item 3, Material e Métodos, dos capítulos 1 e 2.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com oito tratamentos e 10 repetições, em cada cultivar de café. Cada unidade experimental constituiu-se de uma planta.

Os tratamentos foram os seguintes:

- Tratamento 0 – Sem irrigação, com aplicação manual de adubo com nível considerado normal (caracterizado adiante) e parcelamento convencional (3 vezes no ano, novembro/janeiro/ março).
- Tratamento 1 – Idêntico ao tratamento 0, mas com irrigação.
- Tratamento 2 – Com irrigação e fertirrigação com mais 20% do nível de adubo considerado normal e parcelamento em nove vezes, seguindo-se a demanda evapotranspirativa da série histórica (caracterização adiante).
- Tratamento 3 – Com irrigação e fertirrigação com nível de adubo considerado normal e parcelamento em nove vezes, seguindo-se a demanda evapotranspirativa da série histórica.
- Tratamento 4 – Com irrigação, superando a demanda hídrica em 25%, fertirrigação com nível de adubo considerado normal e parcelamento em nove vezes, seguindo-se a demanda evapotranspirativa da série histórica.
- Tratamento 5 – Idêntico ao tratamento 3 e fertirrigação com menos 20% do nível de adubo considerado normal.
- Tratamento 6 – Idêntico ao tratamento 3 e fertirrigação com menos 40% do nível de adubo considerado normal.
- Tratamento 7 – Com irrigação e fertirrigação com nível de adubo considerado normal e parcelamento em nove vezes, seguindo-se a curva de absorção de nutrientes do cafeeiro (caracterização adiante).

As análises granulométrica e química e a curva de retenção de água no solo da área experimental estão apresentadas nos Quadros 1 e 2 e na Figura 1, respectivamente, do capítulo 1.

3.2. Análises químicas e físicas da água de irrigação

Foi coletada uma amostra da água que abastece o sistema de irrigação da área experimental em estudo para determinação das características químicas para irrigação. A amostra foi acondicionada em recipiente de vidro e enviada para o

laboratório Minimax, em Belo Horizonte, Minas Gerais, sendo avaliados pH, condutividade elétrica (CE), razão de adsorção de sódio (RAS) e os teores de Na^+ , Ca^+ , Fe^{2+} , SO_4^{-2} e HCO_3^- , conforme recomendações de BERNARDO (1995) e GHEYI et al. (1999) (Quadro 1).

Quadro 1 – Características químicas da água de irrigação da área experimental

pH	CE	RAS	Na^+	Ca^+	Fe^{2+}	SO_4^{-2}	HCO_3^-
–	dS/m	–	mmol _e /L	mmol _e /L	ppm	mmol _e /L	mmol _e /L
6,8	0,3	2,1	1,7	0,7	0,3	1,2	0,3

3.3. Análises químicas das folhas e do solo

3.3.1. Análise química das folhas

Foram realizadas duas coletas de folha para análise química nos meses de fevereiro e junho de 2000. As amostras foram obtidas em cada cultivar de café e em cada tratamento, separadamente, e consistiram de 20 folhas do terço médio das plantas e do terceiro par, da extremidade do ramo para o centro (RAIJ, 1991; MALAVOLTA, 1992). As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e enviadas para o laboratório da Cooxupé, em Guaxupé, Minas Gerais, nas quais foram estimados N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Cu, B, Zn e Fe.

3.3.2. Análise química (rotina de fertilidade) do solo

No período relativo ao experimento foram realizadas três amostragens para análises químicas. Coletaram-se 12 amostras simples em cada tratamento, na região do bulbo úmido, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, sendo obtida uma amostra composta para cada profundidade, em cada tratamento. As amostras

foram acondicionadas em sacos plásticos e enviadas para o Laboratório de Análises de Rotina de Solos da UFV, em Viçosa, Minas Gerais, onde foram realizadas as análises de pH, P, K, Ca, Mg, Al e H + Al.

3.3.3. Salinidade do solo

Em junho de 2000, depois da última fertirrigação, procedeu-se à avaliação da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo de cada tratamento. Foram coletadas quatro amostras de solo em cada tratamento, na região do bulbo úmido, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.

Para obtenção do valor-padrão da condutividade elétrica (CEes) a partir da CE_{1,5}, amostrou-se o solo em cinco pontos da área total do experimento. Em cada ponto de amostragem, coletaram-se três amostras simples, as quais foram secadas ao ar e passadas na peneira de 2 mm. A partir daí, parte da amostra foi enviada ao Laboratório de Química do Solo da UFV, onde se determinou a CEes pelo método-padrão de Richards (1954), descrito por LIMA (1998). Na outra parte da amostra, determinou-se a CE_{1,5}, semelhantemente ao procedimento descrito por LIMA (1998) e SLAVICH e PETEERSON (1993), colocando-se em um copo 40 g do solo secado ao ar e 200 ml de água destilada e agitando por dois minutos. A solução foi deixada em repouso por um período de 24 horas para decantação das partículas de solo, sendo a leitura da CE_{1,5} realizada em seguida, com o uso de um condutivímetro Tecnonon, modelo mCA-150, com a célula de contato colocada na suspensão solo/água, sempre com referência à temperatura de 25 °C. A relação entre CEes e CE_{1,5} é apresentada na Figura 1.

3.4. Análise estatística

Os resultados da condutividade elétrica do solo, por serem avaliações pontuais, foram obtidas utilizando a análise estatística qualitativa por meio do teste F e do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

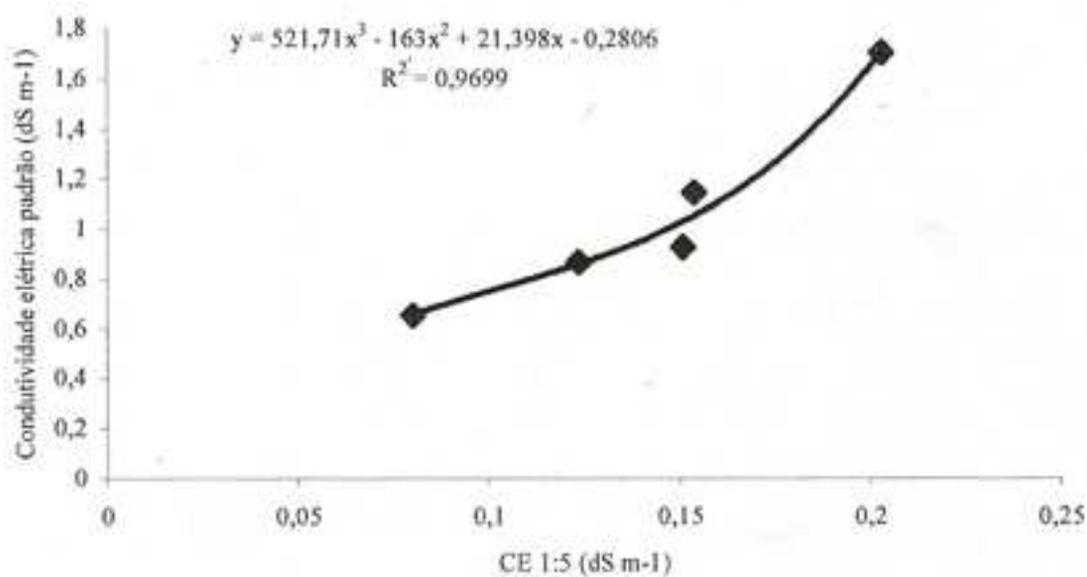


Figura 1 – Relação entre a condutividade elétrica do extrato ($CE_{1:5}$) e a do extrato de saturação do solo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Verificação do estado nutricional dos cafeeiros

Quando se aplicou nitrogênio na dosagem de 25 g/planta ao 'Catuai Vermelho' e ao 'Acaiá Cerrado', o teor desse elemento, na média dos tratamentos (Quadros 2 e 3), esteve, em alguns casos, um pouco abaixo dos níveis adequados, de acordo com MALAVOLTA (2000), em fevereiro de 2000, aproximando-se do nível ideal em junho de 2000, em razão da correção da quantidade de fertilizante aplicado para 40 g/planta em fevereiro de 2000. Portanto, os teores de N, nos dois cultivares, provavelmente não limitaram o desenvolvimento dos cafeeiros no período de estudo.

Os valores de fósforo ficaram um pouco abaixo da faixa ideal na folha, no 'Catuai', enquanto no 'Acaiá' os valores atingiram o limite inferior do nível adequado, principalmente nos tratamentos irrigados. Quando a relação N/P se mantém dentro da faixa adequada, ela estimula o desenvolvimento do sistema radicular, o que é importante para diferenciação dos primórdios geminíferos em botões florais reprodutivos, além de essencial para a boa formação de frutos e sementes (MALAVOLTA, 1986; RAIJ, 1991). Os altos teores de P nas análises de solo (Quadro 4), principalmente na avaliação de agosto de 2000, foram devidos, provavelmente, às amostragens localizadas na região da projeção da copa, onde podem ter coincidido com os locais de aplicação localizada de superfosfato simples.

Quadro 2 – Macro e micronutrientes nas folhas de cafeeiro do cultivar Catuaí Vermelho nos tratamentos considerados, em avaliações realizadas nos meses de fevereiro e junho de 2000, e os níveis adequados propostos por MALAVOLTA (2000)

Resultados das Análises Foliares no 'Catuaí Vermelho'																		
Elementos	Unid.	T0		T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		Níveis
		Fev./00	Jun./00	Adequados*														
N	g/kg	27,1	27,0	28,0	28,8	26,8	29,4	27,4	29,6	26,3	27,6	23,9	27,9	25,5	26,6	27,7	27,7	27-32
P	g/kg	1,6	1,4	1,5	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,4	1,2	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,6-2,0
K	g/kg	28,2	24,3	28,8	29,2	27,1	27,4	27,1	24,8	30,0	24,5	28,7	25,3	26,5	25,6	28,5	26,0	19-24
Ca	g/kg	9,3	12,0	7,1	7,1	7,1	8,4	7,3	7,5	7,2	6,7	6,5	7,7	6,0	7,1	7,1	7,1	10,0-14,0
Mg	g/kg	4,3	4,1	3,6	2,9	3,4	3,0	3,5	2,8	3,6	2,7	3,5	2,9	3,3	2,9	3,6	2,8	3,1-3,6
S	g/kg	1,5	1,4	1,5	1,4	1,3	1,4	1,4	1,2	1,4	1,2	1,3	1,2	1,4	1,4	1,4	1,3	1,5-2,0
Zn	mg/kg	29,7	15,8	27,7	13,4	26,7	16,2	29,6	10,5	34,4	12,2	26,9	12,9	33,9	11,6	30,7	12,6	8-16
B	mg/kg	26,1	25,2	29,4	28,5	27,8	28,8	31,7	30,0	32,3	29,6	36,2	29,5	39,7	31,2	34,4	27,7	59-80
Cu	mg/kg	32,0	60,7	24,6	44,9	24,3	68,8	24,1	43,1	39,1	58,4	23,0	74,1	40,6	53,1	32,0	61,2	8-16
Mn	mg/kg	196,3	330,9	109,6	175,9	120,1	166,3	119,2	173,8	127,0	151,8	105,1	131,5	181,1	191,3	195,5	248,7	120-210
Fe	mg/kg	75,5	108,3	48,6	115,1	63,9	121,0	59,6	103,8	86,1	93,7	59,8	97,7	51,6	91,6	59,0	93,2	90-180
N/K	-	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,2	0,9	1,1	0,8	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2-1,5
N/P	-	16,7	20,1	19,1	17,9	19,4	20,6	19,4	23,4	18,8	23,3	17,4	20,6	19,6	21,0	21,3	20,7	15-22

* Fonte: MALAVOLTA (2000).

Quadro 3 – Macro e micronutrientes nas folhas de cafeeiro do cultivar Acaia Cerrado nos tratamentos considerados, em avaliações realizadas nos meses de fevereiro e junho de 2000, e os níveis adequados propostos por MALAVOLTA (2000)

Resultados das Análises Foliares no 'Catuai Vermelho'																		
Elementos	Unid.	T0		T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		Níveis Adequados*
		Fev./00	Jun./00															
N	g/kg	25,6	28,2	28,3	31,0	28,7	32,1	27,2	30,7	28,3	32,5	27,6	30,6	26,7	31,1	30,1	30,5	27-32
P	g/kg	1,3	1,3	1,4	1,5	1,4	1,6	1,4	1,4	1,3	1,5	1,3	1,5	1,3	1,5	1,3	1,6	1,6-2,0
K	g/kg	29,0	25,6	31,9	31,3	30,8	33,3	31,8	31,9	27,9	31,3	29,3	31,4	29,2	28,1	25,7	31,5	19-24
Ca	g/kg	8,3	10,5	8,1	8,2	7,9	11,0	8,8	8,7	7,3	8,6	7,6	9,5	7,1	10,3	6,6	9,4	10,0-14,0
Mg	g/kg	3,9	3,7	3,8	3,2	3,6	3,6	4,0	3,1	3,6	3,3	3,6	3,3	3,5	3,5	3,2	3,5	3,1-3,6
S	g/kg	1,4	1,3	1,4	1,4	1,6	1,4	1,4	1,3	1,5	1,4	1,5	1,3	1,4	1,4	1,7	1,5	1,5-2,0
Zn	mg/kg	28,9	15,8	21,7	12,4	28,0	16,2	29,5	13,6	22,2	13,3	25,9	14,6	26,7	15,5	27,3	15,6	8-16
B	mg/kg	33,1	27,7	28,9	40,5	36,1	42,2	38,6	37,4	34,0	41,0	33,6	39,6	32,3	45,6	33,9	35,0	59-80
Cu	mg/kg	22,1	48,8	20,3	41,1	23,6	58,8	24,4	67,4	20,5	52,6	19,8	53,0	29,1	89,0	26,2	58,6	8-16
Mn	mg/kg	142,4	188,5	122,5	190,6	122,5	167,7	100,1	174,9	112,1	160,3	121,4	182,1	119,2	154,9	69,1	157,0	120-210
Fe	mg/kg	71,9	89,6	73,8	99,2	71,6	127,9	78,7	109,5	76,4	111,6	69,6	124,8	52,0	154,3	60,4	137,6	90-180
NK	-	0,9	1,1	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	0,9	1,1	1,0	0,9	1,2-1,5
NP	-	20,1	22,3	20,5	21,2	21,2	20,1	20,0	22,3	22,5	22,3	21,2	19,9	21,0	20,3	16,7	19,7	15-22

* Fonte: MALAVOLTA (2000).

Quadro 4 – Características químicas do solo na profundidade de 0-20 cm dentro do bulbo molhado formado pela fertirrigação, nos tratamentos considerados, em avaliações realizadas nos meses de janeiro e agosto de 2000

Elementos	Unid.	T0		T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		Níveis Adequados*
		Fev./00	Jun./00															
pH	-	6,0	5,5	5,9	5,0	6,2	5,8	6,2	5,7	5,9	5,2	5,6	5,2	5,6	5,6	7,1	5,2	5,0-6,5
P	mg/dm ³	32,0	6,1	23,5	7,1	22,8	282,6	80,1	146,2	39,6	40,7	22,8	12,7	22,8	13,5	19,3	3,1	15,1-20
K	% CTC	2,6	2,7	3,1	4,6	2,7	2,1	3,0	3,2	2,4	3,1	1,8	1,9	1,8	2,4	1,6	3,4	4,5-6,0
K	mg/dm ³	72	79	86	97	80	90	101	120	75	71	62	46	62	104	66	76	90-200
Ca ²⁺	cmol/dm ³	2,6	0,6	2,5	1,5	3,1	4,6	3,4	3,0	2,8	2,0	2,3	1,7	2,3	2,5	2,3	1,4	3,0-6,0
Mg ²⁺	cmol/dm ³	1,1	0,2	1,0	0,4	1,4	0,2	1,2	0,2	1,2	0,4	1,0	0,4	1,0	0,4	1,0	0,3	1,0-1,5
Al	cmol/dm ³	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	< 0,6
SB	cmol/dm ³	3,9	1,0	3,7	2,6	4,6	5,1	4,9	3,5	4,1	2,5	3,6	2,2	3,5	3,2	3,5	1,8	3,5-5,0
CTC (T)	cmol/dm ³	7,2	7,4	7,2	8,1	7,6	10,9	8,6	9,6	7,9	5,8	9,0	6,2	8,8	8,4	10,9	5,8	6,0-10,0
V	%	54,0	13,4	51,2	32,5	60,7	46,8	57,7	36,6	52,0	43,0	40,3	35,8	39,7	37,4	31,9	31,4	50-60

* Fonte: MALAVOLTA (2000).

Os teores de potássio no 'Catuai' ficaram, em média, pouco acima dos níveis considerados ideais para esse elemento nas folhas de cafeeiro. No entanto, os níveis de K no 'Acaia Cerrado' alcançaram valores muito altos. Esse fato foi comprovado pela baixa relação N/K, que apresentou índices médios de 1,0, enquanto a proporção ideal girou em torno de 1,5. Esses valores elevados podem, ainda, ser explicados pela correção da quantidade de K aplicado para 40 g/planta, em razão de resultados equivocados da análise foliar realizada em novembro e, posteriormente, desconsiderada no trabalho. Essa alta absorção de K ocorrida nos cafeeiros torna-se ainda mais interessante quando se observam os níveis desse elemento no solo (Quadro 4), que, em média, ficaram abaixo dos teores adequados para esse tipo de solo, apresentando uma porcentagem média em relação a CTC total de 2,6%, contra um valor ideal de 4,5 a 6% (MALAVOLTA, 1986). Esses altos valores de K nas folhas do cafeeiro podem estar vinculados à adubação de N na forma de nitrato (NO_3^-), que, ao deslocar os cátions trocáveis, como o K^+ , para a solução do solo, aumenta sua disponibilidade para as raízes (RAIJ, 1991). Soma-se a isso o fato de a aplicação do NO_3^- e K^+ via água de irrigação promover a melhoria do processo de difusão, em que ocorre a maior parte da absorção de K pelo sistema radicular do cafeeiro, principalmente na época seca do ano (MALAVOLTA et al., 1997).

Um dos problemas que advêm da alta concentração de K nas folhas é a indução da deficiência dos cátions magnésio, em maior grau, e cálcio (MALAVOLTA et al., 1997). Pode-se verificar, nos Quadros 2 e 3, que os teores dos dois elementos nas folhas dos cultivares estão abaixo dos índices adequados nos tratamentos irrigados, sendo mais expressiva a deficiência de cálcio. MALAVOLTA (1986), discutindo diversos trabalhos sobre o assunto, concluiu que a deficiência de cálcio limita enormemente a produção do cafeeiro. A disponibilidade desses elementos no solo (Quadro 4) esteve sempre abaixo do limiar inferior dos níveis considerados adequados, e mesmo com uma calagem de 1 t/ha, realizada em março de 2000, não foi suficiente para elevar os níveis de Ca e Mg no solo. Com isso, levantou-se a hipótese sobre a não-eficácia da calagem tradicional, aplicada em culturas irrigadas e fertirrigadas, em elevar os teores de Ca e Mg na região do sistema radicular e nas folhas do cafeeiro.

Com relação aos níveis de micronutrientes nas folhas, o único elemento deficiente foi o boro. Sabe-se que, entre outros efeitos, o boro é fundamental no pegamento da florada e no aumento da granação dos frutos do cafeeiro (MALAVOLTA et al., 1997).

Observando ainda o Quadro 4, verifica-se que a capacidade de troca catiônica total (CTC T) ficou, em média, dentro dos valores adequados nas duas avaliações, com valores menores na segunda, enquanto na saturação de bases (V) se reduziram os valores da primeira para a segunda avaliação, em virtude dos baixos níveis de Ca e Mg e, principalmente, do K no solo. Isso evidenciou que a relação entre a soma de bases trocáveis do solo e a CTC total diminuiu, devido ao eventual aumento da acidez potencial, refletida também no pH do solo, que se reduziu da primeira para a segunda avaliação, estando, ainda, dentro da faixa ideal para a cultura do cafeeiro.

4.2. Comparação dos teores foliares de N e K entre os tratamentos

Para avaliação dos tratamentos estudados, separaram-se, para melhor visualização, os teores foliares dos elementos nitrogênio e potássio utilizados para fertirrigação, nas duas avaliações realizadas, do 'Catuaí Vermelho' e do 'Acaiaí Cerrado'. Não foram apresentadas, ou discutidas, as avaliações referentes ao tratamento 7.

Observou-se que na primeira avaliação do nitrogênio foliar no 'Catuaí Vermelho' (Figura 2) ocorreram maiores diferenças nos tratamentos fertirrigados que receberam menores quantidades de adubo (T5 e T6), sendo obtidos teores foliares abaixo de 26 g/kg. Entre os demais tratamentos, o que apresentou melhores índices nessa avaliação foi o irrigado com adubação manualmente (T1), em virtude de as aplicações concentradas nos meses chuvosos já terem alcançado 80% do total previsto no mês de janeiro de 2000. Na segunda avaliação (junho de 2000), apesar do aumento no nível de adubação considerado normal, não ocorreu alteração dos teores de N na folha do 'Catuaí' nos tratamentos 0 e 1. No entanto, nos tratamentos 2 e 3, em que foi utilizada a técnica da fertirrigação, verificou-se

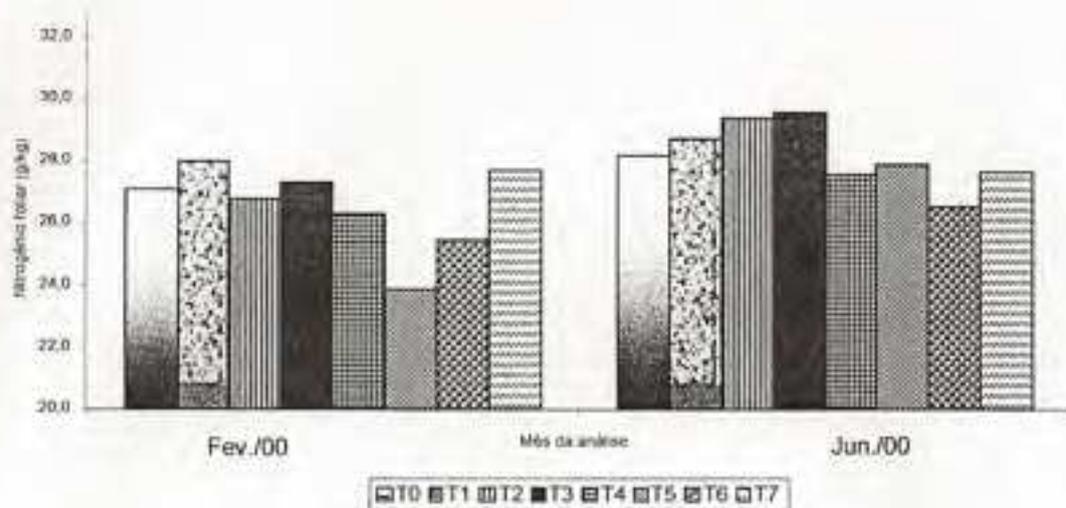


Figura 2 – Nitrogênio foliar do cafeeiro ‘Catuai Vermelho’, nos tratamentos considerados, em avaliações realizadas nos meses de fevereiro e junho de 2000.

aumento considerável dos teores foliares de N, não ocorrendo, porém, diferenças pela aplicação de quantidades diferenciadas de fertilizantes. Esse aumento pode ser explicado pelo parcelamento de nutrientes proporcionado pelo uso da fertirrigação, em que os elementos N e K foram aplicados até o mês de junho de 2000. No caso do tratamento que recebeu 20% menos de N, o teor ficou abaixo dos encontrados no T2 e T3, mas dentro da faixa considerada adequada para esse nutriente, evidenciando-se a possibilidade de redução da aplicação de N nessas condições.

No ‘Acaia Cerrado’ (Figura 3) já se observou, na primeira avaliação, que o teor de N no tratamento não-irrigado se apresentava abaixo dos demais, caracterizando baixa absorção desse nutriente numa condição de não-irrigação, neste cultivar. A resposta do ‘Acaia’ ao aumento das doses do adubo nitrogenado foi mais evidente e uniforme do que a do ‘Catuai’, como se observou na segunda avaliação (junho/00), visto que os teores de N em todos os tratamentos estavam dentro da faixa ótima, mas com índices superiores nos tratamentos irrigados. Nestes, praticamente não houve diferenças entre os tipos de adubação utilizados (manual ou fertirrigação) e entre os níveis diferenciados de fertirrigação aplicados.

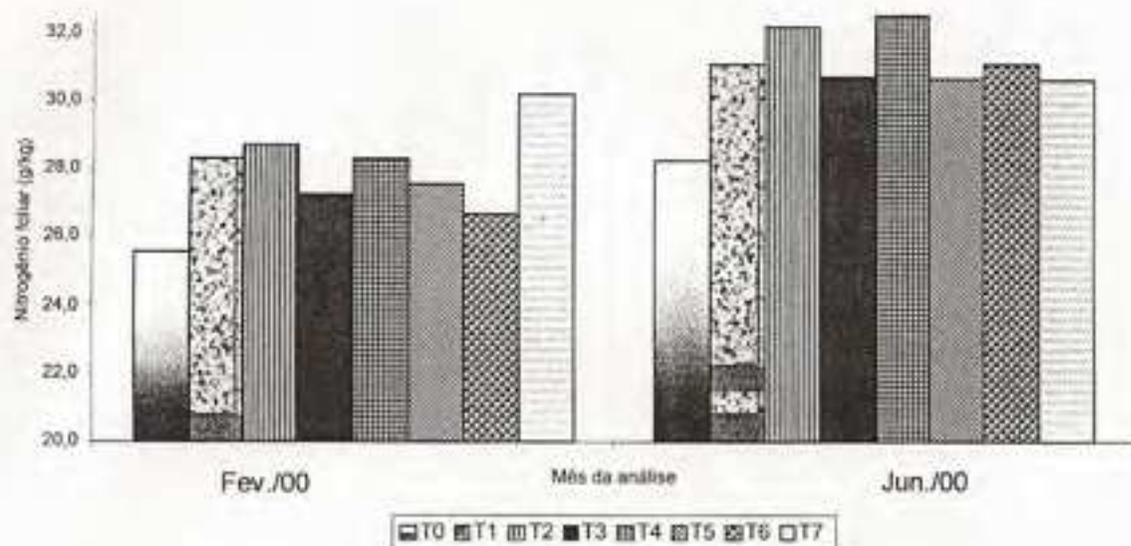


Figura 3 – Nitrogênio foliar do cafeeiro 'Acaiá Cerrado', nos tratamentos considerados, em avaliações realizadas nos meses de fevereiro e junho de 2000.

O teor de potássio foliar no 'Catuai Vermelho' e no 'Acaiá Cerrado' (Figuras 4 e 5), tanto na primeira (fev./2000) como na segunda (jun./2000) avaliação, apresentou algumas diferenças entre os tratamentos, obtendo-se teores foliares entre 24 e 33 g/kg. No entanto, esses teores já ficaram acima do nível adequado para o nutriente potássio na folha de café (MALAVOLTA, 2000), caracterizando uma recomendação de adubação com esse nutriente acima das necessidades desses cultivares de cafeeiro, durante o 9^o e o 2^o mês de crescimento.

Apesar disso, observou-se que o teor foliar de K nos tratamentos do 'Acaiá Cerrado' foi superior ao do 'Catuai Vermelho', indicando melhor capacidade ou necessidade de absorção de nutrientes pelo 'Acaiá', numa mesma condição. Pode-se teorizar, também, sobre um maior requerimento nutricional por parte das folhas do 'Acaiá Cerrado' para manutenção de suas atividades metabólicas.

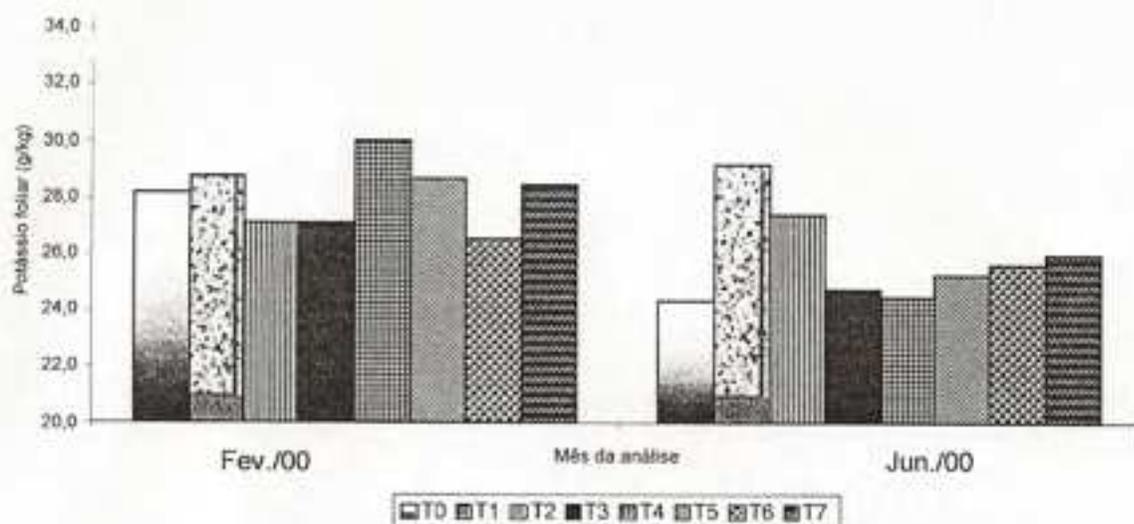


Figura 4 – Potássio foliar do cafeeiro 'Catuai Vermelho', nos tratamentos considerados, em avaliações realizadas nos meses de fevereiro e junho de 2000.

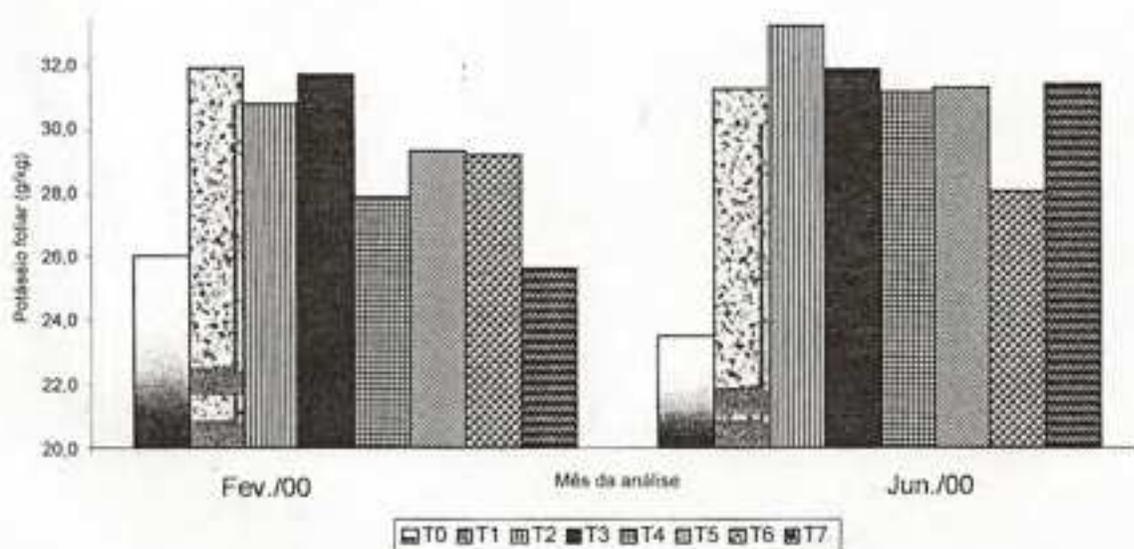


Figura 5 – Potássio foliar do cafeeiro 'Acaiá Cerrado', nos tratamentos considerados, em avaliações realizadas nos meses de fevereiro e junho de 2000.

4.3. Influência da fertirrigação na condutividade elétrica do solo

A condutividade elétrica do solo, que caracteriza sua salinidade, foi avaliada nos tratamentos conforme recomendações de LIMA (1998) (Quadro 5), para verificar os efeitos da adoção da fertirrigação, num sistema de irrigação localizada, em solos cultivados com cafeeiro.

Quadro 5 – Repetições e médias dos resultados de condutividade elétrica (CEes) nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, nos tratamentos considerados, realizadas no mês de julho de 2000

Tratam	Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação (dS m ⁻¹)											
	Repetições								Média			
	R1		R2		R3		R4		0-20 cm	20-40 cm		
T0	0,35	0,28	0,28	0,22	0,17	0,19	0,20	0,21	0,25	d	0,23	c
T1	0,31	0,31	0,22	0,24	0,26	0,17	0,26	0,24	0,26	d	0,24	c
T2	0,40	0,46	0,30	0,54	0,88	0,84	0,66	0,59	0,56	bc	0,61	a
T3	0,46	0,35	0,58	0,48	0,45	0,62	0,83	0,45	0,58	bc	0,48	ab
T4	0,70	0,71	0,84	0,77	0,26	0,51	1,00	0,85	0,70	ab	0,71	a
T5	0,42	0,56	0,44	0,51	0,37	0,58	0,53	0,39	0,44	c	0,51	ab
T6	0,58	0,61	0,44	0,34	0,28	0,40	0,36	0,39	0,42	c	0,44	b
T7	0,83	0,66	1,65	1,02	0,43	0,49	0,41	0,46	0,83	a	0,66	a

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

* C.V. para a profundidade de 0-20 cm = 53,28.

* C.V. para a profundidade de 20-40 cm = 29,97.

Verificando os resultados de CEes obtidos neste trabalho, constatou-se que nenhum dos tratamentos acarretou problemas de salinidade que pudessem comprometer o desenvolvimento dos cafeeiros, de acordo com a classificação proposta por CADAHIA (1998) (Quadro 6). Todavia, é importante considerar, com relação aos resultados obtidos, que, nos tratamentos em que os fertilizantes

Quadro 6 – Classificação dos solos quanto à salinidade

Classe de Salinidade	CE no Extrato de Saturação (dS m ⁻¹)
Não-salinos	0-2
Ligeiramente salinos	2-4
Mediamente salinos	4-8
Fortemente salinos	8-16
Extremamente salinos	>16

FONTE: CADAHIA (1998).

foram aplicados manualmente (T0 e T1), a CEes foi significativamente inferior nas profundidades do solo de 0-20 e 20-40 cm. Entre os tratamentos fertirrigados, aqueles que receberam menores quantidades de adubo (T5 e T6) apresentaram CEes intermediária, evidenciando que são as quantidades de adubo que aumentam a probabilidade da ocorrência de salinização.

Apesar de essa tendência de maior CEes nos tratamentos fertirrigados não ter, provavelmente, causado danos ao crescimento dos cafeeiros até os 20 meses de plantio, o uso continuado da fertirrigação ao longo dos anos e o aumento natural das quantidades de fertilizantes quando os cafeeiros estavam em plena produção têm surgido como alerta para o sistemático acompanhamento da CEes e do pH do solo na região do bulbo molhado, objetivando prevenir os efeitos negativos do aumento do potencial osmótico e da acidez do solo sobre o próprio solo.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Estudou-se a influência da fertirrigação na absorção de nutrientes de dois cultivares de café (*Coffea arabica* L.) em formação, o 'Catuai Vermelho' e o 'Acaiá Cerrado', assim como o efeito do tipo de aplicação de adubo nas propriedades químicas do solo. O presente trabalho realizou-se no período de setembro de 1999 a julho de 2000, na Área Experimental da Agronomia do Departamento de Fitotecnia, no "campus" da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. Os tratamentos referiram-se à aplicação ou não de água, à adubação manual ou à fertirrigação e aos níveis diferenciados de adubação via fertirrigação. Os resultados da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) foram comparados pelo teste de F e pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores foliares de nitrogênio indicaram melhor absorção desse nutriente pelo 'Acaiá Cerrado' irrigado. Os teores foliares de potássio foram muito elevados, em relação à faixa adequada deste para o cafeeiro, principalmente no 'Acaiá Cerrado', mesmo estando os teores de K no solo próximos do limiar inferior da faixa considerada ideal para o cafeeiro. Os teores de cálcio e magnésio, tanto no solo como na folha, estiveram abaixo dos valores considerados adequados.

Comparando os tratamentos estudados, o N foliar do 'Catuaí' apresentou diferenças pequenas, exceto durante a época seca do ano, quando os tratamentos fertirrigados T2 e T3 apresentaram teores mais altos desse nutriente. No 'Acaia Cerrado', a diferença mais expressiva foi em relação ao tratamento não-irrigado, que determinou menores teores foliares de N no período considerado.

Com relação ao teor de K na folha, apesar dos teores em excesso, a diferença de concentração foliar entre o tratamento não-irrigado e os tratamentos irrigados permitiu formular a hipótese do melhor aproveitamento desse elemento quando adotada a prática da fertirrigação, principalmente nos meses secos do ano.

Os teores foliares de N e K nos tratamentos aplicados ao 'Acaia Cerrado' foram superiores aos do 'Catuaí Vermelho', indicando a melhor capacidade de absorção de nutrientes deste cultivar numa mesma condição de solo.

A utilização da fertirrigação foi mais eficiente no período seco do ano, mas se igualou à aplicação manual de adubo no período chuvoso. Portanto, evidenciou-se melhor absorção de N e K, durante todo o grande período de crescimento vegetativo, quando se usou a fertirrigação, acrescida de outras vantagens associadas a essa prática, como a economia de mão-de-obra, menores perdas de fertilizantes por lixiviação e percolação profunda e flexibilidade no parcelamento dos fertilizantes durante o ano.

Não ocorreram problemas de salinização do solo nesse primeiro ano de fertirrigação. No entanto, como nos tratamentos fertirrigados houve aumento significativo da CEEs, o monitoramento dessa variável no solo deve ser adotado como forma de prevenção contra os efeitos da salinidade ao longo dos anos de fertirrigação.

RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho foi desenvolvido na Área Experimental da Agronomia do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, durante o período de setembro de 1999 a agosto de 2000, com o objetivo de determinar a evapotranspiração e a influência da irrigação e da fertirrigação nos crescimentos vegetativo e reprodutivo, assim como nos componentes da nutrição de dois cultivares de café Arábica em formação: 'Catuaí Vermelho', linhagem Catuaí Vermelho IAC 99; e 'Acaiá Cerrado', seleção MG 1454, na região de Viçosa, Minas Gerais. Para tal, o trabalho foi dividido em três partes.

Na primeira etapa, referente ao capítulo 1, objetivou-se especificamente determinar, nas condições de Viçosa, Minas Gerais, a demanda evapotranspirativa dos dois cultivares do cafeeiro Arábica em formação, sob irrigação localizada, assim como seus coeficientes de cultura, para manejo de irrigação. Para isso, foram utilizados dois métodos de determinação da evapotranspiração, a lisimetria de percolação e o balanço hídrico de campo. Além disso, foi utilizado o programa computacional SISDA 3 para estimativa da evapotranspiração e comparação com os outros métodos.

A utilização do programa computacional SISDA 3 para manejo da irrigação da cultura do cafeeiro em formação foi satisfatória, evidenciada pela

boa correlação obtida entre a disponibilidade de água no solo, determinada pelo método-padrão de estufa, e a estimada pelo referido programa. Essa eficiência do programa SISDA 3 pôde também ser comprovada pela semelhança do crescimento dos cultivares de cafeeiro estudados em um tratamento com a lâmina de irrigação recomendada pelo SISDA 3 e em outro com lâmina 25% maior.

Entre os métodos de determinação direta da evapotranspiração, observou-se boa correlação entre o gravimétrico e o TDR, principalmente no 'Acaia Cerrado'. A semelhança de valores entre os métodos diretos de determinação da E_{Tc} e os valores estimados pelo SISDA 3 exprime o bom potencial deste para o manejo da irrigação.

Os valores médios da demanda hídrica do cafeeiro até 20 meses de idade, no 'Catuai Vermelho', foram de 1,50 e 0,98 mm/dia, respectivamente nos meses de altas e baixas precipitações. No 'Acaia Cerrado', os valores de E_{Tc} obtidos foram de 1,70 e 1,10 mm/dia, nas duas estações, respectivamente, na região de Viçosa. A área foliar se caracterizou como um dos componentes qualitativos de oscilação da evapotranspiração do cafeeiro durante o ano, e o diâmetro da copa se apresentou como um dos componentes quantitativos do consumo hídrico do cafeeiro.

Os valores médios de k_c , nas condições apresentadas neste estudo, foram de 0,35 e 0,40 no 'Catuai Vermelho' e no 'Acaia Cerrado', respectivamente. Esses valores encontrados foram inferiores aos citados na literatura, mas as diferentes condições de estudo desfavoreceram a comparação dos dados. No entanto, a separação dos coeficientes k_s e k_l dos coeficientes de cultura determinados elevou esses valores aos patamares encontrados por diversos autores.

Na segunda etapa, referente ao capítulo 2, objetivou-se especificamente, do ponto de vista fitotécnico, determinar a influência da irrigação e de diferentes níveis de fertirrigação com nitrogênio e potássio nos crescimentos vegetativo e reprodutivo e na produção dos dois cultivares de cafeeiro em formação. Para tal, utilizaram-se alguns componentes de crescimentos vegetativo e reprodutivo do

cafeeiro. Os tratamentos se referiram à aplicação ou não de água, à adubação manual ou à fertirrigação e a níveis diferenciados de adubação via fertirrigação.

As tendências das curvas de crescimento não foram alteradas pela irrigação ou pela fertirrigação, ou seja, o crescimento dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos e das folhas decresceu a partir de março, quando as temperaturas mínimas começaram a diminuir. Entretanto, esse decréscimo nas taxas de crescimento não se reduziu a valores nulos nos tratamentos irrigados e fertirrigados, evidenciando a importância da água e de nutrientes para manutenção do crescimento vegetativo, mesmo nas épocas mais fria e mais seca do ano. A irrigação influenciou, positivamente, as taxas de crescimento nos dois cultivares, porém mais expressivamente do 'Acaia Cerrado'.

A adoção da prática da fertirrigação foi mais favorável às taxas de crescimento no 'Catuaí Vermelho', enquanto no 'Acaia Cerrado' essas taxas foram semelhantes às da adubação manual. A aplicação de menores quantidades de adubo via fertirrigação não diminuiu as taxas de crescimento do 'Acaia Cerrado', em relação ao tratamento com níveis normais de adubo.

A aplicação de menores quantidades de fertilizantes para um mesmo potencial produtivo e de crescimento, pela possível melhoria da eficiência de aplicação de adubo pela fertirrigação, pode ser uma das vantagens dessa prática. Porém, isso tem que ser observado com cautela, principalmente pela baixa uniformidade de aplicação de água pelos sistemas de irrigação instalados atualmente.

O parcelamento de nutrientes ao longo do ciclo do cafeeiro pode seguir a demanda evapotranspirativa mensal de referência na região produtora no período de crescimento do cafeeiro, mas avaliações durante os anos produtivos são necessárias para comprovação da eficiência desse método.

Na terceira etapa, referente ao capítulo 3, objetivou-se, especificamente, verificar a influência da irrigação e da fertirrigação na absorção de nutrientes nos dois cultivares do café Arábica e nas características químicas do solo, incluindo-se os efeitos sobre a salinidade. Essa verificação consistiu de análises foliares para quantificação dos elementos químicos essenciais e de análises químicas do

solo para determinação de seus constituintes minerais essenciais e da condutividade elétrica do extrato de saturação. Os tratamentos utilizados foram os mesmos da etapa anterior.

Os teores foliares de potássio foram muito elevados, em relação à faixa adequada deste para o cafeeiro, principalmente no 'Acaia Cerrado', mesmo estando os teores de K no solo próximos do limiar inferior da faixa considerada ideal para o cafeeiro.

Comparando os tratamentos estudados, o N foliar do 'Catuai' apresentou diferenças pequenas, exceto durante a época seca do ano, quando os tratamentos fertirrigados T2 e T3 apresentaram teores mais altos desse nutriente. No 'Acaia Cerrado', a diferença mais expressiva foi em relação ao tratamento não-irrigado, que determinou menores teores foliares de N, no período considerado.

Os teores foliares de N e K nos tratamentos aplicados ao 'Acaia Cerrado' foram superiores aos do 'Catuai Vermelho', indicando melhor capacidade de absorção de nutrientes deste cultivar numa mesma condição de solo.

A utilização da fertirrigação foi mais eficiente no período seco do ano, mas se igualou à aplicação manual de adubo no período chuvoso. Portanto, evidenciou-se melhor absorção de N e K, durante todo o grande período de crescimento vegetativo, quando foi empregada a fertirrigação, acrescida de outras vantagens associadas a essa prática, como economia de mão-de-obra, menores perdas de fertilizantes por lixiviação e percolação profunda e flexibilidade no parcelamento dos fertilizantes durante o ano.

Não ocorreram problemas de salinização do solo nesse primeiro ano de fertirrigação. No entanto, como nos tratamentos fertirrigados houve aumento significativo da CEes, o monitoramento dessa variável no solo deve ser adotado como forma de prevenção contra os efeitos da salinidade ao longo dos anos de fertirrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOUKHALED, A., ALFARO, A., SMITH, M. **Lysimeters**. Rome: FAO, 1982. 68p. (Irrigation and Drainage Paper, 39).
- ABREU, J. M. H., SÁNCHEZ, J. R. C. **Riego localizado**. Diseño agronómico, obturaciones e fertirrigación. In: CURSO INTERNACIONAL DE RIEGOS. Brasília, 1987. 194p.
- ALLEN, R. G., PRUITT, W. O., JENSEN, M. E. Environmental requirements of lysimeters. **ICID Bulletin**, v.43, n. 2, p.170-181, 1994a.
- ALLEN, R. G., SMITH, M., PERRIER, A., PEREIRA, L. S. An update for the definition of reference evapotranspiration. **ICID Bulletin**, v.43, n. 2, p.1-34, 1994b.
- ALVARENGA, A. P. **Produção e outras características de progênies de café Icatu (*Coffea* spp.), em Viçosa, MG**. Viçosa: UFV, 1991. 75p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1991.
- ALVIM, P. de T. Moisture stress as a requirement for flowering of coffee. **Science**, v. 132, n. 3423, p. 354, 1960.
- AMARAL, J. A. T. do. **Crescimento vegetativo estacional do cafeeiro e suas inter-relações com fontes de nitrogênio, fotoperíodo, fotossíntese e assimilação do nitrogênio**. Viçosa: UFV, 1991. 139p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1991.

- AMARAL, J. A. T., RENA, A. B., BARROS, R. S., FÁVARO, J. R. A., BRAGA, R. P. Influência do nitrogênio adicional na época fria sobre o crescimento do cafeeiro irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 16, Espírito Santo do Pinhal, 1990. **Trabalhos...** Espírito Santo do Pinhal: IBC, 1990. p. 23-24.
- ANDRADE, C. L. T., COELHO, E. F., COUTO, L., SILVA, E. L. Parâmetros de solo-água para a engenharia de irrigação e ambiental. In: FARIA, M. A., SILVA, E. L., VILELA, L. A. A., SILVA, A. M. (Eds.). **Manejo da Irrigação**. Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p.1-45.
- AZIZUDDIN, M., RAO, W. K., NAIK, S. A., MANJUNATH, A. N., HARIYAPPA, N. Drip irrigation: effect on *C. arabica* var. cauvery (catimor). **Indian Coffee**, v. 58, n. 12, p. 3-8, 1994.
- BARROS, R. S., MAESTRI, M. Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo de café (*Coffea arabica* L.). **Revista Ceres**, v. 21, n. 116, p. 268-279, 1974.
- BARROS, R. S., MAESTRI, M., COONS, M. P. The physiology of flowering in coffee. A review. **Journal of Coffee Research**, v.8, p. 29-73, 1978.
- BARROS, R. B., MAESTRI, M., VIEIRA, M., BRAGA FILHO, L. J. Determinação da área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. "Bourbon Amarelo"). **Revista Ceres**, v.20, n.107, p.44-52, 1973.
- BARROS, R. B., MOTA, J. W. S., DA MATTA, F. M., MAESTRI, M. Decline of vegetative growth in *Coffea arabica* L. in relation to leaf temperature, water potential and somatal conductance. **Field Crops Research**, v. 54, p. 65-72, 1997.
- BERNARDO, S. Manejo racional da irrigação. **ITEM - Irrigação e Tecnologia Moderna**, n. 36, p. 25-26, 1989.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1995. 596p.
- BOMAN, B. J. Fertigation versus conventional fertilization of flatwoods grapefruit. **Fertilizer Research**, n. 44, p.123-128, 1996.
- BONOMO, R. **Análise da irrigação na cafeicultura em áreas de cerrado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1999. 224p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.

- CADAHÍA, C. **Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales**. Madrid: Ediciones Mundi Prensa, 1998. 475p.
- CALDWELL, A. C., MURPHY, L. S., TUCKER, B. B., WIESE, R. A., ZUBRISKI, J. C. Roundtable irrigation-fertigation. **Crop Soils**, v. 29, p.14-21, 1977.
- CANNELL, M. G. R. Effects of irrigation, mulch and N-fertilizers on yield components of Arabica coffee in Kenya. **Explorer Agriculture**, n. 9, p. 225-232, 1973.
- CARELLI, M. L. C., FAHL, J. I. Distribuição da assimilação de nitrato e de matéria seca em plantas jovens de café cultivadas em diferentes níveis de nitrogênio. **Bragantia**, v. 1, n. 50, p. 29-37, 1991.
- CARRIJO, O. A., SILVA, W. L. C., MAROELLI, W. A., SILVA, H. R. Tendências e desafios da fertirrigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 1999. p. 155-169.
- CASSIDY, D. M. S., KUMAR, D. Root distribution of *Coffea arabica* L. in Zimbabwe: I - The effect of plant density, mulch, cova planting and shade in Chimpinge. **Zimbabwe Journal of Agricultural Research**, v. 22, p.119-132, 1984.
- CHANG, J. **Climate and agriculture**. 2. ed. Chicago: Aldine Publishing Company, 1971. 296p.
- CHAVES, J. C. D. **Concentração de nutrientes nos frutos e folhas e exportação de nutrientes pela colheita durante um ciclo produtivo do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuai)**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1982. 131p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, 1982.
- CLOWES, M. ST. J. Drip irrigation on coffee. **Zimbabwe Agricultural Journal**, v. 81, n. 6, 1984.
- CLOWES, M. St. J., WILSON, J. H. Physiological factors influencing irrigation management of coffee in Rhodesia. **Rhodesia Agricultural Journal**, n. 71, p. 53-55, 1974.

- COELHO, A. M. Fertigação. In: COSTA, E. F., VIEIRA, R. F., VIANA, P. A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via água de irrigação**. Brasília: EMBRAPA, 1994. p. 201-227.
- CORREIA, J. B., GARCIA, A. W. R., COSTA, P. C. da. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuai. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, Poços de Caldas, 1983. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p. 177-183.
- COSTA, L. C. Agrometeorologia. In: MANTOVANI, E. C., COSTA, L. C. (Eds.). **WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE MANEJO INTEGRADO DAS CULTURAS E RECURSOS HÍDRICOS, 1. Resumos...** Brasília, 1998. p. 3-21.
- CRISOSTO, C. H., GRANTZ, D. A., MEINZER, F. C. Effects of water deficit on flower opening in coffee (*Coffea arabica* L.). **Tree Physiology**, n.10, p.127-139, 1992.
- DALTON, F. N. Development of time-domain reflectometry for measuring soil water content and bulk soil electrical conductivity. In: TOPP, G. C. et al. (Eds.). **ADVANCES IN MEASUREMENTS OF SOIL PHYSICAL PROPERTIES: BRINGING THEORY INTO PRACTICE. SSSA Special publication**, Madison, WI, 1992. p. 143-167.
- DALTON, F. N., HERKELRATH, W. N., RAWLINS, D. S., RHOADES, J. D. Time-domain reflectometry: simultaneous measurement of soil water content and electrical conductivity with a single probe. **Science**, v. 224, p. 989-990, 1984.
- DA MATTA, F. M., AMARAL, J. A. T., RENA, A. B. Growth periodicity in trees of *Coffea arabica* L. in relation to nitrogen supply and nitrate reductase activity. **Field Crops Research**, n. 60, p. 223-229, 1999.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992. 84p.
- DIRKSEN, C., DASBERG, S. Improved calibration of time domain reflectometry soil water content measurements. **Soil Science Society of American Journal**, v.57, p.660-667, 1993.
- DOORENBOS, J., KASSAN, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193p. (FAO Irrigation and Drainage, 33).

- DOORENBOS, J., PRUITT, J. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179p. (FAO Irrigation and Drainage, 24).
- DRINNAN, J. E., MENZEL, C. M. Synchronization of anthesis and enhancement of vegetative growth in coffee (*Coffea arabica* L.) following water stress during floral initiation. **Journal of Horticultural Science**, v. 69, n. 5, p. 841-849, 1994.
- DRINNAN, J. E., MENZEL, C. M. Temperature affects on growth and flowering of coffee (*Coffea arabica* L.). **Journal of Horticultural Science**, v. 70, n. 1, p. 25-34, 1995.
- FACCIOLI, G. G. Estações meteorológicas automáticas e instrumentos de vigilância eletrônica ao alcance de todos. In: MANTOVANI, E. C., COSTA, L. C. (Eds.). WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE MANEJO INTEGRADO DAS CULTURAS E RECURSOS HÍDRICOS, 1. **Resumos...** Brasília, 1998. p. 141-153.
- FEIGIN, A., LETEY, J., JARREL, W. M. Nitrogen utilization efficiency by drip irrigated celery receiving preplant or water applied N fertilizer. **Agronomy Journal**, v.72, p. 978-983, 1982.
- FERNANDES, A. C., OLIVEIRA FILHO, D., PEREIRA, S. Determinação da umidade do solo via reflectometria no domínio do tempo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, Poços de Caldas, 1998. **Anais...** Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. v. 2, p. 326-328.
- FIGUEREDO, J. P., SANTINATO, R., SILVA, O. A., CAMARGO, A. P. Irrigação por gotejamento na formação do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 7, Araxá, 1979. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1979. p. 384.
- FISHER, N. M., BROWNING, G. Some effects of irrigation and plant density on the water relations of high density coffee (*Coffea arabica* L.) in Kenya. **Journal of Horticultural Science**, v. 54, n.1, p.13-22, 1979.
- FRIZZONE, J. A., BOTREL, T. A., NETO, D. D. **Aplicação de fertilizantes via água de irrigação**. Piracicaba: ESALQ, 1994. 35p. (Série Didática n. 8).
- GATHAARA, M. P. H., KIARA, J. M. Density and fertilizer requirements of the compact and disease resistant arabica coffee. **Kenya Coffee**, v. 55, n. 646, p. 907-910, 1990.

- GERVÁSIO, E. S., LIMA, L. A. Efeito de diferentes lâminas de água no desenvolvimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em fase inicial de formação da lavoura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 68-74, 1998.
- GHEYI, H. R., MEDEIROS, J. F., SOUZA, J. R. A qualidade da água de irrigação. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 1999. p. 237-265.
- GOMIDE, R. L., SEDYIAMA, G. C. Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: FARIA, M. A., SILVA, E. L., VILELA, L. A. A., SILVA, A. M. (Eds.). **Manejo da irrigação**. Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p.133-238.
- GOPAL, R., REDDY, A. G. S., RAMAIAH, P. K. Effect of drip irrigation on flowering, fruit set retention and yield of *Coffea canephora* sub var. "Robusta" cv. S.274. A preliminary study. **Indian Coffee**, v. 56, n. 11, p. 9-13, 1992.
- GOTO, W. S. Fertirrigação com produtos hidrossolúveis. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 1999. p. 321-334.
- GUIMARÃES, P. T. G. **Respostas do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv Catuaí) à adubação mineral e orgânica em solos de baixa fertilidade do sul de Minas Gerais**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1986. 140p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, 1986.
- GUTIÉRREZ, M. V., MEINZER, F. C. Estimating water use and irrigation requirements of coffee in Hawaii. **Journal of American Society of Horticulture Science**, v. 119, n. 3, p.652-657, 1994.
- HAGIN, J., TICKER, B. **Fertilization of dryland and irrigated soils**. New York: Springer-Verlag, 1982. 188p.
- HAYNES, R. J., SWIFT, R. S. Effect of trickle fertigation with three forms of nitrogen on soil pH, levels of extractable nutrients below the emitter and plant growth. **Plant Soil**, v. 102, p. 211-221, 1987.
- HEIMOVAARA, T. J. Design of triple-wire time-domain reflectometry probes in practice and theory. **Soil Science Society of American Journal**, v. 57, p.1410-1417, 1993.

- JENSEN, M. E., BURMAN, R. D., ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: ASCE, 1990. 332p. (Manual and reports on engineering practice, 70).
- KAFKAFI, U., BAR-YOSEF, B. Trickle irrigation and fertilization of tomatoes in highly calcareous soils. *Agronomy Journal*, v. 72, p. 893-897, 1980.
- KALIL, A. J. B. **Comparação entre a adubação nitrogenada via fertirrigação por gotejamento e a aplicação convencional na produtividade da alface (*Lactuca sativa* L.)**. Viçosa: UFV, 1992. 60p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1992.
- KELLER, J., BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990. 649p.
- KLEIN, I. SPIELER, G. Fertigation of apples with nitrate or ammonium nitrogen under drip irrigation. I. Tree performance. *Communication in Soil Science Plant Analysis*, v. 18, n. 3, p. 311-322, 1987.
- KUMAR, D. Some aspects of plant-water-nutrient relationships in *Coffea arabica* L. *Kenya Coffee*, v. 44, n. 517, p. 15-21, 1979.
- LIMA, V. L. A. de. **Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de lisímetro de drenagem**. Viçosa: UFV, 1998. 87p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- LOPÉZ, R. J., ABREU, J. M. H., REGALO, A. P., HERNÁNDEZ, J. F. **Riego localizado**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1992. 205p.
- MAGALHAES, A. C., ANGELOCCI, L. R. Sudden alterations in water balance associated with flower bud opening in coffee plants. *Journal of Horticultural Science*, n. 51, p.419-423, 1976.
- MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e adubação do cafeeiro – Passado, presente e perspectivas. In: MALAVOLTA, E., YAMADA, T., GUIDOLIN, J. A. (Coords.). **Nutrição e adubação do cafeeiro**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato e Instituto Internacioanal da Potassa, 1983. p. 138-171.
- MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A. B., MALAVOLTA, E., ROCHA, M., YAMADA, T. (Eds.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p.165-264.

- MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas: amostragem, interpretação e sugestões de adubação.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1992. 127p.
- MALAVOLTA, E. **Nutrição e adubação do cafeeiro.** Piracicaba: CENA/USP, 1995. 48p.
- MALAVOLTA, E. **História do café no Brasil: agronomia, agricultura e comercialização.** São Paulo: Ceres, 2000. 464p.
- MALAVOLTA, E., MOREIRA, A. **Nutrição e adubação do cafeeiro adensado.** In: PAVAN, M. A., CHAVES, J. C. D., SIQUEIRA, R., ANDROCIO FILHO, A. **Cultura do cafeeiro: o sistema de plantio adensado e a melhoria da fertilidade do solo.** Piracicaba: POTAFÓS. 1997. p. 1-8. (Informações Agronômicas, n.80).
- MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MANTOVANI, E. C. **Desarrollo y evaluación de modelos para el manejo del riego: estimación de la evapotranspiración y efectos de la uniformidad de aplicación del riego sobre la producción de los cultivos.** Córdoba: ETSIA, Depto. Agronomía, 1993. 184p. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Córdoba, 1993.
- MANTOVANI, E. C. **Gerenciamento e manejo da irrigação.** In: CURSO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTADO DE PROJETOS HIDROAGRÍCOLAS. Módulo 08. Brasília: ABEAS, 1996. 75p.
- MANTOVANI, E. C. **Atuação do núcleo de cafeicultura irrigada.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 1, 1998, Araguari. **Palestras e Resumos...** Uberlândia: UFU/DEAGO, 1998. p.21-26.
- MANTOVANI, E. C. **A irrigação do cafeeiro.** **ITEM - Irrigação e Tecnologia Moderna**, n. 48, p. 45-49, 2000.
- MARIMUTHU, R., IRUTHAYARAJ, M. R. **Studies on the impact of irrigation at different leaf water potential on physiological and growth parameters in two coffee cultivars.** **Journal of Coffee Research**, v. 24, n. 1, p. 23-31, 1994.

- MATIELLO, J. B. **O café - do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 320p.
- MATIELLO, J. B., GARCIA, A. W. R., MARTINS, M., SANTINATO, R., OLIVEIRA, J. A., PINHEIRO, R. Níveis de adubação NPK em cafeeiros Mundo Novo e Catuaí, com 1 e 2 mudas por cova. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 10, Poços de Caldas, 1983. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p.333-335.
- MELLO, A. C. A. de. **Efeito do dossel vegetativo na estimativa do consumo de água e coeficiente de cultura da ervilha (*Pisum sativum* L.)**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1992. 75p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, 1986.
- MOTA, J. W. S. **Fatores associados à queda sazonal do crescimento do cafeeiro arábico em Viçosa – MG**. Viçosa: UFV, 1988. 68p. Tese (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- NEILSEN, G. H., HOYT, P. B., NEILSEN, D. Soil chemical changes associated with NP-fertigated and drip irrigated high-density apple orchards. **Canadian Journal of Soil Science**, n.75, p.307-310, 1995.
- NOGUEIRA, F. D., LIMA, L. A., GUIMARÃES, P. T. G. Fertirrigação no Cafeeiro. **Informe Agropecuário**, v. 19, n. 193, p 82 - 91, 1998.
- OTTO, S. R. L. Curva de retenção de água no solo: método do TDR-tensiômetro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, Poços de Caldas, 1998. **Anais...** Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. v. 2, p. 70-72.
- PALANIAPPAN, S. Growth and nutrient accumulation in young *Coffea liberica* plants. **Café Cacao Thé**, v. 37, n. 4, p. 303-312, 1993.
- PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 1999. p. 11-67.
- PAR/CSIC. **Plan de modernización de los regadíos tradicionales de mula**. 1999. In: <http://par.cebas.csci.es/par.htm>
- PEREIRA, H. C. Field measurements of water use for irrigation control in Kenya coffee. **Journal of Agricultural Science**, v. 49, n. 4, p. 459-466, 1957.

- PEREIRA, L. S., ADAIXO, M. S. Lysimeter-based evapotranspiration research in Portugal. **ICID Bulletin**, v. 43, n. 2, p.142-150, 1994.
- PEREIRA, A. A., SAKYIAMA, N. S. Cultivares melhoradas de café Arábica. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **I Encontro sobre produção de café com qualidade**. Viçosa: UFV/DFP, 1999. p. 241-257.
- PINTO, J. M., SOARES, J. M., CHOUDHURY, E. N., PEREIRA, J. R., CHOUDHURY, M. M. Efeitos de períodos e frequências de fertirrigação na cultura do melão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9, 1992, Natal. **Anais...** Fortaleza: ABID, 1992. p.701-714.
- RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, POTAFOS, 1991. 343p.
- RATLEGE, G. Fertigation and chemigation: pumps make it all possible. **Irrigation Journal**, v. 38, n. 3, p.32-36, 1988.
- RENA, A. B. **Adubação de inverno no cafeeiro**. Lavras: EPAMIG, 2000. 2p. (EPAMIG – Circular técnica, n. 120).
- RENA, A. B., FÁVARO, J. R. A. Nutrição do cafeeiro via folha. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade**. Viçosa: UFV/DFP, 2000. p.149-208.
- RENA, A. B., GUIMARÃES, P. T. G. **Sistema radicular do cafeeiro: estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. 80p. (EPAMIG – Série documentos, n. 37).
- RENA, A. B., MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B., MALAVOLTA, E., ROCHA, M., YAMADA, T. (Eds.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p.13-85.
- RENA, A. B., MAESTRI, M. Relações hídricas no cafeeiro. **ITEM - Irrigação e Tecnologia Moderna**, n. 48, p. 34-41, 2000.
- RICE, R. C., BOWNAM, R. S., JAYNES, D. B. Percolation of water below on irrigation field. **Soil Science Society of American Journal**, v. 76, p. 649-654, 1986.

- RIVERA, R. Densidad de plantación y aprovechamiento del fertilizante nitrogenado en el cultivo del café, variedad Caturra, sobre suelos ferralíticos rojos compactados. **Cultivos Tropicales**, v. 12, n. 3, p. 5-8, 1991.
- RODRIGUES, L. N. **Análise e teste do modelo de Ritchie: estudo de caso para a determinação da evapotranspiração do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado**. Viçosa: UFV, 1996. 78p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- SAMPAIO, S. C., FARIA, M. A. de, LIMA, L. A., OLIVEIRA, M. S. de. Fertirrigação simulada em linhas de gotejadores. **Revista Engenharia Rural**, v. 7, n. 1, p. 50-61, 1996.
- SANTINATO, R., FERNANDES, A. L. T., FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. São Paulo: ARBORE, 1997. 46p.
- SANTINATO, R., MATSUBARA, E., PARRA, M. P., ROSSI, L. A., PEREIRA, E. M. Eficácia da adubação líquida N/K₂O em cafeeiros em produção – 1^o biênio 93/94. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 20, Vitória, 1994. **Resumos...** Rio de Janeiro: MAARA/PROCAFÉ, 1994. p. 83-86.
- SCHMIDT, M. V. V. **Características hidráulicas do tubogotejador "Queen Gil"**. Viçosa: UFV, 1995. 43p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração: necessidade de água para as plantas cultivadas**. In: CURSO DE ENGENHARIA E MANEJO DE IRRIGAÇÃO. Módulo 2. Brasília: ABEAS, 1996. 173p.
- SEDIYAMA, G. C., RIBEIRO, A., LEAL, B. G. Relações clima-água-planta. In: FARIA, M. A., SILVA, E. L., VILELA, L. A. A., SILVA, A. M. (Eds.). **Manejo da Irrigação**. Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p.46-85.
- SILVA, A. M., FARIA, M. A., REZENDE, F. C., SORICE, L. S. D., SOUZA, T. A., COELHO, G., ROCHA, J. M. Avaliação do efeito da irrigação e da fertirrigação sobre a uniformidade de maturação e produtividade da cultura do café (*Coffea arabica* L.) cv. Catuai. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 1, 1998, Araguari. **Palestras e Resumos...** Uberlândia: UFU/DEAGO, 1998. p.61-68.

- SILVA, E. L. Determinação automática do teor de água em latossolo roxo distrófico com uso de reflectometria de onda. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, Poços de Caldas, 1998. **Anais...** Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. v. 1, p. 154-156.
- SLAVICH, P. G., PETERSON, G. H. Estimating an electrical conductivity of saturated paste extracts from 1:5 soil: water suspensions and texture. **Australian Journal of Soil Research**, v. 31, n. 1, p. 73-81, 1993.
- SMITH, M., SEGEREN, A., PEREIRA, L. S., PERRIER, A., ALLEN, R. **Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guideline for predictions of crop water requirements**. Rome: FAO, 1991. 45p.
- SOUSA, V. F., COELHO, E. F., FOLEGATTI, M. V., ARAÚJO, W. F., ALENCAR, C. M. Efeito de diferentes doses de nitrogênio e potássio aplicadas via água de irrigação no melociro amarelo. In: WORKSHOP DE FERTIRRIGAÇÃO, 1, 1999, Piracicaba. **Resumos...** Piracicaba: DER/ESALQ/USP, 1999. p.21-22.
- SOUSA, V. F. **Manejo de água e nutrientes em cultivos intensivos**. In: SIMPÓSIO DE FERTIRRIGAÇÃO, 1, Vitória: SEEA, 2000. 54p. (Separata).
- TARJUELO, J. M., DE JUAN, J. A., VALIENTE, M., GARCÍA, P. Model for optimal cropping patterns within the farm based on crop water production functions and irrigation uniformity. II: a case study of irrigation scheduling in Albacete, Spain. **Agriculture Water Management**, n. 31, p. 145-163, 1996.
- TESHA, A. J., KUMAR, D. Effects of soil moisture, potassium and nitrogen on mineral absorption and growth of *Coffea arabica* L. **Turrialba**, v. 29, n. 3, p. 213-218, 1979.
- THREADGILL, E.D. Chemigation via sprinkler irrigation: current status and future development. **Applied Engineering in Agriculture**, v.1, n.1, p.16-23, 1985.
- TOPP, G. C., DAVIS, J. L., ANNAN, A. P. Electromagnetic determination of soil water content: measurement in coaxial transmission lines. **Water Resources Research**, v. 16, p. 574-582, 1980.

- TOPP, G. C. The application of time-domain reflectometry (TDR) to soil water content measurement. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MEASUREMENT OF SOIL AND PLANT WATER STATUS. **Proceedings...** Logan: UT, 1987. p. 85-93.
- TRASE. **Operating instructions for model 6050X1** – Version 2000. Soilmoisture Equipment Corp, Goleta - Califórnia. sd. In: <http://www.soilmoisture.com>.
- VASUDEVA, N., GOPAL, N. H. Studies on leaf growth. V: the life-span of coffee leaves in south India. **Indian Coffee**, v. 39, n. 6, p. 171-174, 1975.
- VASUDEVA, N., GOPAL, N. H., RAMAIAH, P. K. Studies on leaf growth. IV: influence of environmental factors on leaf growth in arabica coffee. **Journal of Coffee Research**, v. 3, n. 4, p. 80-88, 1973.
- VIANELLO, R. L., ALVES, A. R. **Meteorologia básica e suas aplicações**. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1991. 449p.
- VIEIRA, R. F. Introdução à quimigação. In: COSTA, E. F., VIEIRA, R. F., VIANA, P. A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via água de irrigação**. Brasília: EMBRAPA, 1994. p. 13-40.
- VILLAS BÔAS, R. L., BÚLL, L. T., FERNANDES, D. Fertilizantes em fertirrigação. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 1999. p. 293-320.
- VERMEIREN, L., JOBLING, G. A. **Irrigação localizada**. Tradução de GHEYI, H. R., DAMASCENO, F. A. V., SILVA J. R., L. G. A., MEDEIROS, J. F. Campina Grande: UFPB, 1997. 184p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 36).
- WINSTON, E. C., LITTLEMORE, J., SCUDAMORE-SMITH, P., O'FARREL, P. J., WIFFEN, D., DOOGAN, V. J. Effects of nitrogen and potassium on growth and yield of coffee (*Coffea arabica* L.) in tropical Queensland. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 32, n. 2, p. 217-224, 1992.
- WORLEY, R. E., MULLINIX, B. G. Fertigation and leaf analysis reduce nitrogen requirements of pecans. **HortTechnology**, v. 6, n. 4, p. 401-405, 1996.

- ZAMORA, E., SANCHEZ, Y. Calculo de las necesidades hidricas del cafeto en Cuba, mediante metodos de simulacion. **Ciencias del Suelo, Riego y Mecanizacion**, v. 2, n. 1, p. 29-40, 1992.
- ZANINI, J. R. Distribuição de água e de ion K^+ no solo, aplicados por fertirrigação em gotejamento. I – Formação do bulbo molhado (1ª parte). **ITEM – Irrigação e Tecnologia Moderna**, n. 45, p. 13-24, 1991.
- ZANINI, J. R., OLIVEIRA, J. C., PAVANI, L. C., PEDROSO, P. A., VALIM, M. R. **Efeitos da irrigação no desenvolvimento vegetativo de cafeeiros novos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 23, Campinas: SBEA, 1994. 30p. (Separata).

APÊNDICES

APÊNDICE A

Quadro 1A – Valores do coeficiente dependente da umidade (ks) e do coeficiente de correção para irrigação localizada (kl) durante os meses, extraídos do programa computacional SISDA 3

Data	Ks	kl	Data	Ks	kl	Data	Ks	kl
14/09/99	0,21	0,41	19/10/99	1,00	0,41	23/11/99	1,00	0,46
15/09/99	0,21	0,41	20/10/99	1,00	0,41	24/11/99	1,00	0,46
16/09/99	0,21	0,41	21/10/99	1,00	0,42	25/11/99	1,00	0,46
17/09/99	1,00	0,41	22/10/99	1,00	0,42	26/11/99	1,00	0,47
18/09/99	0,99	0,41	23/10/99	1,00	0,42	27/11/99	1,00	0,47
19/09/99	0,98	0,41	24/10/99	0,97	0,42	28/11/99	1,00	0,47
20/09/99	0,97	0,41	25/10/99	0,93	0,42	29/11/99	1,00	0,47
21/09/99	0,95	0,41	26/10/99	0,97	0,42	30/11/99	0,97	0,47
22/09/99	1,00	0,41	27/10/99	1,00	0,42	01/12/99	0,94	0,47
23/09/99	1,00	0,41	28/10/99	1,00	0,43	02/12/99	0,92	0,47
24/09/99	0,99	0,41	29/10/99	1,00	0,43	03/12/99	0,98	0,48
25/09/99	0,97	0,41	30/10/99	0,98	0,43	04/12/99	0,97	0,48
26/09/99	0,96	0,41	31/10/99	0,96	0,43	05/12/99	1,00	0,48
27/09/99	0,94	0,41	01/11/99	0,94	0,43	06/12/99	1,00	0,48
28/09/99	0,92	0,41	02/11/99	0,92	0,43	07/12/99	1,00	0,48
29/09/99	1,00	0,41	03/11/99	0,89	0,43	08/12/99	1,00	0,48
30/09/99	0,98	0,41	04/11/99	1,00	0,44	09/12/99	1,00	0,48
01/10/99	1,00	0,41	05/11/99	0,96	0,44	10/12/99	1,00	0,49
02/10/99	1,00	0,41	06/11/99	0,93	0,44	11/12/99	0,97	0,49
03/10/99	0,98	0,41	07/11/99	1,00	0,44	12/12/99	1,00	0,49
04/10/99	0,97	0,41	08/11/99	1,00	0,44	13/12/99	1,00	0,49
05/10/99	1,00	0,41	09/11/99	1,00	0,44	14/12/99	1,00	0,49
06/10/99	0,99	0,41	10/11/99	0,99	0,44	15/12/99	1,00	0,49
07/10/99	0,98	0,41	11/11/99	1,00	0,44	16/12/99	0,99	0,49
08/10/99	1,00	0,41	12/11/99	0,99	0,45	17/12/99	0,95	0,49
09/10/99	0,98	0,41	13/11/99	1,00	0,45	18/12/99	0,90	0,49
10/10/99	0,96	0,41	14/11/99	1,00	0,45	19/12/99	0,86	0,49
11/10/99	0,94	0,41	15/11/99	1,00	0,45	20/12/99	1,00	0,49
12/10/99	0,93	0,41	16/11/99	1,00	0,45	21/12/99	0,98	0,49
13/10/99	0,91	0,41	17/11/99	0,98	0,45	22/12/99	1,00	0,49
14/10/99	1,00	0,41	18/11/99	0,96	0,45	23/12/99	0,97	0,49
15/10/99	0,97	0,41	19/11/99	0,95	0,46	24/12/99	1,00	0,49
16/10/99	0,94	0,41	20/11/99	0,98	0,46	25/12/99	0,98	0,49
17/10/99	1,00	0,41	21/11/99	1,00	0,46	26/12/99	0,95	0,49
18/10/99	1,00	0,41	22/11/99	1,00	0,46	27/12/99	0,90	0,49

Continua...

Quadro 1A, Cont.

Data	Ks	kl	Data	Ks	kl	Data	Ks	kl
28/12/99	0,86	0,49	01/02/00	1,00	0,52	07/03/00	0,86	0,57
29/12/99	1,00	0,49	02/02/00	1,00	0,52	08/03/00	0,83	0,57
30/12/99	0,97	0,49	03/02/00	0,96	0,52	09/03/00	1,00	0,57
31/12/99	0,94	0,49	04/02/00	0,90	0,52	10/03/00	0,99	0,57
01/01/00	0,93	0,49	05/02/00	1,00	0,52	11/03/00	1,00	0,57
02/01/00	1,00	0,49	06/02/00	0,99	0,52	12/03/00	1,00	0,57
03/01/00	1,00	0,49	07/02/00	1,00	0,52	13/03/00	1,00	0,57
04/01/00	1,00	0,49	08/02/00	1,00	0,53	14/03/00	0,96	0,58
05/01/00	0,96	0,49	09/02/00	1,00	0,53	15/03/00	0,92	0,58
06/01/00	0,96	0,49	10/02/00	1,00	0,53	16/03/00	1,00	0,58
07/01/00	0,99	0,49	11/02/00	0,95	0,53	17/03/00	1,00	0,58
08/01/00	0,96	0,49	12/02/00	0,91	0,53	18/03/00	1,00	0,58
09/01/00	0,92	0,49	13/02/00	0,86	0,53	19/03/00	1,00	0,58
10/01/00	0,75	0,49	14/02/00	0,83	0,53	20/03/00	1,00	0,58
11/01/00	0,69	0,49	15/02/00	0,98	0,54	21/03/00	0,97	0,59
12/01/00	0,63	0,49	16/02/00	0,93	0,54	22/03/00	0,92	0,59
13/01/00	0,88	0,49	17/02/00	0,93	0,54	23/03/00	0,88	0,59
14/01/00	0,94	0,49	18/02/00	1,00	0,54	24/03/00	1,00	0,59
15/01/00	0,90	0,49	19/02/00	0,97	0,54	25/03/00	0,96	0,59
16/01/00	1,00	0,49	20/02/00	0,93	0,54	26/03/00	1,00	0,59
17/01/00	1,00	0,50	21/02/00	0,89	0,54	27/03/00	0,96	0,59
18/01/00	1,00	0,50	22/02/00	1,00	0,55	28/03/00	0,91	0,60
19/01/00	0,96	0,50	23/02/00	0,95	0,55	29/03/00	0,87	0,60
20/01/00	1,00	0,50	24/02/00	0,90	0,55	30/03/00	1,00	0,60
21/01/00	1,00	0,50	25/02/00	0,85	0,55	31/03/00	0,96	0,60
22/01/00	1,00	0,50	26/02/00	1,00	0,55	01/04/00	0,91	0,60
23/01/00	0,96	0,50	27/02/00	0,95	0,55	02/04/00	0,87	0,60
24/01/00	0,91	0,51	28/02/00	0,90	0,55	03/04/00	0,84	0,60
25/01/00	1,00	0,51	29/02/00	0,85	0,56	04/04/00	0,81	0,61
26/01/00	0,97	0,51	01/03/00	0,96	0,56	05/04/00	1,00	0,61
27/01/00	1,00	0,51	02/03/00	1,00	0,56	06/04/00	0,96	0,61
28/01/00	1,00	0,51	03/03/00	0,96	0,56	07/04/00	0,98	0,61
29/01/00	1,00	0,51	04/03/00	1,00	0,56	08/04/00	0,94	0,61
30/01/00	1,00	0,51	05/03/00	0,96	0,56	09/04/00	0,90	0,61
31/01/00	1,00	0,51	06/03/00	0,91	0,56	10/04/00	0,85	0,61
11/04/00	1,00	0,61	26/05/00	0,84	0,68	10/07/00	0,79	0,70
12/04/00	0,96	0,62	27/05/00	1,00	0,68	11/07/00	0,75	0,70
13/04/00	0,93	0,62	28/05/00	0,96	0,68	12/07/00	0,72	0,70
14/04/00	0,89	0,62	29/05/00	0,92	0,68	13/07/00	0,68	0,70
15/04/00	1,00	0,62	30/05/00	0,88	0,68	14/07/00	0,65	0,70
16/04/00	0,97	0,62	31/05/00	0,85	0,68	15/07/00	0,86	0,70
17/04/00	0,94	0,62	01/06/00	0,81	0,69	16/07/00	0,82	0,70
18/04/00	0,90	0,62	02/06/00	0,89	0,69	17/07/00	0,82	0,70

Continua...

Quadro 1A, Cont.

Data	Ks	kl	Data	Ks	kl	Data	Ks	kl
19/04/00	0,86	0,63	03/06/00	0,88	0,69	18/07/00	0,79	0,70
20/04/00	0,82	0,63	04/06/00	0,85	0,69	19/07/00	0,76	0,70
21/04/00	1,00	0,63	05/06/00	0,82	0,69	20/07/00	0,73	0,70
22/04/00	0,96	0,63	06/06/00	0,79	0,69	21/07/00	0,71	0,70
23/04/00	1,00	0,63	07/06/00	0,77	0,69	22/07/00	0,93	0,70
24/04/00	0,97	0,63	08/06/00	0,79	0,70	23/07/00	0,90	0,70
25/04/00	0,93	0,63	09/06/00	0,93	0,70	24/07/00	0,86	0,70
26/04/00	0,91	0,64	10/06/00	0,89	0,70	25/07/00	0,84	0,70
27/04/00	0,87	0,64	11/06/00	0,86	0,70	26/07/00	0,82	0,70
28/04/00	0,98	0,64	12/06/00	0,82	0,70	27/07/00	0,79	0,70
29/04/00	0,94	0,64	13/06/00	0,78	0,70	28/07/00	0,76	0,70
30/04/00	0,91	0,64	14/06/00	0,75	0,70	29/07/00	0,72	0,70
01/05/00	0,97	0,64	15/06/00	0,71	0,70	30/07/00	0,69	0,70
02/05/00	0,93	0,64	16/06/00	0,68	0,70	31/07/00	0,66	0,70
03/05/00	0,90	0,65	17/06/00	0,64	0,70	01/08/00	0,83	0,70
04/05/00	0,87	0,65	18/06/00	0,60	0,70	02/08/00	1,00	0,70
05/05/00	0,99	0,65	19/06/00	0,57	0,70	03/08/00	0,97	0,70
06/05/00	0,96	0,65	20/06/00	0,53	0,70	04/08/00	0,93	0,70
07/05/00	0,93	0,65	21/06/00	0,88	0,70	05/08/00	0,96	0,70
08/05/00	0,89	0,65	22/06/00	0,84	0,70	06/08/00	0,92	0,70
09/05/00	0,86	0,65	23/06/00	0,81	0,70	07/08/00	0,89	0,70
10/05/00	1,00	0,66	24/06/00	0,78	0,70	08/08/00	0,84	0,70
11/05/00	1,00	0,66	25/06/00	0,75	0,70	09/08/00	0,78	0,70
12/05/00	0,98	0,66	26/06/00	0,73	0,70	10/08/00	0,73	0,70
13/05/00	0,95	0,66	27/06/00	0,70	0,70	11/08/00	0,68	0,70
14/05/00	0,91	0,66	28/06/00	0,66	0,70	12/08/00	0,63	0,70
15/05/00	0,88	0,66	29/06/00	0,85	0,70	13/08/00	0,60	0,70
16/05/00	1,00	0,66	30/06/00	0,83	0,70	14/08/00	0,55	0,70
17/05/00	0,96	0,67	01/07/00	0,80	0,70	15/08/00	0,51	0,70
18/05/00	0,92	0,67	02/07/00	0,78	0,70	16/08/00	0,77	0,70
19/05/00	0,88	0,67	03/07/00	0,75	0,70	17/08/00	0,73	0,70
20/05/00	0,84	0,67	04/07/00	1,00	0,70	18/08/00	0,71	0,70
21/05/00	1,00	0,67	05/07/00	0,96	0,70	19/08/00	0,77	0,70
22/05/00	0,98	0,67	06/07/00	0,93	0,70	20/08/00	0,74	0,70
23/05/00	0,95	0,67	07/07/00	0,90	0,70	21/08/00	0,71	0,70
24/05/00	0,91	0,68	08/07/00	0,86	0,70	22/08/00	0,67	0,70
25/05/00	0,88	0,68	09/07/00	0,83	0,70	23/08/00	0,63	0,70

APÊNDICE B

Quadro 1B – Resumo da análise de variância de pegamento inicial dos botões florais, nos tratamentos avaliados, do ‘Catuaí Vermelho’

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Tratamentos	7	1927,2	275,3	2,045	0,0630
Repetições	9	613,5	68,1	0,506	ns
Resíduos	63	8481,6	134,6		
C.V.			18,26		

Quadro 2B – Resumo da análise de variância de pegamento final dos botões florais, nos tratamentos avaliados, do ‘Catuaí Vermelho’

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Tratamentos	7	3493,6	499,1	3,022	0,00839
Repetições	9	731,6	81,3	0,492	ns
Resíduos	63	10405,2	165,2		
C.V.			22,41		

Quadro 3B – Resumo da análise de variância de pegamento inicial dos botões florais, nos tratamentos avaliados, do ‘Acaiá Cerrado’

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Tratamentos	7	592,1	84,6	1,449	0,2018
Repetições	9	575,2	63,9	1,095	0,3792
Resíduos	63	3676,3	58,3		
C.V.			12,46		

Quadro 4B – Resumo da análise de variância de pegamento final dos botões florais, nos tratamentos avaliados, do ‘Acaiá Cerrado’

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Tratamentos	7	333,6	47,7	0,863	ns
Repetições	9	757,1	84,1	1,524	0,1592
Resíduos	63	3478,3	55,2		
C.V.			13,46		

Quadro 5B – Resumo da análise de variância de peso de 100 frutos de café “cereja”, nos tratamentos avaliados, do ‘Catuai Vermelho’

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Tratamentos	7	2262,7	323,3	1,744	0,1149
Repetições	9	2404,8	267,2	1,442	0,1899
Resíduos	63	11677,4	182,4		
C.V.			8,43		

Quadro 6B – Resumo da análise de variância de volume de 100 frutos de café “cereja”, nos tratamentos avaliados, do ‘Catuai Vermelho’

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Tratamentos	7	14232,4	2033,2	3,010	0,0086
Repetições	9	6729,6	747,7	1,107	0,3711
Resíduos	63	42553,7	675,5		
C.V.			9,18		

Quadro 7B – Resumo da análise de variância de peso de 100 frutos de café beneficiado, nos tratamentos avaliados, do ‘Catuai Vermelho’

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Tratamentos	7	792,1	113,2	19,604	0,0000
Repetições	9	70,5	7,83	1,358	0,2266
Resíduos	63	363,7	5,77		
C.V.			8,24		

Quadro 8B – Resumo da análise de variância de rendimento de café “cereja”/beneficiado, nos tratamentos avaliados, do ‘Catuai Vermelho’

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Tratamentos	7	74,35	10,62	2,617	0,0194
Repetições	9	23,55	2,61	0,645	ns
Resíduos	63	255,6	4,06		
C.V.			11,24		

Quadro 9B – Resumo da análise de variância do peso de 100 frutos de café “cereja”, nos tratamentos avaliados, do ‘Acaiá Cerrado’

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Tratamentos	7	4045,2	577,9	3,585	0,0026
Repetições	9	990,3	110,0	0,683	ns
Resíduos	63	10155,2	161,2		
C.V.			7,19		

Quadro 10B – Resumo da análise de variância de volume de 100 frutos de café “cereja”, nos tratamentos avaliados, do ‘Acaiá Cerrado’

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Tratamentos	7	9715,4	1387,9	2,438	0,0287
Repetições	9	3891,0	432,3	0,756	ns
Resíduos	63	36005,3	571,5		
C.V.			7,79		

Quadro 11B – Resumo da análise de variância de peso de 100 frutos de café beneficiado, nos tratamentos avaliados, do ‘Acaiá Cerrado’

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Tratamentos	7	614,6	87,8	23,505	0,0000
Repetições	9	23,8	2,64	0,707	ns
Resíduos	63	235,3	3,73		
C.V.			7,27		

Quadro 12B – Resumo da análise de variância do rendimento de café “cereja”/beneficiado, nos tratamentos avaliados, do ‘Acaia Cerrado’

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Tratamentos	7	295,1	42,16	6,462	0,0000
Repetições	9	49,70	5,52	0,846	ns
Resíduos	63	411,10	6,52		
C.V.			16,72		

APÊNDICE C

Quadro 1C – Resumo da análise de variância de condutividade elétrica (CEes),
na profundidade de 0-20 cm, nos tratamentos avaliados

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Tratamentos	7	1,1538	0,1648	2,279	0,06809
Repetições	3	0,1789	0,6966	0,825	ns
Resíduos	21	1,5187	0,7232		
C.V.			53,28		

Quadro 2C – Resumo da análise de variância de condutividade elétrica (CEes),
na profundidade de 20-40 cm, nos tratamentos avaliados

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Tratamentos	7	0,9047	0,1292	6,181	0,00052
Repetições	3	0,1950	0,6500	0,311	ns
Resíduos	21	0,4391	0,2091		
C.V.			29,97		