

ADILSON RODRIGUES SOARES

**IRRIGAÇÃO, FERTIRRIGAÇÃO, FISIOLOGIA E PRODUÇÃO EM
CAFEIROS ADULTOS NA REGIÃO DA ZONA DA MATA DE
MINAS GERAIS**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2001

ADILSON RODRIGUES SOARES

**IRRIGAÇÃO, FERTIRRIGAÇÃO, FISIOLOGIA E PRODUÇÃO EM
CAFEIROS ADULTOS NA REGIÃO DA ZONA DA MATA DE
MINAS GERAIS**

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

APROVADA: 13 de agosto de 2001.

Prof. Alemar Braga Rena
(Conselheiro)

Prof. Márcio Mota Ramos

Prof. Robson Bonomo

Dr. Antônio de Pádua Alvarenga

Prof. Everardo Chartuni Mantovani
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus

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

Ao meu orientador e companheiro, Everardo Chartuni Mantovani, pelo apoio, pelo incentivo e pelos conhecimentos transmitidos.

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

À minha esposa, Sandra, e aos meus filhos, Bruno e Bárbara, pelo carinho, pelo apoio e pela compreensão nas horas difíceis.

Aos meus pais, Osvaldo Rodrigues Soares e Maria Alves Soares, e aos meus irmãos e cunhados, pelo incentivo, pela amizade e pelo apoio.

Ao professor Alemar Braga Rena, pelo convívio, pelos ensinamentos e pela assistência durante os trabalhos.

Ao professor Antônio Alves Soares, pela colaboração, pelo companheirismo e pela amizade.

Aos professores Robson Bonomo e Márcio Motta Ramos, e o pesquisador Dr. Antônio Alvarenga de Pádua, pelos ensinamentos e pela colaboração.

Ao empresário Paulo Márcio Fontes, proprietário da Fazenda Laje, e aos seus funcionários Adir, Joaquim, Geraldo e Sebastião, pelo apoio no decorrer do experimento.

A COOXUPÉ na pessoa da Doutora Maria Helena pela realização das análises químicas realizadas em seu laboratório.

Aos colegas Rafael Batista de Oliveira, Élio Almeida Cordeiro e Dr. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas, pela colaboração nos trabalhos de campo e pelo companheirismo.

Aos meus amigos do Projeto Café, Luís Otávio, Rodrigo, Marconi Batista, Adjalma França e Gustavo Haddad, pelo incentivo e pela colaboração.

Aos amigos da pós-graduação, Gregório Faccioli, Carlos Pereira, Edson Vieira, Ricardo Amorim, Geraldo Magela, Patrícia Queiroz, Cléia Macedo, Salomão Medeiros e Roberta Gonçalves, pela convivência diária, pela troca de conhecimentos e pela amizade sincera.

Aos funcionários do DEA, Chicão, Edna, Marcos, Galinari, Chiquinho, Juvercindo e Zé Mauro, pela colaboração e amizade.

A todos os colegas que, de uma maneira ou de outra, contribuíram para o bom andamento deste trabalho.

BIOGRAFIA

ADILSON RODRIGUES SOARES, filho de Osvaldo Rodrigues Soares e Maria Alves Soares, nasceu em 15 de setembro de 1964, em Capitólio-MG.

Em 1990, iniciou o Curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, graduando-se em julho de 1995.

De julho de 1995 a março de 1998, trabalhou como gerente da Fazenda Diamantina de Santo Antônio, em São Sebastião do Paraíso-MG, onde a principal atividade é a cafeicultura.

Em abril de 1998, iniciou o Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Engenharia Agrícola, no Departamento de Engenharia Agrícola no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, com área de concentração em Irrigação e Drenagem, submetendo-se à defesa de tese em 13 de agosto de 2001.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1	3
AVALIAÇÃO DO EFEITO DA IRRIGAÇÃO E DA FERTIRRI- GAÇÃO COM DISTINTAS FONTES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO NA PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO	3
1. INTRODUÇÃO	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1. Fertirrigação no cafeeiro.....	6
2.2. Vantagens e desvantagens da fertirrigação	7
2.3. Efeito da fertirrigação no cafeeiro.....	8
2.4. Fertilizantes utilizados na fertirrigação	9
2.5. O manejo da umidade do solo	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Características da área experimental	13
3.2. O manejo da irrigação.....	14

3.3. Características do solo	15
3.4. Caracterização dos tratamentos	16
3.5. Avaliação da cultura.....	19
	Página
3.6. Análise estatística.....	19
3.7. Uniformidade de aplicação de água.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1. Manejo da irrigação.....	22
4.2. Efeito da fertirrigação no entupimento do sistema de irrigação.....	24
4.3. Efeito dos fertilizantes no crescimento vegetativo do cafeeiro.....	25
4.4. Efeito dos fertilizantes na produtividade do cafeeiro	28
4.5. Análise comparativa entre os custos dos produtos utilizados na fertirrigação.....	32
5. RESUMO E CONCLUSÕES	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
CAPÍTULO 2	41
ESTUDO DO EFEITO DO DÉFICE HÍDRICO E DOS FATORES CLIMÁTICOS NA UNIFORMIDADE DA FLORADA DO CAFEIEIRO	41
1. INTRODUÇÃO	41
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	44
3. MATERIAL E MÉTODOS	48
3.1. Características da área experimental	48
3.2. A cultura	49
3.3. O manejo da irrigação.....	39
3.4. Obtenção dos dados meteorológicos	50
3.5. Tratamentos experimentais.....	50
3.6. Avaliação das floradas e do pagamento de frutos	51
3.7. Potencial hídrico foliar.....	51
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
4.1. Efeito do déficit hídrico sobre a quebra da dormência na floração do cafeeiro	53
4.2. Efeito da queda de temperatura e do déficit de pressão de vapor sobre a retomada do crescimento do botão e a antese.....	61
5. RESUMO E CONCLUSÕES	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
APÊNDICES	70
APÊNDICE A.....	71

LISTA DE QUADROS

	Página
CAPÍTULO 1	
1 Principais fertilizantes utilizados em fertirrigação, apresentando suas fórmulas, composição química e solubilidade à temperatura de 20 °C	10
2 Composição granulométrica, classificação textural e densidade aparente do solo da área experimental	15
3 Resultado da análise química do solo (rotina de fertilidade) realizada antes no início do experimento, em agosto de 1999	15
4 Valores de retenção de água (% umidade em peso) para distintos níveis de tensão de água no solo, para a área experimental	16
5 Fórmulas comerciais de uréia, cloreto de potássio, nitrato de potássio, nitrato de cálcio e hidran-plus (NPK) utilizadas no experimento e suas respectivas concentrações de nutriente e solubilidade em água, à temperatura de 20 °C	18
6 Quantidade dos nutrientes N e K ₂ O fornecidos mensalmente nos tratamentos de fertirrigação, em gramas, por planta.....	19
7 Valores do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) por setores para as três avaliações realizadas, na implantação (15/9/1999), após a primeira colheita (10/6/2000) e após a segunda colheita.....	25

	Página
8 Números de pares de folhas, de entrenós emitidos e porcentagem de retenção foliar para os anos 2000 e 2001	26
9 Teste F para os parâmetros de crescimento vegetativo entre os contrastes estabelecidos	27
10 Produtividade em sacas (60 kg) de café beneficiadas por hectare e rendimento porcentual em kg de café em coco para kg de café beneficiado (12% de umidade), para os tratamentos aplicados durante os anos de 2000 e 2001.....	29
11 Teste F para os parâmetros de produtividade em sacas (60 kg) por hectare e rendimento porcentual em kg de café em coco (12% de umidade), para os anos 2000 e 2001, e média entre estes anos para os contrastes estabelecidos	31
12 Custos das composições de fórmulas utilizadas na adubação e fertirrigação, em R\$/ha, para os diferentes tratamentos de fertirrigação e porcentagem em relação ao produto de menor custo (preços de julho de 2001)	33

CAPÍTULO 2

1 Macro e micronutrientes nas folhas do cafeeiro, obtidos em junho de 2000, início do experimento.....	49
2 Valores de potencial hídrico foliar de antemanhã (Ψ_{am}) e déficit de água no solo, em mm (δ)	54
3 Número médio de botões emitidos por tratamentos em três floradas	59
4 Número médio de botões emitidos, média de frutos colhidos por ramo e porcentagem de pegamento de frutos	60

APÊNDICE A

1A Valores diários de Kc, KI, Ks, Eto, Etc, temperatura máxima (t X0, temperatura média, temperatura mínima (tmin), horas de sol, velocidade do vento (Vv) e umidade relativa (Ur)	71
2A Valores de umidade dos solos estimados pelo <i>software</i> SISDA e valores determinados pelo método-padrão de estufa.....	81
3A Valores do quadrado médio para os parâmetros de produtividade entre os contrastes estabelecidos	82

	Página
4A Valores do quadrado médio para os parâmetros de crescimento entre os contrastes estabelecidos	83

APÊNDICE B

1B Análise de variância florada ocorrida em 9/9/2001.....	84
2B Análise de variância florada ocorrida em 5/10/2001	84
3B Análise de variância florada ocorrida em 9/11/2001	84

LISTA DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO 1	
1 Curvas de retenção de água no solo e suas respectivas equações de regressão, para as profundidades de 0-20 cm (a), 20-40 cm (b) e 40-60 cm (c), para o solo da área experimental	17
2 Comparação entre os valores de umidade do solo (% em peso) estimados pelo SISDA e os medidos em campo pelo método-padrão de estufa, para a profundidade de 0 - 60 cm	23
3 Variação da umidade do solo para os tratamentos irrigados para o período de 1º/9/1999 a 1º/5/2001.....	23
4 Variação da umidade do solo para o tratamento não-irrigado, para o período de 1º/9/1999 a 1º/5/2001.....	24
5 Comparação entre a precipitação média mensal medida durante o experimento e os valores médios históricos para a região de Viçosa.....	30
CAPÍTULO 2	
1 Estádios de desenvolvimento do botão floral do cafeeiro	52
2 Valores de distribuição das chuvas durante a condução do experimento	54

	Página
3 Valores de precipitação, déficit de água no solo, umidade do solo e porcentagem de flores emitidas para o tratamento não-irrigado	55
4 Valores de precipitação, déficit de água no solo, umidade do solo e porcentagem de flores emitidas para o tratamento irrigado plenamente	55
5 Valores de precipitação, déficit de água no solo, umidade do solo e porcentagem de flores emitidas para o tratamento déficit por 30 dias (junho)	56
6 Valores de precipitação, déficit de água no solo, umidade do solo e porcentagem de flores emitidas para o tratamento déficit por 60 dias (junho/julho).....	56
7 Valores de precipitação, déficit de água no solo, umidade do solo e porcentagem de flores emitidas para o tratamento déficit por 30 dias (julho)	57
8 Valores de precipitação, déficit de água no solo, umidade do solo e porcentagem de flores emitidas para o tratamento déficit por 60 dias (julho/agosto)	57
9 Variações de temperatura durante as precipitações que desencadearam a primeira florada (9/9/2001).....	61
10 Variações de temperatura durante as precipitações que desencadearam a segunda florada (5/10/2000)	62
11 Variações de temperatura durante as precipitações que desencadearam a terceira florada (9/11/2001).....	64
12 Variações do déficit pressão vapor durante as precipitações que desencadearam as três floradas (9/9, 5/10 e 9/11 /2001)	64

RESUMO

SOARES, Adilson Rodrigues, M.S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2001. **Irrigação, fertirrigação, fisiologia e produção em cafeeiros adultos na região da Zona da Mata de Minas Gerais.** Orientador: Everardo Chartuni Mantovani. Conselheiros: Alemar Braga Rena e Antônio Alves Soares.

A cafeicultura é uma atividade de grande importância na economia brasileira, contribuindo de forma significativa para a balança comercial do país. A cafeicultura irrigada ocupa uma área significativa e necessita de informações que possibilitem o seu desenvolvimento. Este trabalho foi desenvolvido na fazenda Laje, localizada em Viçosa-MG, no período de setembro de 1999 a maio 2001, com cafeeiros adultos com oito anos de plantio, no estande de 3.330 plantas por hectare, irrigados por gotejamento, como parte do Projeto “Implantação de Áreas de Observação e Pesquisa em Cafeicultura Irrigada”, do Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (UFV/EMBRAPA). O trabalho foi desenvolvido em duas etapas: na primeira avaliou-se o efeito da irrigação e da fertirrigação no desenvolvimento e na produtividade do cafeeiro, e na segunda avaliou-se o efeito do déficit hídrico, expresso como potencial hídrico de antemanhã (Ψ_{am}), na abertura floral do cafeeiro. Os resultados de dois anos de acompanhamento experimental, relacionados à aplicação de água e

nutrientes, permitem concluir que a irrigação proporcionou produtividade média de 79 sacas beneficiadas (60 kg) por hectare, o que corresponde a um aumento de 64% em relação ao tratamento não-irrigado, sendo as médias de precipitação no período, similares a média histórica, porém com distribuição distinta do padrão médio da região. A fertirrigação não proporcionou problemas de entupimento dos emissores, não afetando a uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação por gotejamento, e também não proporcionou diferenças estatísticas significativas na produtividade da cultura devido à fonte de nutriente utilizada, embora o custo dos produtos apresentados tenha variado em até 428%. No estudo do efeito do estresse hídrico, observou-se que não houve quebra da dormência dos botões florais pelo efeito do déficit aplicado, mesmo para potenciais de -0,8, -1,2 e -1,9 MPa, após 30, 63 e 90 dias, respectivamente. Nas condições edafoclimáticas observadas na condução do experimento, a quebra da dormência dos botões florais ocorreu somente em função da queda brusca de temperatura após a ocorrência de precipitações, mesmo com potencial da folha de -0,2 MPa.

ABSTRACT

SOARES, Adilson Rodrigues, M.S., Universidade Federal de Viçosa, august 2001. **Irrigation, Fertigation, Fisiology and Production For Adult Plant Coffee in Zona da Mata Region of the State of Minas Gerais** Advisor: Everardo Chartuni Mantovani. Committee members: Alemar Braga Rena and Antônio Alves Soares.

The coffee crop is a very important activity for the Brazilian economy, contributing significantly for the country budget. The irrigated coffee agriculture occupies a significant hole in this scenario, therefore researches to increase quality and yield should be developed. The research was developed in the "Laje" farm, located in Viçosa, State of Minas Gerais, from September 1999 to May 2001, in an eight year old drip irrigated field coffee, with 3,330 plants per hectare, as part of the Coffee Development and Research National Program. The average precipitation during the experiment was approximately equal the historical one, although with a different distribution. In the first phase of the project, the effects of irrigation and fertirrigation over the development and yield of coffee plants were evaluated. The following sources of nutrients were used in the fertirrigation plots: nitrate potassium, nitrate calcium, hidran-plus, potassium chloride e urea. The yield on the irrigated plot was 4,740 Kg/ha, that was 64% higher then the non irrigated one. Irrigation system in the fertirrigation plots presented no clogging problems. There was no statistical difference between the yield in the

fertiirrigated and the irrigated plots with conventional fertilizers application. The influence of the water deficit, expressed as the leaf water potential of the morning-before over the coffee plant blooming was also evaluated. The plant blooming was not affected for the water deficit, even for the day-before leaf water potentials of -0.8, -1.2 and -1.9 MPa, after 30, 63 and 90 days without irrigation, respectively. For the conditions of soil and climate of the region, the plant blooming occurred due to the drop in the temperature after rain, independently of the leaf water potential.

1. INTRODUÇÃO

O café representa mais da metade da receita com as exportações totais para 30% dos países produtores e para os demais países, cerca de 25%. Embora a produção ocorra em um grande número de países, apenas dez produziram 74% de todo o café comercializado no mundo, na safra 1997/1998. Na América do Sul, os dois maiores produtores são o Brasil, com 22,4% da produção mundial e 23,1% das exportações, e a Colômbia, com 11,4% da produção mundial e 14% das exportações, em 1998. No Brasil, o Estado de Minas Gerais é atualmente o maior produtor, com cerca de 40% da área plantada e 55% da produção.

Nos últimos anos, tem-se observado uma grande expansão das fronteiras cafeeiras no Brasil, o que vem exigindo maiores informações técnicas relacionadas ao manejo, que proporcionem maior produtividade e melhor qualidade final do produto, resultando assim em maiores lucros. Insere-se nestas novas técnicas o papel da irrigação e da fertirrigação como insumos voltados aos reais objetivos anteriormente descritos.

A cafeicultura brasileira tem se desenvolvido em regiões onde não ocorre deficiência hídrica nos períodos críticos da cultura. Porém, com os avanços das pesquisas tecnológicas, a agricultura moderna dispõe de tecnologia apropriada para tornar aptas para a cafeicultura regiões onde o regime pluviométrico era considerado inapto à cafeicultura, como o cerrado mineiro, o oeste da baiano e o cerrado de goiano. Até mesmo em regiões

como a Mogiana paulista e Sul de Minas, onde não se utilizava a irrigação, hoje ela já é prática comum para os cafeicultores, por causa da grande variabilidade climática nessas regiões, o que pode aumentar o risco de perdas na safra.

Este trabalho é parte integrante do Projeto “Implantação de Áreas de Observação e Pesquisa em Cafeicultura Irrigada”, financiado pelo PNP&D-Café-UFV/EMBRAPA, que tem por objetivos o manejo e o desenvolvimento de tecnologias para lavouras irrigadas e a comparação técnico-econômica entre os cafeeiros irrigados e não-irrigados.

A aplicação de fertilizantes via água de irrigação (fertirrigação) tem se tornado uma das principais práticas na cafeicultura irrigada, potencializando a produtividade e a qualidade final do produto, com economia de mão-de-obra, de máquinas e de insumos.

O Capítulo 1 deste trabalho teve como objetivos avaliar o desenvolvimento vegetativo e a produtividade do cafeeiro sob aplicação de diferentes formulações de fertilizantes, que apresentam em suas composições nitrogênio e potássio, sendo elas aplicadas via fertirrigação e adubação convencional; e avaliar o desempenho do sistema de irrigação por gotejamento, com relação a entupimentos dos emissores, com o uso de diferentes fórmulas de nitrogênio e potássio aplicadas via fertirrigação.

Um fator importante e polêmico relacionado à irrigação do cafeeiro é a discutida necessidade de um déficit hídrico, para a quebra de dormência do botão floral e a posterior abertura das flores. O déficit ideal para que ocorra a uniformização da florada, sem causar danos à produção, ainda não está bem estabelecido, necessitando, portanto, de mais pesquisas.

O Capítulo 2 deste trabalho teve como objetivo obter informações que possam auxiliar no conhecimento das relações existentes entre o déficit hídrico, expresso como potencial hídrico de antemanhã (Ψ_{am}), e a abertura floral do cafeeiro.

Um melhor conhecimento das causas da ocorrência e interrupção da dormência dos botões florais do cafeeiro é de grande utilidade na seleção de áreas adequadas à cultura de café, como também na aplicação da irrigação no momento certo, uniformizando as floradas e, conseqüentemente, a colheita.

CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DO EFEITO DA IRRIGAÇÃO E DA FERTIRRIGAÇÃO COM DISTINTAS FONTES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO NA PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura irrigada é uma realidade em várias regiões brasileiras, principalmente em virtude da grande competitividade dos sistemas de irrigação modernos, associada a uma nova visão empresarial do processo produtivo, em que a rentabilidade está relacionada a pontos fundamentais como altas produtividades, qualidade final do produto e redução dos riscos do sistema de produção.

Na Zona da Mata de Minas Gerais, o regime de chuvas, na sua maioria, é favorável à cultura e ao desenvolvimento do cafeeiro, não apresentando déficit hídrico limitante, com exceção em anos atípicos, e a irrigação tem sido utilizada com o intuito de suprir eventuais défices hídricos nos períodos críticos do desenvolvimento vegetativo da cultura, bem como no período de floração e enchimento de grãos (BARROS e BARBOSA, 2000).

BERNARDO (1995) relatou que a escolha de qualquer sistema de irrigação depende de vários fatores, como tipo de solo, topografia, tamanho

da área, fatores climáticos, manejo a ser feito na cultura, déficit hídrico e custo de implantação do sistema. Deve ser considerada, também, a eficiência em que esse sistema trabalha.

A irrigação do cafeeiro tem sido preferencialmente realizada com o uso de sistemas pressurizados por aspersão ou localizada. Inclusive, deve-se destacar que o marco do início da irrigação pressurizada no Brasil, na década de 50, ocorreu no Estado de São Paulo, com a cultura do café. Dentre os sistemas de irrigação destacam-se a irrigação por aspersão convencional (média pressão e canhão hidráulico), o autopropelido, o pivô central e o gotejamento (MANTOVANI, 2000).

Nos últimos anos, a irrigação por gotejamento vem apresentando uma expansão significativa na cultura do cafeeiro, devido à sua adaptação à cultura, apresentando, por um lado, maior custo por unidade de área e, por outro, economia de água, energia e mão-de-obra e facilidade para o uso da fertirrigação.

O grande potencial de expansão da irrigação por gotejamento está associado às possibilidades de alta uniformidade de aplicação da água, à elevada eficiência de irrigação, à baixa perda por percolação e por evaporação, ao bom controle do volume de água a ser aplicada em cada irrigação, à adaptação a diferentes tipos de solo e topografia, à possibilidade de utilização de água salina ou em solos salinos e à possibilidade de aplicação de fertilizantes diluídos na água (SCHMIDT, 1995).

Um importante aspecto que tem sido considerado na implantação de cultivos de café irrigado é a associação do atendimento das necessidades hídricas da cultura do café à utilização da fertirrigação (aplicação de nutrientes via água de irrigação). VIEIRA e BONOMO (2000) afirmaram que para obter sucesso na fertirrigação é essencial que a distribuição de água na lavoura tenha alta uniformidade. Pelo fato de a fertirrigação poder ser realizada em todos os sistemas de irrigação, os autores ressaltam que a qualidade da água, a uniformidade de distribuição de água, o tipo de fertilizante utilizado e a mobilidade dos nutrientes no solo devem ser analisados caso a caso.

ABREU et al. (1987) mencionaram que a prática da fertirrigação não é exclusiva dos sistemas de irrigação localizada. Entretanto, neste 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.

Na fertirrigação por gotejamento, PAPADOPOULOS (1999) relatou que a absorção do fertilizante nitrogenado foi superior a 80%, enquanto na adubação convencional raramente excedeu 50%. O autor ressaltou ainda que, para a melhoria dessa tecnologia, é necessário realizar pesquisas que possibilitem maior eficiência na utilização da água e dos fertilizantes.

Assim, o sucesso das aplicações de nutrientes via água de irrigação está intimamente ligado aos fatores que irão determinar o nível de uniformidade da aplicação de água e fertilizantes. Para alcançar tal sucesso, é preciso levar em conta o dimensionamento hidráulico, a manutenção e a distribuição adequada do sistema de irrigação no campo.

Considerando a importância de estudos que possam auxiliar no conhecimento de temas relacionados à irrigação e fertirrigação do cafeeiro, foi proposto este trabalho, que teve por objetivo geral avaliar o efeito da água e do fertilizante (fórmula e forma de aplicação) no desenvolvimento e na produtividade do cafeeiro, nas condições edafoclimáticas da Zona da Mata de Minas Gerais.

Os objetivos específicos foram:

- Avaliar o desenvolvimento vegetativo e a produtividade do cafeeiro sob aplicação de diferentes fórmulas de fertilizantes que apresentam em suas composições nitrogênio e potássio.

- Avaliar o efeito comparativo entre a aplicação dos fertilizantes via água de irrigação (fertirrigação) e o processo convencional.

- Avaliar o nível de entupimento dos emissores em função do uso de diferentes formulações de nitrogênio e potássio, aplicadas via fertirrigação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Fertirrigação no cafeeiro

A quimigação é a técnica de aplicação de produtos químicos na cultura, via água de irrigação, sendo os principais produtos aplicáveis os fertilizantes, os herbicidas, os inseticidas, os fungicidas e os nematicidas. Dentre eles, os fertilizantes são os mais utilizados e têm como vantagem adicional não necessitar de registro no Ministério da Agricultura para essa modalidade (VIERA e BONOMO, 2000).

A fertirrigação, em princípio, pode ser utilizada por todos os métodos de irrigação. Entretanto, em função do processo de distribuição da água e do espaçamento da cultura, existem aqueles que melhor se adaptam a este processo. O tipo de fertilizante a ser utilizado e a sua mobilidade no solo podem ser afetados pelo sistema de irrigação utilizado, devendo ser ressaltado que para o cafeeiro as irrigações por gotejamento e por pivô central são as mais utilizadas.

A irrigação localizada é assim chamada porque aplica água e, conseqüentemente, fertilizantes exatamente onde se concentra a maior parte das raízes absorventes. Como nesse sistema de irrigação o fornecimento de água se dá em pequenas lâminas e em altas frequências, torna-se possível um maior parcelamento das fertirrigações e, portanto, pode-se, em princípio, obter maior aproveitamento dos nutrientes. No

gotejamento em que se tem uma variação da vazão entre 2 e 10 L por hora, os emissores aplicam água na superfície e, ou, na subsuperfície do solo, favorecendo assim o melhor aproveitamento tanto da irrigação quanto da fertirrigação e, ainda, o melhor aproveitamento de nutrientes pouco móveis no solo, como fósforo e zinco (VIEIRA e BONOMO, 2000).

Na irrigação por microaspersão, utilizada principalmente em fruteiras, a água é aplicada com vazões maiores (de 20 a 140 L/h), observando-se também maiores perdas por evaporação e arraste. Porém, se bem manejados, podem-se obter altas uniformidades, o que favorece o uso da fertirrigação.

A irrigação por aspersão é caracterizada por sistemas em que a água é aplicada sobre a cultura, em forma de chuva artificial. São comumente usados na cafeicultura com sistemas do tipo aspersão convencional, pivô central e autopropelido. A fertirrigação por sistemas de aspersão torna-se mais eficiente e recomendável em sistemas com elevada uniformidade de distribuição da água, irrigando lavouras adensadas e superadensadas.

Na irrigação do tipo pivô central, diversos esforços têm sido realizados para adequar a sua aplicabilidade em sistemas de culturas perenes. Em áreas de topografia plana, tem sido utilizado um emissor denominado de LEPA (*Low energy precision application*, ou aplicação precisa de água com baixo consumo de energia), que irriga plantios circulares. Essas condições têm possibilitado a maior eficiência de utilização da água e da quimigação.

2.2. Vantagens e desvantagens da fertirrigação

A fertirrigação apresenta vantagens e desvantagens em relação a outros métodos convencionais de fornecimento de nutrientes, porém existe um certo consenso de que as vantagens são maioritárias (BURT et al., 1995; COSTA et al., 1998; VIEIRA e BONOMO, 1998). Entre as vantagens da fertirrigação podem ser citadas:

- Dosificação racional dos fertilizantes.
- Aumento na produção e melhor qualidade do produto.
- Maior aproveitamento dos fertilizantes.
- Menor custo de mão-de-obra.

Dentre as desvantagens podem ser destacadas:

- Alto custo de implantação do sistema de irrigação.
- Possíveis entupimentos dos gotejadores.
- Existência de treinamento da mão-de-obra.

Existem muitos aspectos que ainda precisam ser conhecidos e monitorados na prática da fertirrigação, como a possibilidade de salinização, acidificação ou alcalinização e de perdas de nutrientes no solo; a real distribuição de raízes do cafeeiro irrigado; a disponibilidade de fertilizantes formulados no mercado e os custos associados; os impactos ambientais; o retorno do investimento, dentre outros, para que essa técnica seja compreendida e aceita pelos produtores.

Assim, o sucesso das aplicações de nutrientes via água de irrigação está intimamente ligado a fatores que irão determinar o nível de uniformidade da aplicação de água e fertilizantes. Para alcançar tal objetivo, tornam-se importantes a manutenção, o bom dimensionamento hidráulico e a distribuição adequada do sistema de irrigação em campo.

2.3. Efeito da fertirrigação no cafeeiro

Para que possam ser alcançadas altas produtividades no cafezal, de modo a suportar todos os encargos com o seu esmerado cultivo e a sua proteção fitossanitária, torna-se imprescindível um bom plano de adubação, mantendo assim um bom estado nutricional da cultura (MALAVOLTA, 1986). O autor chama a atenção para a importância do nitrogênio e do potássio no desenvolvimento do cafeeiro, pois, quantitativamente, estes são os principais elementos minerais envolvidos no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da maioria dos vegetais. A nutrição nitrogenada adequada evidencia-se no rápido desenvolvimento da planta, no aumento de ramos frutíferos, na formação de folhas verdes e brilhantes e no aumento de folhas e de gemas floríferas. Tal fato evidencia a necessidade de maiores cuidados com o crescimento foliar, mediante a adequada adubação nitrogenada, o que implicará maior produção de amido e outros carboidratos indispensáveis na formação e no crescimento dos frutos.

Outro nutriente fundamental para o perfeito desenvolvimento do cafeeiro é o potássio, que se apresenta em grande quantidade tanto nas partes vegetativas como nos frutos. A exigência de potássio aumenta muito com a idade da planta, sendo intensa na fase adulta, em razão das quantidades adicionais existentes nos frutos cerejas.

A curva de absorção do potássio durante o ano é praticamente paralela à de nitrogênio, segundo Glander, citado por MALAVOLTA (1986). Além disto, a importância do potássio na produção de frutos é também demonstrada pelo fato de as reservas suficientes do nutriente na planta diminuírem a quantidade de frutos chochos.

2.4. Fertilizantes utilizados na fertirrigação

A fertirrigação exige que os fertilizantes sejam solúveis em água, com o mínimo de impurezas e compatíveis entre si, para que não ocorram reações que venham formar precipitados, propiciando o entupimento dos emissores, e que causem efeitos corrosivos nos sistemas de irrigação (LOPÉZ et al., 1992).

Na escolha do fertilizante mais adequado, devem ser levados em consideração alguns aspectos, como:

- A solubilidade do produto: os fertilizantes fosfatados, nitrogenados e potássicos solúveis mais adequados à fertirrigação e algumas de suas propriedades estão apresentados no Quadro 1. Alguns fertilizantes nitrogenados, como uréia, nitrato de amônio, nitrato de cálcio e nitrato de potássio, reduzem a temperatura da água e, portanto, podem acarretar maior dificuldade para a dissolução.

- A compatibilidade deve ser observada sempre que for utilizado mais de um fertilizante ao mesmo tempo, para que não ocorra precipitação.

- A pureza dos fertilizantes deve ser observada, para que seja usado um fertilizante de maior grau de pureza possível, evitando danos ao sistema de irrigação. Quando se trabalha com irrigação localizada (gotejamento e microaspersão), exige-se maior atenção quanto à pureza dos fertilizantes, pois estes podem vir a causar entupimento dos emissores.

Quadro 1 - Principais fertilizantes utilizados em fertirrigação, apresentando suas fórmulas, composição química e solubilidade à temperatura de 20 °C

Fertilizantes	Fórmula	Composição dos Elementos (%)				Solubilidade (20°)
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Outros	g/L de água
Nitrogenados						
Nitrato de amônio	NH ₄ NO ₃	32	-	-	-	1.990
Nitrato de cálcio	Ca(NO ₃) ₂	15	-	-	28 Ca	1.200
Nitrato de sódio	NaNO ₃	16	-	-	-	-
Sulfato de amônio	(NH ₄) ₂ SO ₄	20	-	-	24 S	750
Uréia	CO(NH ₂) ₂	44	-	-	-	1.070
Fosfatados						
MAP	NH ₄ H ₂ PO ₄	9	48	-	-	380
DAP	(NH ₄) ₂ HPO ₄	16	45	-	-	700
Potássicos						
Cloreto de potássio	KCl	-	-	58	48 Cl	340
Nitrato de potássio	KNO ₃	13	-	44	-	320
Sulfato de potássio	K ₂ SO ₄	-	-	48	16 S	110

Fonte: VIEIRA e BONOMO (2000).

- O poder corrosivo dos fertilizantes é variável, podendo causar sérios danos ao sistema de irrigação.

- A acidificação do solo pode ser causada por diversas fontes de nitrogênio, devendo ser ressaltado que a fonte que mais altera o pH do solo é o sulfato de amônio, o que exige um monitoramento periódico do pH do solo.

- Um outro fator, talvez o mais importante, é o econômico, pois o custo dos fertilizantes pode vir a inviabilizar o uso da fertirrigação.

Dos fertilizantes mais recomendados para fertirrigação, os que são de alta solubilidade apresentam custos elevados, o que implica a necessidade de testar fontes de nutrientes que apresentam boa solubilidade, por exemplo a uréia como fonte de nitrogênio e o cloreto de potássio como fonte de potássio, uma vez que estas fórmulas apresentam altas concentrações desses nutrientes, o que torna mais viável economicamente a atividade da fertirrigação, sem causar danos ao sistema de irrigação (entupimento), que venham resultar em problemas de uniformidade de distribuição e aplicação tanto da água quanto do fertilizante.

2.5. O manejo da umidade do solo

A evapotranspiração da cultura (Etc) em condições de campo pode ser determinada pela variação da água do solo. O balanço hídrico é um método que se caracteriza pela quantificação da variação do nível de água do solo (entrada e saída), em determinado intervalo de tempo, e tem demonstrado ser mais eficiente para programação de irrigação no campo (BERNARDO, 1989). Neste método, a entrada pode ser representada pelas irrigações e, ou, precipitações, e a saída é dada pela evapotranspiração, devendo ser ressaltado que o excesso se perde por escoamento superficial e pela percolação no perfil do solo.

As principais técnicas para estimar o requerimento de água pelas plantas são baseadas em dados meteorológicos. 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 da lâmina de água necessária (MANTOVANI, 1996).

Existem dezenas de métodos ou técnicas para estimativa da ETo (evapotranspiração de referência) a partir de dados meteorológicos, testados em diferentes condições climatológicas e geográficas. A partir da Eto, pode-se também estimar a evapotranspiração de uma cultura qualquer, utilizando coeficientes de cultura (K_c) determinados em várias regiões do mundo, com o cuidado de considerar todos os fatores variáveis que fazem parte desse contexto (ANTUNES, 2000).

Programas de computador têm sido utilizados para o monitoramento de água no solo. Com um bom modelo, o produtor pode aplicar as últimas informações à sua necessidade e condição específicas, a fim de encontrar o nível agrônomico e economicamente ótimo de água disponível para irrigação (COSTA, 1998). ANTUNES. (2000) menciona a existência de diversos modelos que vêm sendo utilizados para auxiliar na programação das irrigações, entre os quais o AZCHED (Jr. et al., 1992), o CROPWAT (FAO, 1993) e o CRIWAR (Boss et al., 1996), citados por ANDRADE et al. (1998).

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, desenvolveu-se o SISDA (Sistema de Suporte à Decisão Agrícola), que tem como objetivo o manejo da irrigação de forma racional e eficiente, de modo a fornecer água às culturas, para que estas atinjam o máximo de produtividade, a um custo economicamente possível. O SISDA, na sua terceira versão, é um sistema integrado, ou seja, parte da pressuposição de que o sistema produtivo agrícola é o resultado de uma complexa e contínua interação entre a planta e o meio ambiente (ANTUNES, 2000).

Para obtenção de um bom manejo do balanço hídrico, o SISDA necessita de entradas de dados científicos que representem a realidade da área a ser manejada, como aspectos geográficos e climáticos, características do solo e relevo e características em nível de engenharia do sistema de irrigação e seu manejo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Características da área experimental

O trabalho foi desenvolvido na fazenda Laje, localizada a 15 km de Viçosa, a uma latitude 20° 75' S, longitude 42° 88' W e altitude média de 648 m. É parte de uma estrutura de pesquisa em parceria com os produtores da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, com financiamento do Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (PNP&D-Café)/EMBRAPA. Tem por finalidade a implantação de áreas de observação e pesquisa em cafeicultura irrigada, manejadas sob a responsabilidade do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, cujos objetivos são o manejo e o desenvolvimento de tecnologias para lavouras irrigadas e a comparação técnico-econômica entre os cafeeiros irrigados e os não-irrigados.

O trabalho foi desenvolvido no período de setembro de 1999 a maio 2001, em uma área experimental de 1,5 ha, de topografia com declividade média de 30%, típica da região de Viçosa-MG.

Na área estão sendo cultivados cafeeiros do cultivar Catuaí IAC 44, plantados em 1991, no espaçamento de 3,0 m entre as linhas e 1,0 m entre as plantas, constituindo um estande de 3.330 plantas por hectare.

O manejo geral da lavoura é considerado bom, com acompanhamento técnico, análises de solos e folhas e fornecimento de adubações, suprimindo as necessidades produtivas e vegetativas da cultura.

O sistema de irrigação instalado é do tipo localizado por gotejamento, composto pelo tubogotejador, com dimensões de 16 mm de diâmetro, espessura de parede de 200 μm , com emissores do tipo labirinto inseridos ao tubo, espaçados de 0,33 m, com vazão de 4,5 L/m/h, a uma pressão equivalente a 68,6 kPa.

O conjunto de bombeamento é constituído por uma motobomba da marca Schneider (modelo ME-AL 1315), motor de 1,5 cv, com vazão de 5 m³/h, localizada a uma altura manométrica de 25 mca. O cabeçal de controle é constituído de um sistema de filtragem com dois filtros de disco, um de 180 e o outro de 200 mesh, instalados nesta seqüência: válvulas de controle, manômetro de glicerina e conjunto de aplicação de fertilizantes, composto por um reservatório de 350 L e um injetor tipo Venturi, com capacidade de injeção 90 L/h.

3.2. O manejo da irrigação

A irrigação foi conduzida com turno de rega variável, o que permitiu a adequação da irrigação às diferentes fases de desenvolvimento vegetativo da cultura, bem como à variação da demanda evapotranspiratória ao longo do ciclo anual da cultura.

O manejo da irrigação foi feito por meio do balanço de água no solo, seguindo o programa computacional SISDA versão 3.0. Para a realização do manejo com o SISDA, é necessária a utilização de dados confiáveis, que representem a realidade da área a ser manejada, relacionadas ao clima, ao solo, à água, ao sistema de irrigação e às características da cultura. Os coeficientes utilizados pelo SISDA, para estimativa da Etc a partir da Eto, são os coeficientes de cultura (K_c), de frequência de irrigação (K_s) e de localização da aplicação (K_l). Os valores de K_c utilizados para o cálculo da Etc foram obtidos na literatura (GUTIÉRREZ e MEINZER, 1994), e o K_s foi determinado pelo modelo proposto por BERNARDO (1995). O K_l foi

calculado em função da porcentagem de área molhada ou sombreada, utilizando o modelo proposto por Keller (KELLER e KARMELI, 1975).

Os dados meteorológicos necessários para o cálculo no SISDA foram obtidos de uma estação meteorológica automática modelo Micromettos, instalada próximo à área experimental, com sensores de temperatura, umidade relativa, velocidade de vento, radiação solar, horas de sol e precipitação. Os dados são medidos a cada 12 minutos e registrados a cada hora, e, posteriormente, são convertidos em médias diárias.

3.3. Características do solo

As análises textural e de fertilidade do solo da área experimental foram realizadas nos Laboratórios de Física e de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos da UFV, e a curva de retenção de água no solo foi determinada no Laboratório de Água e Solo do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV. Os resultados estão apresentados nos Quadros 2, 3 e 4, respectivamente.

Quadro 2 - Composição granulométrica, classificação textural e densidade aparente do solo da área experimental

Profundidade	Composição Granulométrica (%)				Densidade Aparente (g/cm ³)	Classificação Textural
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		
0-20 cm	26	11	9	54	1,31	Argilosa
20-40 cm	24	11	12	53	1,29	Argilosa

Quadro 3 - Resultado da análise química do solo (rotina de fertilidade) realizada antes no início do experimento, em agosto de 1999

Prof. (cm)	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	SB	CTC (%)	V	m
		--- mg/dm ³ ---		----- cmol _c /dm ³ -----			----- % -----			
0-20	5,5	80,8	85	2,9	0,81	4,6	3,95	8,55	46,2	2,5
20-40	5,0	33,9	58	1,8	0,48	4,0	2,46	6,46	38,1	16,9

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

Quadro 4 - Valores de retenção de água (% umidade em peso) para distintos níveis de tensão de água no solo, para a área experimental

Camadas (cm)	Tensão (kPa)					
	10	30	100	500	1000	1500
0-20	33.60	30.0	24.11	21.70	20.46	20.02
20-40	30.50	29.10	24.00	22.85	20.46	19.00
40-60	32.50	28.75	25.00	21.90	20.70	20.00

No Quadro 2, observa-se uma classificação textural argilosa, típica de cultivo do cafeeiro na região da Zona da Mata de Minas Gerais. A densidade apresenta valores da ordem de $1,3 \text{ g/cm}^3$, também comum para estes solos. Os resultados apresentados no Quadro 3, referentes à análise química, foram utilizados como ponto de partida para recomendações das adubações, tendo, posteriormente, sido realizadas outras análises, para avaliação do desempenho dos tratamentos e recomendações de futuras adubações.

No Quadro 4, observa-se que os valores de retenção de água nos diversos níveis de tensão permitem o traçado das curvas de retenção de água no solo, para as três profundidades avaliadas, as quais são apresentadas na Figura 1.

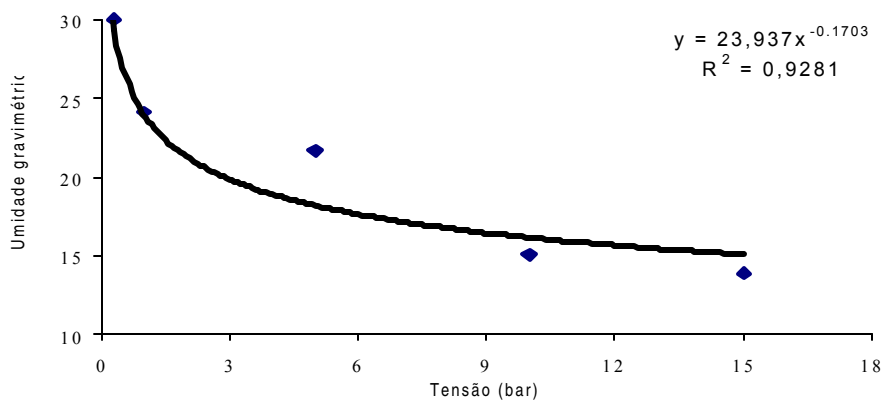
3.4. Caracterização dos tratamentos

O experimento consistiu de cinco tratamentos, contendo três linhas com 100 plantas, das quais as duas linhas externas foram consideradas bordaduras. 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, com base em MALAVOLTA e MOREIRA (1997).

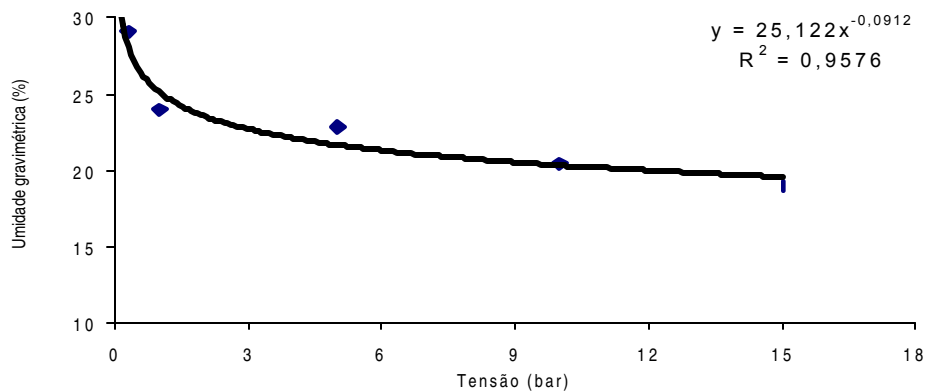
Os tratamentos realizados, referentes à aplicação de nutrientes no experimento, foram:

- Tratamento T1: Sem irrigação e adubação convencional parcelada em quatro aplicações anuais.

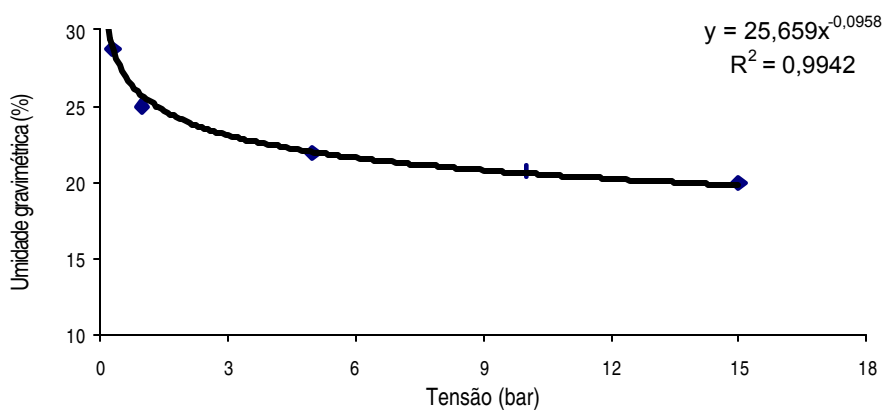
- Tratamento T2: Com irrigação e adubação convencional parcelada em quatro aplicações anuais, nos meses de outubro, novembro, janeiro e fevereiro.



(a)



(b)



(c)

Figura 1 - Curvas de retenção de água no solo e suas respectivas equações de regressão, para as profundidades de 0-20 cm (a), 20-40 cm (b) e 40-60 cm (c), para o solo da área experimental.

- Tratamento T3: Com irrigação e fertirrigação com nitrato de potássio e nitrato de cálcio, parcelados em nove aplicações anuais.

- Tratamento T4: Com irrigação e fertirrigação com hidran-plus na fórmula 19-04-19 NPK, parcelado em nove aplicações anuais.

- Tratamento T5: Com irrigação e fertirrigação com uréia e cloreto de potássio, parcelados em nove aplicações anuais.

Em todos os tratamentos foram fornecidas adubações equivalentes a 400 kg N, 400 kg K₂O e 84 kg de P₂O₅ por hectare. As fórmulas testadas foram uréia, cloreto de potássio, nitrato de potássio e nitrato de cálcio e uma formulação comercial hidran-plus (NPK), que serão posteriormente caracterizadas nos tratamentos realizados. As características químicas das fórmulas estão apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5 - Fórmulas comerciais de uréia, cloreto de potássio, nitrato de potássio, nitrato de cálcio e hidran-plus (NPK) utilizadas no experimento e suas respectivas concentrações de nutriente e solubilidade em água, à temperatura de 20 °C.

Nome Comercial	Concentração dos Nutrientes NPK	Solubilidade em Água (%) (20 °C)
Uréia	44% N	100,7
Cloreto de potássio	60% K ₂ O	34
Nitrato de cálcio	15,5% N	120
Nitrato de potássio	46% K ₂ O e 13,5% N	32
Hidran-plus	19% N, 19% K ₂ O e 4% P ₂ O ₅	100

Para as formulações que não continham o nutriente fósforo, este foi fornecido, utilizando a fórmula comercial superfosfato simples, em uma única aplicação anual sob a saia do cafeeiro.

As fertirrigações foram realizadas parceladamente de setembro a maio, proporcionais às exigências evapotranspiratórias da cultura para os devidos meses, e a adubação convencional foi parcelada em quatro vezes, nos meses de outubro, novembro, janeiro e fevereiro, para o tratamento que recebeu adubação convencional sobre o solo. As quantidades dos nutrientes N e K₂O fornecidos mensalmente estão apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6 - Quantidade dos nutrientes N e K₂O fornecidos mensalmente nos tratamentos de fertirrigação, em gramas, por planta

Nutrientes	Mês								
	09	10	11	12	01	02	03	04	05
N	12,00	12,90	14,15	14,86	16,56	15,96	14,39	11,06	8,16
K ₂ O	11,96	12,90	14,15	14,86	16,56	15,96	14,39	11,06	8,16

3.5. Avaliação da cultura

Para avaliação da produtividade, foram demarcadas aleatoriamente, em cada tratamento, três subáreas (repetições) contendo 20 plantas, que foram colhidas e medidas individualmente, determinando-se o volume (litros) produzido por planta. Posteriormente, retirou-se uma subamostra de 10 L de café da roça por repetição. Estas foram secas e beneficiadas, o que permitiu a determinação da produtividade em sacas/ha e do rendimento percentual em kg de café em coco por kg de café beneficiado.

Um parâmetro importante relacionado à produção é o desenvolvimento vegetativo de ramos secundários e terciários, dos quais originarão gemas florais e, conseqüentemente, frutos para o próximo ano. Tal parâmetro foi avaliado em 20 plantas por repetição, mediante a marcação e a contagem do número de entrenós emitidos após o início dos tratamentos. As medidas foram realizadas em quatro ramos plagiotrópicos (laterais) do terço médio superior da planta.

3.6. Análise estatística

A análise estatística foi feita com o uso da técnica de contraste entre as médias dos tratamentos propostos. Foram realizados seis contrastes, relacionando os parâmetros de produtividade, rendimento e crescimento vegetativo. Os contrastes estudados estão apresentados a seguir, sendo posteriormente descritos:

- C1 = T1 vs (T2 + T3 + T4 + T5).
- C2 = T2 vs (T3 + T4 + T5).
- C3 = T3 vs (T4 + T5).
- C4 = T3 vs T4.
- C5 = T3 vs T5.
- C6 = T4 vs T5.

- Contraste C1: Compara o efeito da irrigação sobre a produtividade e o crescimento vegetativo do cafeeiro, em relação ao cafeeiro não-irrigado.

- Contraste C2: Compara o efeito da irrigação e da fertirrigação parcelada sobre a produtividade e o crescimento vegetativo do cafeeiro, em relação ao cafeeiro irrigado com adubação convencional.

- Contraste C3: Compara o efeito da irrigação e fertirrigação com nitratos de cálcio e potássio sobre a produtividade e o crescimento vegetativo do cafeeiro, em relação aos cafeeiros irrigados e fertirrigados com hidran-plus (fórmula comercial 19-04-19 NPK) e uréia e cloreto de potássio.

- Contraste C4: Compara o efeito da irrigação e da fertirrigação com nitratos de cálcio e potássio sobre a produtividade e o crescimento vegetativo do cafeeiro com o da irrigação e fertirrigação com a fórmula comercial hidran-plus.

- Contraste C5: Compara o efeito da fertirrigação com nitratos de cálcio e potássio sobre a produtividade e o crescimento vegetativo do cafeeiro com o da irrigação e fertirrigação com uréia e cloreto de potássio.

- Contraste C6: Compara o efeito da irrigação e da fertirrigação com a fórmula comercial hidran-plus sobre a produtividade e o crescimento vegetativo do cafeeiro com o da irrigação e fertirrigação com uréia e cloreto de potássio.

3.7. Uniformidade de aplicação de água

Para avaliação da possível interferência das fontes de nutrientes, foram realizadas determinações da uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação, seguindo a metodologia descrita por KELLER e KARMELI (1975). Utilizou-se o coeficiente de uniformidade de distribuição

(CUD) descrito na equação 1, que relaciona a média de 25% dos menores valores de vazões observadas com a média total das vazões:

$$\text{CUD} = 100 \frac{q_{25\%}}{q} \quad (1)$$

em que

$q_{25\%}$ = média de 25% dos menores valores de vazões observadas (L/h); e

q = média total das vazões (L/h).

A determinação dos pontos de coletas da vazão na linha lateral de gotejadores foi feita conforme a recomendação proposta por DENÍCULI et al. (1980). Foram utilizadas quatro linhas laterais localizadas no início, a um quarto, na metade e no final da linha de distribuição. Os pontos de coleta foram distribuídos uniformemente ao longo de cada linha lateral, localizados no início, a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7 e 6/7 do comprimento total e no final da linha.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Manejo da irrigação

Periodicamente, foram feitas amostragens de solo, para determinação da umidade pelo método-padrão de estufa, para aferição das necessidades de irrigação, calculadas pelo SISDA, totalizando 20 medidas, realizadas no período de 1^o de setembro de 1999 a 2 de abril de 2001. Na Figura 2 está uma comparação entre esses valores.

Observa-se, na Figura 2, que os valores estimados pelo SISDA foram muito precisos, tendo ocorrido apenas uma pequena superestimação. Os valores médios estimados pelo SISDA e medidos foram de 28,9 e 28,2%, respectivamente, com variação de 2,5%. Estes resultados estão de acordo com ANTUNES (2000), que trabalhando com o *software* SISDA 3 no manejo da cultura do café em desenvolvimento encontrou uma variação média da ordem de 1,5% de umidade do solo. No Apêndice encontra-se uma tabela com os dados medidos, assim como informações referentes ao clima medido durante o experimento e aos valores de Etc, Kc, KI e Ks utilizados.

Na Figura 3 estão as curvas do comportamento da umidade do solo durante todo o período do experimento, bem como os valores de capacidade de campo (CC), ponto de murcha (PM) e umidade mínima recomendada para os tratamentos irrigados, que receberam as mesmas lâminas de irrigações. Observa-se que a umidade do solo foi mantida sempre entre a

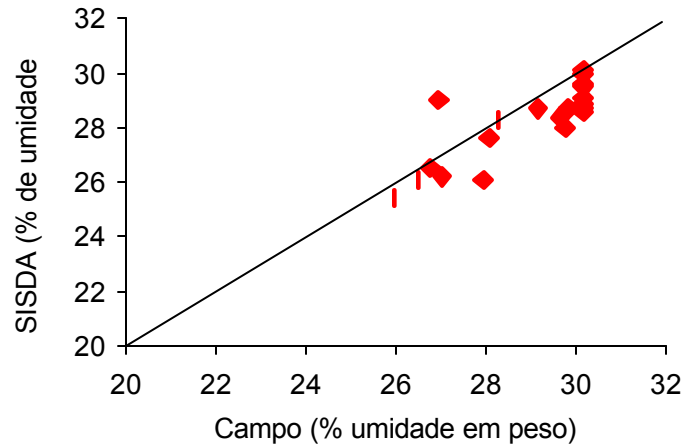


Figura 2 - Comparação entre os valores de umidade do solo (% em peso) estimados pelo SISDA e os medidos em campo pelo método-padrão de estufa, para a profundidade de 0 - 60 cm.

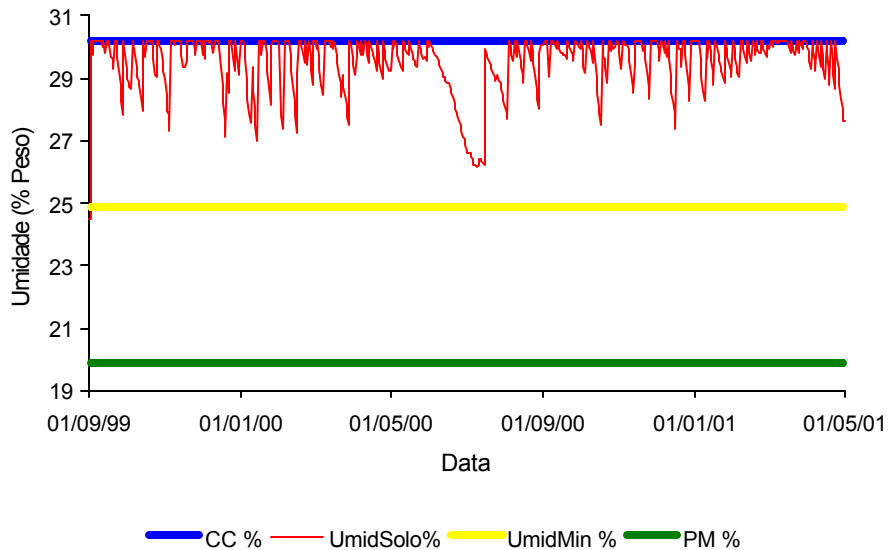


Figura 3 - Variação da umidade do solo para os tratamentos irrigados para o período de 1^o/9/1999 a 1^o/5/2001.

capacidade de campo e a umidade mínima recomendada, que para o caso foi de 50%, com exceção entre os meses de junho e julho de 2000, em que o manejo de aplicação de água adotado envolveu um período de estresse hídrico pré-florada, visando um estudo da uniformidade da florada relacionada com déficit hídrico, que será discutido no Capítulo 2 desta tese.

Na Figura 4 estão as curvas do comportamento da umidade do solo para o tratamento não-irrigado, no intervalo de 1º/9/1999 a 1º/5/2001, de forma semelhante à figura apresentada anteriormente. Observa-se que, ao contrário da Figura 3, em vários períodos a umidade do solo esteve abaixo da umidade mínima recomendada, que teve implicações na produtividade e no desenvolvimento da cultura, cujos resultados serão apresentados posteriormente.

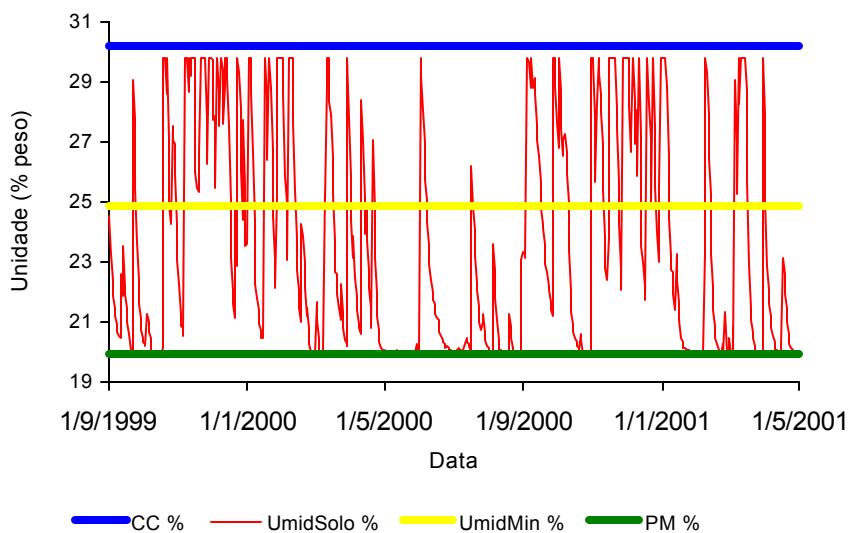


Figura 4 - Variação da umidade do solo para o tratamento não-irrigado, para o período de 1º/9/1999 a 1º/5/2001.

4.2. Efeito da fertirrigação no entupimento do sistema de irrigação

O entupimento dos emissores implica redução imediata da uniformidade de aplicação de água. No Quadro 7 apresentam-se os resultados de CUD (coeficiente de uniformidade de distribuição de água).

Quadro 7 - Valores do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) por setores para as três avaliações realizadas, na implantação (15/9/1999), após a primeira colheita (10/6/2000) e após a segunda colheita.

Tratamento	1ª Avaliação 15/09/1999		2ª Avaliação 10/06/2000		3ª Avaliação 10/02/2001	
	CUD (%)	Vazão (L/m/h)	CUD (%)	Vazão (L/m/h)	CUD (%)	Vazão (L/m/h)
T2	90,5	3,3	91,3	3,3	90,6	3,2
T3	89,5	4,5	89,5	4,5	89,5	4,5
T4	91,3	4,5	92,0	4,5	92,0	4,5
T5	89,5	3,9	88,8	3,9	88,2	3,9

Os resultados do Quadro 7 indicam que até a última avaliação não foi observada alteração na uniformidade de aplicação de água em função dos tratamentos de fertirrigação, com os diferentes produtos utilizados. Os valores são classificados como excelentes (MERRIAM e KELLER, 1978), com média de 90%, e valores mínimo e máximo de 88,2 e 92%, respectivamente.

As vazões médias coletadas apresentaram variações importantes entre os distintos tratamentos. Observam-se, no Quadro 7, valores no intervalo de 3,2 a 4,5 L/m/h, sem alterações significativas entre as medidas em cada setor. Pode-se afirmar que estas variações não se devem aos efeitos dos tratamentos de fertirrigação (produtos), e sim ao fato de a área apresentar declive acentuado e de o sistema de irrigação não trabalhar com gotejadores autocompensantes, implicando variações de vazão em função da posição dos setores. É importante ressaltar que essas variações foram consideradas no cálculo do tempo de irrigação de cada setor, fazendo com que a lâmina de irrigação fosse a mesma para todos os tratamentos irrigados.

4.3. Efeito dos fertilizantes no crescimento vegetativo do cafeeiro

É de conhecimento geral que a produção do cafeeiro ocorre nos ramos desenvolvidos no ano anterior, e, neste caso, existe uma relação direta entre desenvolvimento, produtividade e crescimento vegetativo, medido em números de entrenós emitidos entre as duas floradas. No

Quadro 8 estão os valores medidos do número de entrenós, o número de pares de folhas e a porcentagem de folhas retidas para os dois anos de aplicação dos tratamentos.

Quadro 8 - Números de pares de folhas, de entrenós emitidos e porcentagem de retenção foliar para os anos 2000 e 2001

Tratamento	Nº de Pares de Folhas		Nº de Entrenós		Folhas Retidas (%)	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001
T1	4,31	4,74	4,81	5,10	93,00	89,6
T2	7,99	7,50	9,34	7,53	85,70	95,68
T3	8,17	7,84	8,53	8,40	95,00	96,16
T4	9,09	7,84	8,27	8,32	97,85	99,78
T5	7,89	7,42	9,18	7,79	96,20	94,97

Dierendock, citado por MALAVOLTA (1986), chamou a atenção para a importante relação entre o número de folhas e o número de gemas reprodutivas, pois uma desfolha acentuada pode afetar a produtividade do ano seguinte. Os valores de retenção de folhas encontrados são considerados bons mesmo para o tratamento não-irrigado, pois são comuns níveis de desfolha na faixa de até 50%. Os altos valores de retenção podem ser atribuídos ao manejo adequado de pragas e doenças.

Os resultados encontrados na avaliação de crescimento vegetativo, para os dois anos de experimento, contrariam os resultados apresentados por BARROS e MASTRI (1974), que, avaliando números de pares de folhas formadas em ramos primários, não observaram diferenças em termos de crescimento entre tratamentos irrigados e não-irrigados. Porém, deve-se ressaltar que nos anos de 1999, 2000 e 2001 foram obtidos resultados atípicos quanto a precipitações, comparando com valores históricos da distribuição destas ao decorrer do ano, o que será apresentado posteriormente.

No Quadro 9 estão os resultados da análise estatística entre os resultados de crescimento vegetativo dos ramos plagiotrópicos (números de entrenós e de pares de folhas). Para o parâmetro de números de entrenós emitidos, os tratamentos irrigados e fertirrigados foram superiores ao tratamento não-irrigado, apresentando diferença significativa. Os valores para o tratamento não-irrigado foram 47% inferiores à média dos

Quadro 9 - Teste F para os parâmetros de crescimento vegetativo entre os contrastes estabelecidos

FV	GL	F Calculado			
		Nº Pares Folhas 2000	Nº Pares Folhas 2001	Nº Entrenós 2000	Nº Entrenós 2001
T ₁ vs (T ₂ + T ₃ + T ₄ + T ₅)	1	58,93 **	93,53 **	156,21 **	79,49 **
T ₂ vs (T ₃ + T ₄ + T ₅)	1	0,40 ns	0,30 ns	3,10 ns	2,63 ns
T ₃ vs (T ₄ + T ₅)	1	0,32 ns	0,41 ns	0,30 ns	0,90 ns
T ₃ vs T ₄	1	1,98 ns	0,00 ns	0,42 ns	0,03 ns
T ₃ vs T ₅	1	0,19 ns	1,23 ns	2,55 ns	2,16 ns
T ₄ vs T ₅	1	3,39 ns	1,23 ns	3,02 ns	1,67 ns
Resíduo	10	0,6433	0,2171	0,2480	0,2555

** F significativo a 5% de probabilidade.

ns F não-significativo a 5% de probabilidade.

tratamentos irrigados e fertirrigados. Resultados semelhantes foram obtidos por FERNANDES et al. (1998), que trabalhando com café Catuaí, irrigado por pivô central, encontraram valores de crescimento vegetativo da parte aérea de 50 a 60% maiores que os não-irrigados.

Finalizando, observa-se no Quadro 9 que não houve diferenças estatísticas para os parâmetros de números de entrenós e números de pares de folhas emitidos, entre os tratamentos irrigados e fertirrigados com as diferentes fontes de nutrientes, provavelmente por se tratar de um solo argiloso, onde a lixiviação de nutrientes não é tão intensa, e por este solo ter altos teores de matéria orgânica, provavelmente a fertirrigação do cafeeiro em solos arenosos, típicos do oeste da Bahia, apresenta vantagens sobre a adubação convencional.

4.4. Efeito dos fertilizantes na produtividade do cafeeiro

A produtividade do cafeeiro (sacas beneficiadas/ha) é um dos parâmetros de produção mais importantes a ser utilizado na comparação do desempenho de diferentes tratamentos, não só relacionados à nutrição do cafeeiro, como também em experimentos relacionados ao manejo de doenças, pragas, mato, variedades e espaçamentos utilizados na cultura do café.

No Quadro 10 estão a produtividade, em sacas por hectare, das duas colheitas executadas e a produtividade média destas, para os tratamentos em questão. Tais resultados permitem verificar diferenças importantes entre os tratamentos irrigados (T2, T3, T4 e T5) e não-irrigados (T1), cuja média dos dois anos indica produtividade 64% superior nos tratamentos irrigados.

Resultados semelhantes foram encontrados por SANTINATO et al. (1996), que comparando a produtividade de cafeeiros irrigados em relação a cafeeiros não-irrigados, na região da Mogiana paulista, encontraram produtividades 48% superiores para os tratamentos irrigados. Porém, BARROS e BARBOSA (2000), em estudos comparativos entre épocas de irrigação em relação à testemunha não-irrigada, durante três colheitas em Martins Soares, Zona da Mata mineira, não encontraram diferença estatística entre os tratamentos e a testemunha, para as safras de 1998,

Quadro 10- Produtividade em sacas (60 kg) de café beneficiadas por hectare e rendimento porcentual em kg de café em coco para kg de café beneficiado (12% de umidade), para os tratamentos aplicados durante os anos de 2000 e 2001

Tratamento	Produtividade (sacas/ha)		Rendimento (%)	
	2000	2001	2000	2001
T1	41,6	54,8	49,6	46,0
T2	79,1	78,9	49,3	48,6
T3	64,3	79,1	50,2	48,4
T4	88,0	85,6	49,2	50,2
T5	75,0	86,8	45,9	49,3

1999 e 2000 e para a média destes anos. Os autores atribuíram essa não-resposta ao balanço hídrico local, que mostrou défices hídricos significativos apenas em curtos períodos, no decorrer do experimento, e aos solos húmicos, bem corrigidos, apresentando assim boa retenção de água e aprofundamento de raízes.

É importante considerar que no período em que este experimento foi realizado os valores observados de precipitação são considerados atípicos para a região de Viçosa, pois geralmente se observa melhor distribuição das precipitações ao longo dos anos, não sendo comum a ocorrência de períodos tão longos de estiagem, como observado no decorrer do experimento. Na Figura 5 estão as precipitações observadas ao decorrer do experimento e a média real diária de precipitações, obtida para os anos de 1961 até 1997, ocorrida em Viçosa.

Verifica-se que em períodos como setembro de 1999, março a outubro de 2000, janeiro e fevereiro de 2001 e abril e maio de 2001 os valores de precipitação observados estiveram abaixo das médias mensais.

No Quadro 11 estão os resultados da análise estatística para os parâmetros de produtividade em sacas por hectare e o rendimento porcentual em kg de café em coco (12% de umidade), para produzir 1kg de café beneficiado entre os contrastes estabelecidos.

No primeiro contraste realizado, comparando o tratamento não-irrigado com os demais (irrigados), observam-se diferenças significativas a 5% de probabilidade.

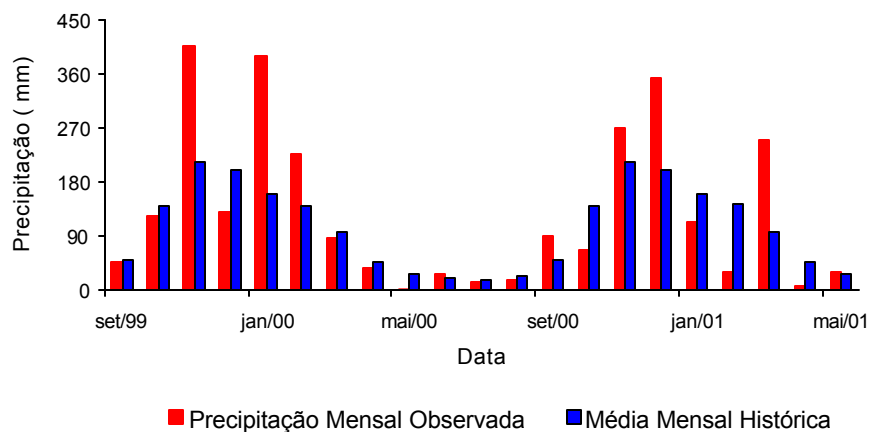


Figura 5 - Comparação entre a precipitação média mensal medida durante o experimento e os valores médios históricos para a região de Viçosa.

Comparando o tratamento com fertilização manual (T2) e os tratamentos fertirrigados (T3, T4 e T5), não foram observadas diferenças estatísticas significativas para o parâmetro de produtividade e rendimento, o que evidencia que, para as condições da cultura estudada (adulta e com oito anos de desenvolvimento sem irrigação), não houve aumento da produtividade em razão da distribuição do adubo via água. Porém, conclusões sobre a recomendação ou não da fertirrigação dependem de outras análises, como a quantidade de adubo necessário em cada tipo de aplicação (não-avaliado), o custo da aplicação (mão-de-obra ou trator) etc.

Os resultados de produtividade apresentados no Quadro 10, referentes à comparação entre os tratamentos irrigados e fertirrigados (T₃ vs (T₄+T₅), T₃ vs T₄, T₃ vs T₅ e T₄ vs T₅), apresentaram diferenças estatísticas a 5% somente para o ano de 2000, devendo-se ressaltar que as diferenças observadas neste ano não foram suficientes para que a média também fosse significativa. Ao considerar que a cultura utilizada é adulta (oito anos), espera-se uma resposta mais rápida em relação à água e mais lenta em relação à aplicação de diferentes produtos fertilizantes. Assim, em um primeiro momento (primeiro ano), foram observadas diferenças significativas em relação ao produto utilizado, talvez pelas diferenças na rapidez de disponibilizar o nutriente para um sistema radicular que está se adaptando a um sistema de aplicação de água e fertilizantes por irrigação localizada. No

Quadro 11 - Teste F para os parâmetros de produtividade em sacas (60 kg) por hectare e rendimento porcentual em kg de café em coco (12% de umidade), para os anos 2000 e 2001, e média entre estes anos para os contrastes estabelecidos

FV	GL	F Calculado				
		Produtividade 2000	Produtividade 2001	Produtividade Média	Rendimento 2000	Rendimento 2001
T ₁ vs (T ₂ + T ₃ + T ₄ + T ₅)	1	98,80**	24,52**	91,56**	23,28**	8,65**
T ₂ vs (T ₃ + T ₄ + T ₅)	1	0,63 ns	0,53 ns	0,05 ns	0,80 ns	1,47 ns
T ₃ vs (T ₄ + T ₅)	1	19,70**	1,33 ns	4,54 ns	3,84 ns	1,07 ns
T ₃ vs T ₄	1	28,15**	0,82 ns	3,94 ns	4,24 ns	0,28 ns
T ₃ vs T ₅	1	5,68**	1,18 ns	4,88 ns	1,22 ns	1,60 ns
T ₄ vs T ₅	1	8,54**	0,03 ns	2,01 ns	1,40 ns	0,54 ns
Resíduo	10	29,8429	75,4767	25,8582	1,0031	2,6949

** F significativo a 5% de probabilidade.

ns F não-significativo a 5% de probabilidade.

segundo ano, com a planta já adaptada às novas condições, com um sistema radicular já ajustado à nova situação, o efeito de diferentes produtos não ocorre.

O rendimento porcentual em kg de café em coco para produzir 1 kg de café beneficiado é uma variável importante a ser avaliada, quando se comparam os tratamentos irrigados e não-irrigados. Dentre as características que afetam o rendimento estão o tamanho e o peso das sementes. Neste ponto, é fundamental considerar a fase de expansão da membrana, denominada de pergaminho, que terá influência direta no crescimento do fruto. Mendes, citado por RENA e MAESTRI (1986), relatou que esta fase é extremamente sensível ao déficit hídrico, pois é quando o tamanho do endocarpo (pergaminho) delimita o tamanho da semente.

No Quadro 10 estão os resultados de rendimento porcentual em kg de café em coco (12% de umidade) necessário para produzir 1 kg de café beneficiado, relativos a dois anos-safra.

Assim, como aconteceu para o parâmetro de produtividade, os valores encontrados para o parâmetro de rendimento mostram diferença estatística entre os tratamentos irrigados, quando comparados com o tratamento não-irrigado. Esta diferença pode ser atribuída à ocorrência de veranico logo após a florada afetando assim o pegamento e o enchimento de grãos.

Não foi observada diferença estatística no rendimento entre os tratamentos irrigados e fertirrigados e o tratamento não-irrigado e que recebeu adubação convencional, nem entre os tratamentos fertirrigados com as diferentes fontes de nutrientes.

4.5. Análise comparativa entre os custos dos produtos utilizados na fertirrigação

Dentre os custos da fertirrigação devem ser considerados todos os componentes, como custo de energia, mão-de-obra, água e produtos aplicados. Na adubação convencional os componentes de custos associados são a mão-de-obra gasta para aplicação manual ou horas/máquina, quando ela é mecanizada, além, é claro, do custo dos produtos.

Os custos de aplicação são muito variáveis e dependem de uma série de fatores locais; por isto, neste trabalho será comparado apenas o efeito do preço do produto, ou seja, será analisado apenas o efeito da utilização dos diferentes produtos na fertirrigação.

Os custos das composições de fórmulas utilizadas na adubação e fertirrigação em R\$/ha estão apresentados no Quadro 12, levantados entre as empresas que comercializam o produto na região de Viçosa.

Quadro 12 - Custos das composições de fórmulas utilizadas na adubação e fertirrigação, em R\$/ha, para os diferentes tratamentos de fertirrigação e porcentagem em relação ao produto de menor custo (preços de julho de 2001)

Composições das Fórmulas	Custo (R\$/ha)	Porcentagem
Nitrato de cálcio/nitrato de potássio/supersimples	4.174,74	428
Hidran-plus	2.526,32	259
Uréia/cloreto potássio/super simples	974,17	100
20-00-20/supersimples	1.022,36	105

Observa-se que o menor custo entre as fórmulas utilizadas na fertirrigação foi encontrado pela composição das fórmulas uréia/cloreto potássio/supersimples, o que é justificado pela maior concentração dos nutrientes N e K nestas fórmulas. A suposta influência do cloreto de potássio (rosa) sobre o desempenho do sistema de irrigação, em razão da baixa solubilidade e concentração de ferro, não foi constatada após dois anos de uso, devendo ser avaliado por um período maior.

Os tratamentos que utilizam nitrato de cálcio/nitrato de potássio/supersimples e hidran-plus apresentaram custos muito mais elevados, superando o tratamento de menor custo em 428 e 259%, respectivamente. Considerando que não existem diferenças significativas da produtividade medida, os custos levantados para os produtos aplicados permitem concluir a respeito da inviabilidade de sua aplicação em lavouras cafeeiras, em condições semelhantes às deste trabalho.

A pequena diferença encontrada entre a adubação convencional e a fertirrigação com uréia/cloreto evidencia a necessidade de estudos

específicos relacionados à comparação da fertirrigação e da adubação convencional em condições da Zona da Mata de Minas Gerais, considerando pontos relevantes como operacionalização da fertirrigação, custos comparativos da aplicação do produto (mão-de-obra, máquina etc.), qualidade da aplicação, compactação do solo etc.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

A cafeicultura irrigada é uma realidade em várias regiões brasileiras, e mesmo em regiões tradicionais da cultura do café como a Zona da Mata de Minas Gerais a irrigação tem sido utilizada com o intuito de suprir eventuais défices hídricos nos períodos críticos. Tem-se associado, também, o atendimento das necessidades hídricas da cultura do café à utilização da fertirrigação, que tem sido amplamente utilizada na cafeicultura irrigada.

Considerando a importância de estudos que possam auxiliar no conhecimento de temas relacionados à irrigação e à fertirrigação do cafeeiro, foi proposto este trabalho, cujo objetivo geral foi avaliar o efeito da água e do fertilizante (fórmula e forma de aplicação) no desenvolvimento e na produtividade do cafeeiro, nas condições edafoclimáticas da Zona da Mata de Minas Gerais.

O trabalho foi desenvolvido na fazenda Laje, localizada em Viçosa, no período de setembro de 1999 a maio 2001, com cafeeiros adultos com oito anos de plantio, no estande de 3.330 plantas por hectare, irrigados por gotejamento.

Os resultados de dois anos de acompanhamento experimental relacionado à aplicação de água e nutrientes permitem as seguintes conclusões:

- A irrigação proporcionou, em média, 79 sacas/ha, correspondendo a um aumento de 64% em relação ao tratamento não-irrigado.

- Apesar de as médias de precipitação no período apresentarem valores próximos da média histórica, a distribuição em períodos importantes do desenvolvimento afetou, de maneira atípica, o desenvolvimento e a produtividade do cafeeiro.

- A fertirrigação não afetou a uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação por gotejamento utilizado, cujos valores médios de coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) mantiveram-se constantes, na faixa de 90%.

- Não houve diferença estatística entre os tratamentos fertirrigados com as diferentes fontes de nutrientes, para nenhum parâmetro avaliado.

- O custo dos produtos aplicados durante a condução do experimento apresentou variação da ordem de 400%, sendo os de menores custos finais a uréia e o cloreto de potássio aplicado via fertirrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, J.M.H., LOPÉZ, J.R., REGALADO, A.P., HERNANDES, J.F.G. **El riego localizado. Curso Internacional de Riego Localizado**. Tenerife, Espanha, 1987. 317p.
- 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.
- ANTUNES, R.C.B. **Determinação da evapotranspiração e influência da irrigação e da fertirrigação em componentes vegetativos, reprodutivos e nutricionais do café Arábica**. Viçosa-MG: UFV, 2000. 162p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- BARROS, U.V., MATIELO, J.B., SANTINATO, R., BARBOSA, C.M. **Irrigação do cafeeiro na condições edafoclimáticas da zona da mata de Minas Gerais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24, 1999, Franca. **Anais...** Brasília MAA-PROCAFÉ 1999. p.69-70.
- 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.S. MAESTRI, M. **Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo do café (*Coffea arabica* L.)**. **Revista Ceres**, Viçosa, v.21, p.268-70, 1974a.

- BARROS, V.U., BARBOSA, C.M. **Irrigação do cafeeiro nas condições edafoclimáticas da Zona da Mata de Minas Gerais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 26, 2000, Marília. **Anais...** Brasília MARA-PROCAFÉ 2000. p.69-70.
- 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.
- BURT, C., O'CONNOR, K., RUERHR, T. **Fertigation**. San Luis Obispo, Irrigation Training Research Center, 1995. 295p.
- COSTA, L.C. Agrometeorologia. In: MANTOVANI, E. C., COSTA, L. C. (Eds.). In: WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE MANEJO INTEGRADO DAS CULTURAS E RECURSOS HÍDRICOS, 1. **Resumos...** Brasília, 1998. p.3-21.
- COSTA, E.F., VIEIRA, R.F., VIANA, P.A . (ed). **Quimigação. Aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: EMBRAPA-SIP, 1994. 315p.
- DENÍCULI, W., BERNARDO, S., THIÁBAUT, J.T.L., SEDIYAMA, G.C. **Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento**. Revista Ceres, Viçosa, 1980, v.27, n.50, p.155 -162.
- FARIA, M.F., VILLELE, SILVA, M. de L.O., GUIMARÃES, P.T.G., da SILVA, E.L. **Influência das lâminas de irrigação na maturação e produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) - 2ª Colheita**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 4, Araguari- MG. **Resumos...** Uberlândia: UFU/DEAGO, 2001. p.11-14.
- FERNANDES, A.L.T., SANTINATO, R., SANTO, J.E., AMARAL, R. **Comportamento vegetativo-reprodutivo do cafeeiro catuaí cultivado no Oeste Baiano sob irrigação por pivô central**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 1, 1998, Araguari. **Palestras e Resumos...** Uberlândia: UFU/DEAGO, 1998. p.40-4.

- FERNANDES, A.L.T., DRUMOND, L.C.D., MATIELO, J.B. **Utilização do sistema de aspersão em malhas de baixo custo para irrigação do cafeeiro.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24, 1999, Franca. **Anais...** Brasília: MARA-PROCAFÉ 1999. p.281-283.
- 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.
- KELLER, J., KARMELI D. **Trickle irrigation design.** Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133p
- LOPÉZ, R.J., ABREU, M.H., GALO, A.P., HERNÁNDEZ. J.F. **Riego Localizado.** Madri: Ediciones Mundi- Prensa, S. L. 1992. 205p.
- MAGALHÃES, A.C., ANGELOCCI, L.L. 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, 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.** Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, SP, 1986. p.165-264.
- MALAVOLTA, E., MOREIRA, A. Nutrição e adubação do cafeeiro adensado. In: PAVAN, M.A., CHAVES, J.C.D., SIQUEIRA, R., ANDROCIOLI FILHO, A. **Cultura do cafeeiro: o sistema de plantio adensado e a melhoria da fertilidade do solo.** Piracicaba: POTAFÓS. 1997. p.1-8. (Informações Agrônomicas, n.80).
- 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. **Irrigação do cafeeiro.** In: ZAMBOLIM, I. (Ed.) **Viçosa café - Produtividade, qualidade e sustentabilidade**, 1, 2000. p.263-290.
- MERRIAM, J.L., KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management.** Logan: Utah State University, 1978. 271p.
- NACIF, A.P. **Fonologia e produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí sob diferentes densidades de plantio e doses de fertilizantes, no cerrado de Patrocínio – MG.** Viçosa: UFV, 1997. 124p. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.

- PAPADOPOULOS, I. **Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro**. In: WORKSHOP DE FERTIRRIGAÇÃO, 1, 1999. Piracicaba-SP. Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças/ FOLEGATTI, M.V. (Coord.), Guaíba: Ed. Agropecuária, 1999, p.11-67.
- 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**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, SP, 1986. p.13-106.
- SANTINATO, R., LESSI, R., YAMADA, A. **Efeito do triadimenol associado ao dissulfuton (baysiston) e ao alicarb (bayfidan+temik) na recuperação de lavouras irrigadas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 22, 1996, ÁGUAS DE LINDÓIA. Anais... Brasília: MARAPROCAFÉ 1996. p. 200-203.
- SANTINATO, R., FERNANDES, A.L.T., FERNANDES, D.T. **Irrigação na cultura do café**. Campinas: Arbore, Lavras/MG, 2000.
- SCHMIDT, M.V.V. **Características hidráulicas do tubogotejador "Queen Gil"**. Viçosa: UFV, 1995. 43p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1995
- VIEIRA, R.F. Quimigação e fertigação. In: VIEIRA, C., PAULA JÚNIOR, T.J. de; BORÉM, A. **Feijão. Aspectos gerais e culturais no Estado de Minas Gerais**. Viçosa, Editora UFV, 1998. p.221-266.
- VIEIRA, R.F., BONOMO, R. Fertirrigação em café. In: ITEM. **Irrigação e Tecnologia Moderna**. Setembro 2000 p.64-73.

CAPITULO 2

ESTUDO DO EFEITO DO DÉFICE HÍDRICO E DOS FATORES CLIMÁTICOS NA UNIFORMIDADE DA FLORADA DO CAFEIEIRO

1. INTRODUÇÃO

Até poucos anos atrás a cafeicultura foi explorada quase que exclusivamente em áreas não-irrigadas. As mudanças no perfil da cafeicultura brasileira, na última década, potencializaram a busca de sistemas altamente tecnificados, que incorporam novos conhecimentos científicos e uma gestão empresarial, tanto em nível de pequenos quanto de grandes cafeicultores. Dentre esses avanços, destaca-se a utilização da irrigação, que pode proporcionar menores riscos, maior eficiência na utilização e aplicação de insumos, uniformização de floradas, além de maior produtividade e melhor qualidade do produto (MANTOVANI, 2000).

Atualmente, um café de excelente qualidade é produzido em regiões anteriormente consideradas impróprias, pelo elevado déficit hídrico, destacando-se o Triângulo Mineiro e o Alto Paranaíba em Minas Gerais, o norte do Espírito Santo e a região oeste da Bahia. O uso da irrigação suplementar tem se mostrado vantajoso até em locais com períodos curtos de deficiência hídrica, mas que coincidem com as fases críticas da cultura, sendo uma técnica em considerável expansão.

O café é uma espécie de floração gregária, ou seja, todas as plantas de uma região florescem simultaneamente, com número de floradas variável, desde umas poucas até várias ao longo do ano nas regiões equatoriais. Assim, enquanto na Região Sudeste do Brasil ocorrem de duas a três florações com intensidades decrescentes, na Costa Rica verificam-se até 15 (ALVIM, 1973). Esse hábito reprodutivo leva a dificuldades relacionadas com colheitas parciais, controle de doenças, controle de pragas e redução na qualidade dos grãos (RENA e MAESTRI, 1986).

Um fator importante e polêmico relacionado à irrigação do cafeeiro é a discutida necessidade de um déficit hídrico para a quebra de dormência do botão floral, para indução da floração, proporcionando uma florada uniforme, sem causar danos à produção. Entretanto, ainda não se tem conhecimento fisiológico suficiente para aplicar o déficit hídrico ideal e na época correta para atingir esses objetivos sob condições de campo.

Segundo RENA e MAESTRI (2000), o estudo das relações hídricas no cafeeiro é de particular interesse, uma vez que pequenas reduções na disponibilidade de água podem diminuir substancialmente o crescimento, ainda que não se observem murcha nas folhas ou quaisquer outros sinais visíveis de déficit hídrico. A redução no crescimento significa menor produção de nós disponíveis para a formação de flores, acarretando, conseqüentemente, queda na produção de frutos. Deste modo, a compreensão das relações hídricas no cafeeiro e de suas implicações ecofisiológicas pode oferecer subsídios ao técnico e ao cafeicultor, para que eles possam avaliar melhor a importância da água para os crescimentos vegetativo e reprodutivo dessa cultura, permitindo-lhes, ainda, tomar decisões mais conscientes sobre o manejo global da lavoura e desse caro e escasso componente de produção.

A uniformidade da floração tem implicações diretas na uniformidade de maturação dos frutos de café, que, por sua vez, terá grande influência na qualidade final do produto. Desta forma, o conhecimento de técnicas viáveis de uniformização da floração é de fundamental importância para organização e redução dos custos da colheita e para obtenção de um produto de melhor qualidade e maior valor agregado.

Considerando o exposto, este trabalho teve por objetivo obter informações que possam auxiliar no conhecimento das relações existentes entre o déficit hídrico, expresso como potencial hídrico foliar de antemanhã (Ψ_{am}), a dormência dos botões florais e a abertura floral do cafeeiro, com vistas a concentrar as floradas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A floração nas plantas compreende uma seqüência de eventos morfofisiológicos, que vai da indução floral até a antese, passando pelas fases intermediárias da evocação floral, diferenciação ou iniciação dos primórdios florais e desenvolvimento da flor (RENA e MAESTRI, 1986).

No cafeeiro a floração é composta por três fases: iniciação ou diferenciação floral, repouso ou quiescência e abertura floral. Cada fase é afetada por vários fatores, sendo difícil isolar o efeito de um fator específico, pois um mesmo fator pode afetar mais de uma fase, o que torna difícil o enfoque experimental e a interpretação do fenômeno (KUMAR, 1979).

BARROS et al. (1978) sugeriram que as condições que podem promover a abertura floral no cafeeiro são: a queda rápida de temperatura, independentemente da ocorrência de déficit hídrico, chuvas abundantes ou irrigações após um longo período de seca; e as quedas bruscas de temperatura, seguidas por suprimento de água, tanto sob a forma de chuvas quanto de irrigação, complementar ou sinergicamente.

Segundo RENA e MAESTRI (2000), há muita polêmica em torno da submissão do cafeeiro ao erroneamente chamado “estresse hídrico”; o mais apropriado seria denominá-lo simplesmente “déficit hídrico”. Porém, é aí que se localiza a confusão, pois é a planta que deve ser submetida ao déficit hídrico, que pode ocorrer mesmo estando o cafeeiro instalado em solo com o teor de água próximo à capacidade de campo ou mesmo dentro de

solução nutritiva. Tudo depende do déficit de pressão de vapor (DPV) a que a planta está submetida e do solo. Se o DPV for grande e, ou, a capacidade de retenção de água no solo for pequena (por exemplo, solos arenosos), poucas horas após a irrigação as folhas e as gemas já começam a experimentar deficiência hídrica.

Segundo MES (1957b), a provável influência da chuva na quebra da dormência dos botões florais do cafeeiro ocorre devido à queda de temperatura, porque os cafeeiros cultivados em vasos, dentro de estufas, que recebiam regas normais e não apresentavam sintomas de murcha, mantiveram os botões florais dormentes.

BROWING (1977) também considera que rápidas reduções na temperatura, que normalmente acompanham as chuvas nos trópicos, podem desempenhar um papel relevante na quebra da dormência dos botões florais do café. Nas condições do Quênia, o florescimento está certamente associado às rápidas reduções na temperatura, exceto após secas prolongadas. Neste caso, chuvas ou irrigação são suficientes para determinar a quebra da dormência e, conseqüentemente, a abertura floral. O autor concluiu que a quebra da dormência ocorria apenas quando a temperatura decrescia em 3°C ou mais, em um período de 45 minutos ou menos, e que tais alterações estavam sempre associadas a chuvas.

RENA e MAESTRI (1986) relataram que o reinício do crescimento e a abertura do botão floral, aparentemente, dependem da temperatura. No entanto, MES (1957b) comentou que, em condições naturais dos trópicos, as chuvas vêm comumente acompanhadas de queda de temperatura, dificultando, assim, a identificação do fator predominante.

O efeito do déficit hídrico sobre a iniciação floral não tem sido investigado sistematicamente, sendo difícil correlacionar os dois fenômenos por meio de observações fenológicas (RENA e MAESTRI, 1986). No Sudeste do Brasil, BARROS e MAESTRI (1973) constataram que a iniciação floral ocorre à medida que os dias se encurtam, a temperatura se reduz e a estação seca avança. Na Colômbia, a iniciação floral está associada a baixas precipitações, e antes da maturação de ramos e botões florais há necessidade de um período seco para a abertura da flor (HAARER, 1962; TROJER, 1968).

ALVIM (1973) destacou a importância de um período seco prévio à abertura floral. Em experimentos realizados no Peru, região costeira onde raramente chove, verificou-se que nos cafeeiros constantemente irrigados os botões florais não se abriam, ao contrário da abertura floral regular quando os cafeeiros eram submetidos a déficit de água. Assim, o autor sugeriu que um período de seca é necessário para quebrar a dormência dos botões e que a subsequente adição de água era necessária apenas para a indução do crescimento das gemas quiescentes, fenômeno ao qual ele denominou “hidroperiodismo”.

RENA e MAESTRI (1986) citaram vários autores que fizeram observações semelhantes, dando suporte à hipótese levantada por ALVIM (1973). Porém, FRANCO (1962), trabalhando com cafeeiros em solução nutritiva, observou uma floração semelhante e simultânea àquelas dos cafeeiros em condições naturais, o que aparentemente contraria a hipótese do hidroperiodismo.

Por outro lado, MAGALHÃES e ANGELOCCI (1976), medindo paralelamente o potencial hídrico dos botões florais e de seus respectivos pares de folhas, observaram que a quebra da dormência de botões florais, em cafeeiros sob irrigação localizada, somente ocorria quando o potencial hídrico das folhas se encontrava abaixo de $-1,2$ MPa. Assim, os autores levantaram a hipótese de que, em condições de déficit hídrico, as folhas fornecem água aos botões, até que se estabeleça um equilíbrio entre seus potenciais. Concluíram que um potencial hídrico foliar de $-1,2$ MPa é necessário para que ocorra a quebra da dormência e que a irrigação causa a abertura floral em virtude de uma rápida turgescência dos botões florais.

PERINGER e BORTHWICK (1955) estudaram as reações fotoperiódicas em cafeeiros de um ano e meio de idade e observaram que todas as plantas que possuíam botões florais puderam ser levadas repetidamente ao florescimento por meio de períodos alternados de seca e regas. Esses autores também observaram que, quando as regas eram suspensas por vários dias e depois se irrigava abundantemente, a floração se dava em aproximadamente duas semanas. Se a alternância de secas e regas do solo pode estimular o florescimento também de plantas mais velhas, deve-se

esperar que nas condições de campo o florescimento ocorra após a irrigação, durante a estação seca (MES, 1957a).

ASTEGIANO (1984), estudando a movimentação da água e a quebra da dormência dos botões florais do cafeeiro, encontraram uma relação entre a presença da folha subtendida e a tensão hídrica, e concluíram que a presença desta folha aumentou o ingresso de água para os botões. Os autores destacaram que a passagem por um período de déficit hídrico foi essencial para a quebra da dormência dos botões florais.

Uma outra hipótese seria a de que os botões florais dormentes fariam uma leitura acumulativa da tensão hídrica, tanto em magnitude, quanto na duração (dada por um período prolongado ou pelo acúmulo de períodos curtos). Nas plantas que não tiveram um período definido de tensão hídrica, a dormência só é quebrada em espaços de tempo mais prolongados, uma vez que plantas constantemente irrigadas apresentam, em dias quentes e ensolarados, curtos períodos de déficit hídrico, em razão da demanda transpiratória (ASTEGIANO, 1984).

CANNELL (1983) afirmou que a uniformidade das floradas e, conseqüentemente, da colheita está intimamente ligada à quebra da dormência floral e à subsequente antese. Do ponto de vista prático, um maior ou menor período de dormência faz com que botões iniciados em diferentes ocasiões possam alcançar o mesmo grau de desenvolvimento, ao final de certo tempo, e com isto estabelecer uma uniformização das floradas gregárias do café (RENA e MAESTRI, 1986).

Um melhor conhecimento das causas de ocorrência e de interrupção da dormência dos botões florais do cafeeiro seria de grande utilidade para o manejo da cafeicultura, pois tornaria possível, por exemplo, regular o florescimento das plantas, de modo a obter floradas em menor número, mais regulares e uniformes, como acontece em regiões secas ou quando a chuva é escassa (RAYNER, 1946).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Características da área experimental

O presente trabalho foi desenvolvido na fazenda Laje, uma das áreas de observação e pesquisa em cafeicultura irrigada, implantada pela UFV, em parceria com produtores da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, localizada a 15 km do centro do município de Viçosa, a uma latitude 20° 75' S, longitude 42° 88' W e altitude média de 648 m.

O trabalho foi desenvolvido de junho de 2000 a maio 2001, em uma área experimental de 0,3 ha, de topografia acidentada, típica da região de Viçosa-MG.

O sistema de irrigação é do tipo localizado, composto por tubogotejador, com dimensões de 16 mm de diâmetro, espessura de parede 200 µm, com emissores do tipo labirinto inseridos ao tubo, espaçados de 0,33 m, com vazão de 4,5 L/m/h, a uma pressão equivalente 68,6 kPa.

O cabeçal de controle é constituído de um sistema de filtragem com dois filtros de disco: um de 180 e o outro de 200 mesh, instalados nesta seqüência: válvulas de controle, manômetro de glicerina e conjunto de aplicação de fertilizantes, composto por um reservatório de 350 L e um injetor tipo Venturi, com capacidade de injeção 90 L/h.

As análises físico-hídricas e química do solo da área experimental foram realizadas nos laboratórios da UFV. Sua classificação textural é

argilosa, com 31 e 20,2% (em peso) de valores médios de capacidade de campo, ponto de murcha permanente e densidade aparente média igual a 1,32 g/cm³. A análise química indicou boa disponibilidade de nutrientes no solo e serviu de base para todo o programa de adubação da cultura.

3.2. A cultura

O experimento foi instalado em uma área com café Catuaí IAC 44, com nove anos, com espaçamento de 3 m entre as linhas e 1 m entre as plantas. As plantas apresentavam bom estado nutricional quando o experimento foi implantado, o que pode ser confirmado pelos resultados das análises foliares apresentados (Quadro 1).

Quadro 1 - Macro e micronutrientes nas folhas do cafeeiro, obtidos em junho de 2000, início do experimento

Elementos										
N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	B	Cu	Mn	Fe
----- g/kg -----						----- mg/kg -----				
30,77	1,43	30,50	20,14	3,78	1,71	10,26	34,88	103,2	306,9	171,8

3.3. O manejo da irrigação

A irrigação foi controlada por meio do balanço de água no solo, seguindo o programa computacional SISDA 3, considerando as características físico-hídricas do solo, as características fenológicas da cultura e os dados climáticos da região. Considerou-se o fator de disponibilidade de água no solo igual a 50%, na profundidade radicular de 0,6 m. Os valores de kc utilizados para cálculo da ETc foram obtidos na literatura (GUTIÉRREZ e MEINZER, 1994) e os valores de ks e kl para correção da ETo, para irrigação localizada, foram obtidos mediante o uso do método logarítmico (BERNARDO, 1995)

3.4. Obtenção dos dados meteorológicos

Os dados climáticos utilizados para o estudo dos efeitos das variáveis climáticas sobre o desenvolvimento do botão floral foram obtidos com o uso de uma estação meteorológica automática, marca Micromettos, instalada no local, que fornece dados horários de temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima, umidade relativa, velocidade do vento, radiação solar (W/m^2), precipitação e horas de brilho solar. O déficit de pressão de vapor foi determinado por meio da metodologia descrita por SMITH (1991), conforme a equação 1:

$$DPV = e_a - e_d = \frac{e_{a(Tmax)} + e_{a(Tmin)}}{2} - e_d \quad (1)$$

em que

DPV = déficit de pressão de vapor [kPa];

$e_{a(Tmax)}$ = pressão de vapor de saturação à Tmax [kPa];

$e_{a(Tmin)}$ = pressão de vapor de saturação à Tmin [kPa];

e_d = pressão parcial de vapor [kPa]; e

e_a = pressão de vapor saturação [kPa].

3.5. Tratamentos experimentais

Foram implantados seis tratamentos, cada um contendo um total de 50 plantas, das quais foram demarcadas oito, ao acaso, para serem avaliadas. Os tratamentos implantados foram:

- Tratamento D₁: não-irrigado.

- Tratamento D₂: irrigado sem interrupção.

- Tratamento D₃: irrigado com interrupção da irrigação por 30 dias, no mês de junho.

- Tratamento D₄: irrigado com interrupção da irrigação por 60 dias, nos meses de junho e julho.

- Tratamento D₅: irrigado com interrupção da irrigação por 30 dias, no mês de julho.







- Tratamento D₆: irrigado com interrupção da irrigação por 60 dias, nos meses de julho e agosto.

3.6. Avaliação das floradas e do pegamento de frutos

Das oito plantas demarcadas previamente, foram escolhidos, aleatoriamente, dois ramos plagiotrópicos do terço médio superior de cada planta, ramos nos quais foram feitas as contagens dos números de flores obtidos. Definiu-se o estágio 5 (Figura 1) como indicador da contagem do número de flores em cada florada. Nesses mesmos ramos, foi feito um estudo do pegamento final dos frutos, por meio de sua contagem quando eles se encontravam na fase final de maturação.

3.7. Potencial hídrico foliar

O potencial hídrico foliar de antemanhã (Ψ_{am}) foi medido com uma bomba de pressão de SCHÖLANDER, no final do período de déficit, antes da abertura dos estômatos, entre as 6 e as 7 horas da manhã. Foram avaliadas seis plantas por tratamento e três folhas por planta, obtidas dos terços inferior, médio e superior. O Ψ_{am} médio por planta foi obtido pela média dos valores das três folhas; para o tratamento trabalhou-se com a média dos valores do Ψ_{am} das oito plantas.

Estádio	Aspecto	Características
E1		Inchamento dos entrenós com presença de estípulas.
E2		Tamanho: 2 mm. Botão floral indiferenciado de cor verde, coberto por estípulas, e presença de mucilagem cor âmbar.
E3		Tamanho: 2,6 mm. Botões florais em desenvolvimento, sobressaindo as estípulas.
E4		Tamanho: 4,4 mm. Botões florais de cor verde-clara no estágio de dormência.
E5		Tamanho: de 6 a 10 mm. Botões florais de cor branca, próximos à abertura.
E6		Flores.

Fonte: Womer e Guituanja (1970), citados por CAMAYO-V e ARCICA-P (1996).

Figura 1 - Estádios de desenvolvimento do botão floral do cafeeiro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Efeito do déficit hídrico sobre a quebra da dormência na floração do cafeeiro

A imposição dos défices hídricos, pela supressão da irrigação, foi feita de 1º de junho a 30 de agosto de 2000. Durante este período ocorreram várias chuvas (Figura 2), porém de baixas intensidades, exceto duas de 30 mm, que, no entanto, não tiveram nenhum efeito sobre a quebra da dormência dos botões florais, provavelmente porque estes não tinham ainda atingido o estágio 4 de desenvolvimento (Figura 1), descrito por CRISOSTO et al. (1992), quando eles apresentam condições fisiológicas para que ocorra a quebra da dormência. Para todos os tratamentos, o estágio 4 ocorreu entre 28 e 29 agosto, levando à primeira florada.

Em 3 de julho, os tratamentos D1, D3 e D4, que passaram por déficit hídrico por 30 dias no mês de junho, apresentaram Ψ_{am} de -0,8 MPa e δ de 24,2 mm, enquanto os tratamentos D2, D5 e D6, que vinham recebendo irrigações normalmente, apresentaram Ψ_{am} de -0,2 MPa e δ de 0 mm, com umidade do solo próxima da CC (31%). Esses valores dos défices hídricos e a variação da umidade do solo devido à aplicação de irrigação e à ocorrência de chuvas, para os tratamentos D1, D2, D3, D4, D5 e D6, podem ser mais bem observados nas Figuras de 3 a 8, respectivamente.

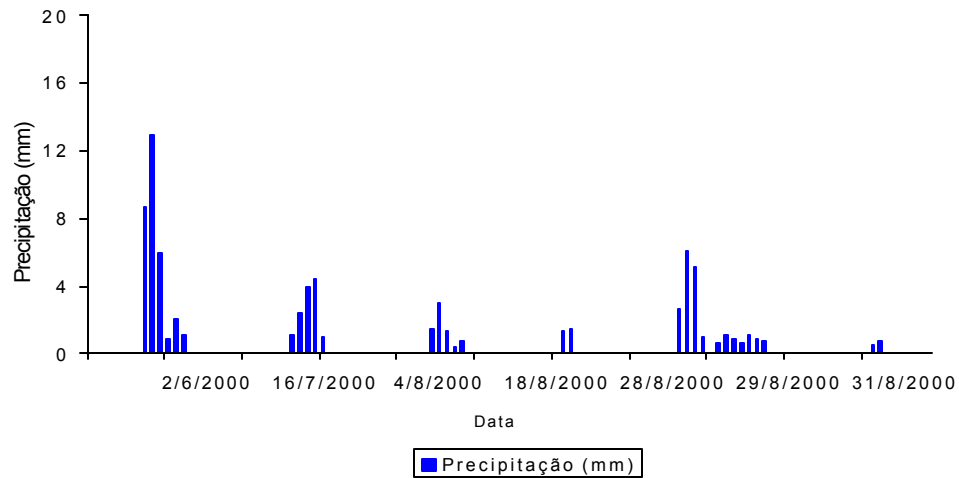


Figura 2 - Valores de distribuição das chuvas durante a condução do experimento.

Quadro 2 - Valores de potencial hídrico foliar de antemãhã (Ψ_{am}) e déficit de água no solo, em mm (δ)

Tratamentos	Data					
	3/7/2000		3/8/2000		28/8/2000	
	Ψ_{am} (Mpa)	δ (mm)	Ψ_{am} (Mpa)	δ (mm)	Ψ_{am} (Mpa)	δ (mm)
Não-irrigado	-0,8	22,4	-1,2	25,5	-1,8	35,1
Irrigado Permanente	-0,2	0,0	-0,2	0,0	-0,2	0,0
Défice por 30 dias (junho)	-0,8	24,2	-0,2	0,0	-0,2	0,0
Défice por 60 dias (junho/ julho)	-0,8	24,2	-1,2	24,8	-0,2	0,0
Défice por 30 dias (julho)	-0,2	0,0	-0,7	15,0	-0,2	0,0
Défice por 60 dias (junho/ agosto)	-0,2	0,0	-0,7	15,0	-1,9	28,2

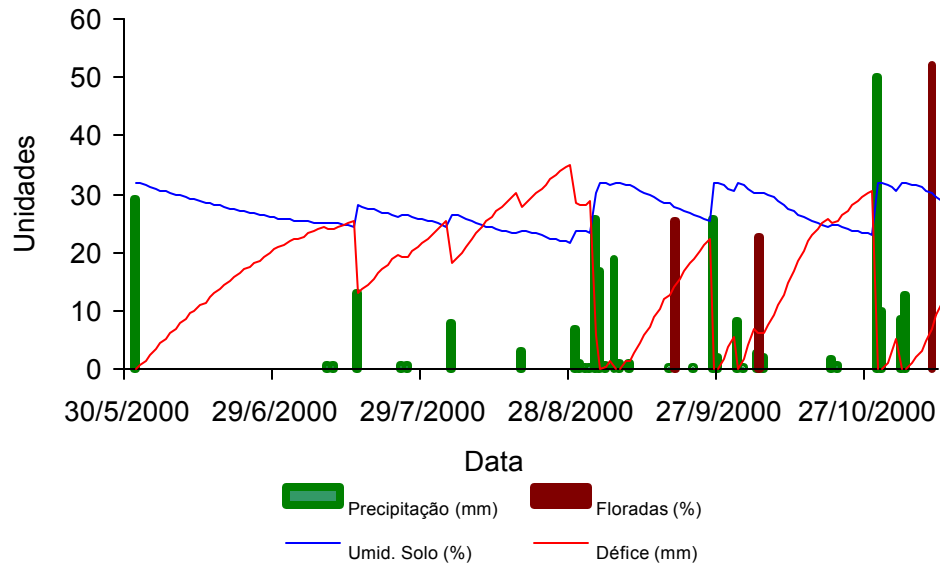


Figura 3 - Valores de precipitação, déficit de água no solo, umidade do solo e porcentagem de flores emitidas para o tratamento não-irrigado.

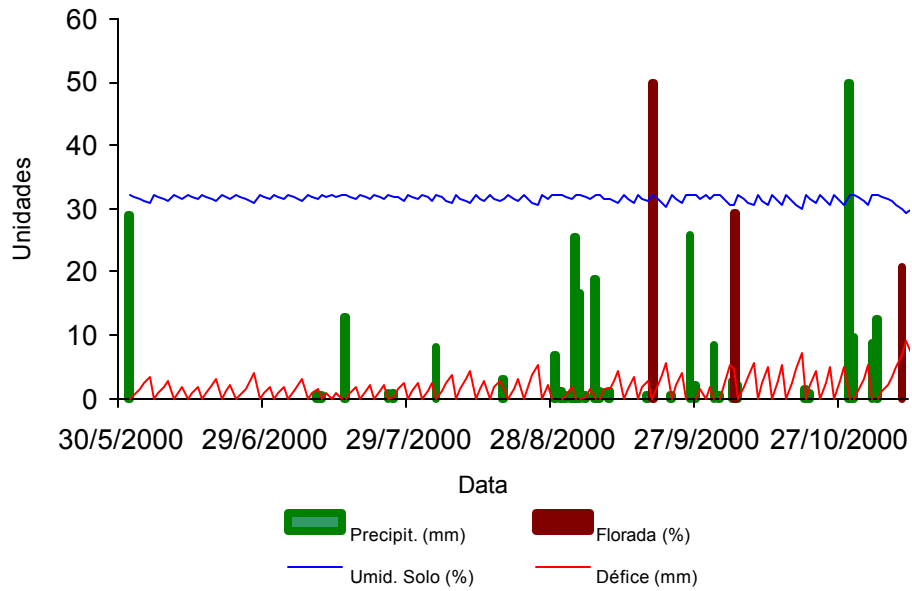


Figura 4 - Valores de precipitação, déficit de água no solo, umidade do solo e porcentagem de flores emitidas para o tratamento irrigado plenamente.

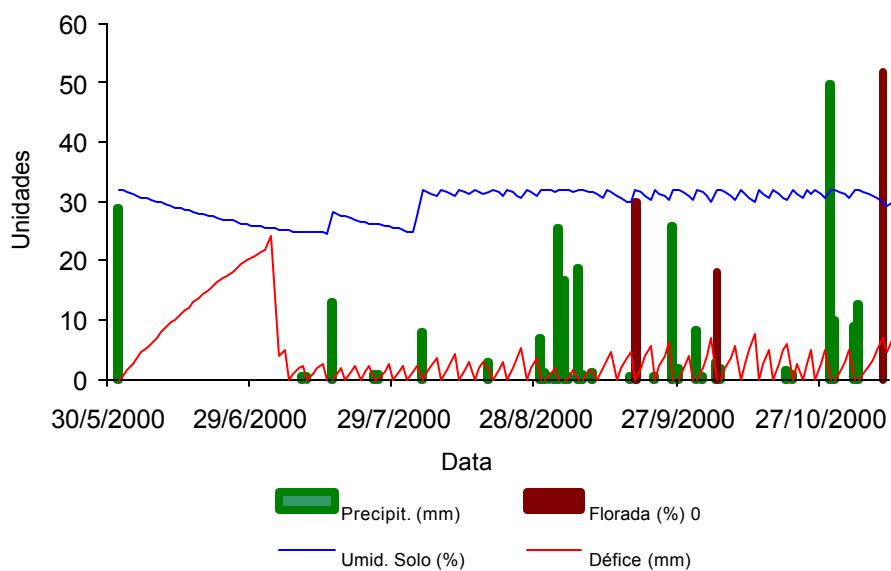


Figura 5 - Valores de precipitação, déficit de água no solo, umidade do solo e porcentagem de flores emitidas para o tratamento déficit por 30 dias (junho).

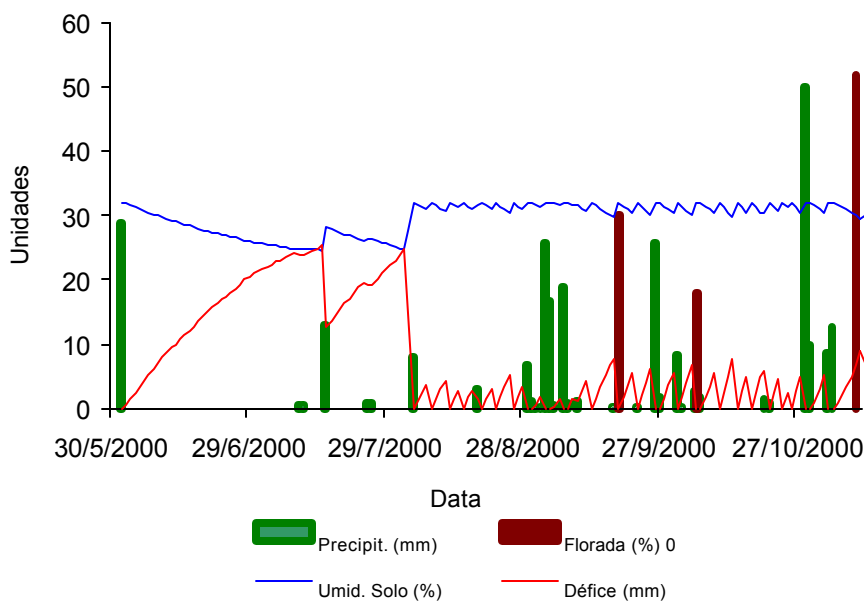


Figura 6 - Valores de precipitação, déficit de água no solo, umidade do solo e porcentagem de flores emitidas para o tratamento déficit por 60 dias (junho/julho).

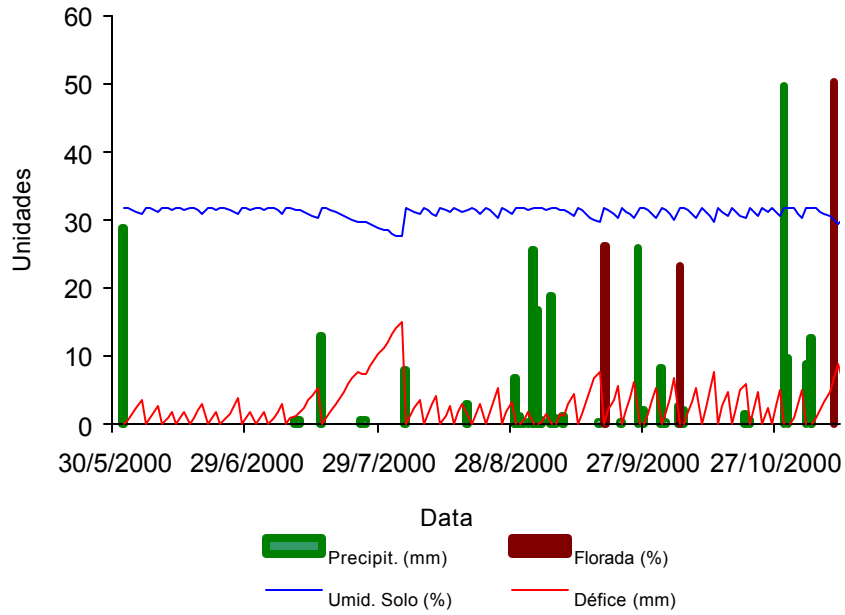


Figura 7 - Valores de precipitação, déficit de água no solo, umidade do solo e porcentagem de flores emitidas para o tratamento déficit por 30 dias (julho).

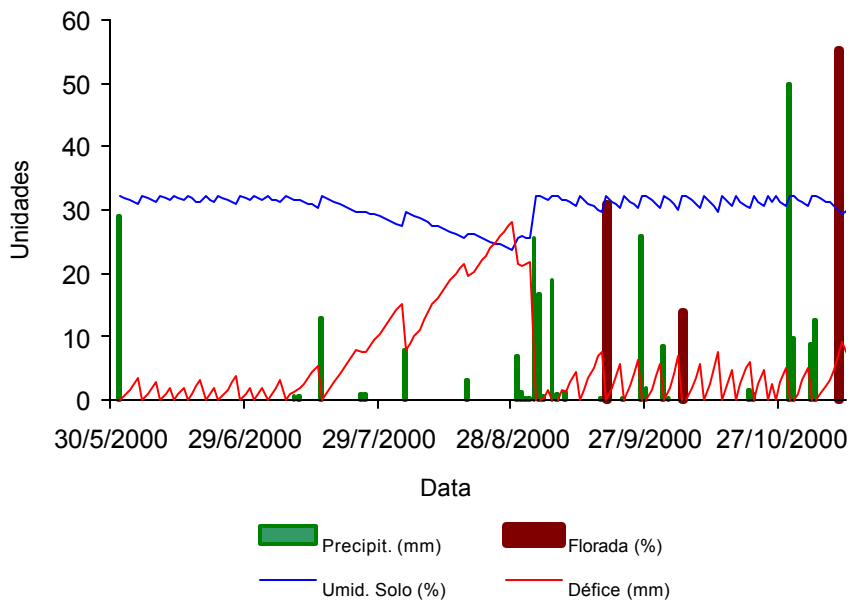


Figura 8 - Valores de precipitação, déficit de água no solo, umidade do solo e porcentagem de flores emitidas para o tratamento déficit por 60 dias (julho/agosto).

A volta da irrigação para o tratamento D3 não causou qualquer floração, uma vez que os botões florais, em todos os tratamentos, encontravam-se entre os estádios 2 e 3 (Figura 1), que não eram, ainda, sensíveis ao déficit hídrico (CRISOSTO et al., 1992).

Em 3 de agosto, os tratamentos D2 e D3 apresentaram Ψ_{am} de -0,2 MPa e δ de 0 mm com umidade do solo próxima a CC, os tratamentos D5 e D6 tinham Ψ_{am} -0,7 MPa e δ de 15 mm, os tratamentos D1 e D4 apresentaram, após esse período, valores Ψ_{am} -1,2 MPa e δ de 24,8 mm.

Em 28 de agosto, os tratamentos D2, D3, D4 e D5 apresentaram Ψ_{am} de -0,2 MPa e δ de 0 mm, com umidade do solo próxima à CC, enquanto os tratamentos D1 e D6 de -1,8 e -1,9 MPa, respectivamente, correspondentes a δ de 35,1 e 28,4 mm. Uma avaliação dos estádios de desenvolvimento dos botões florais mostrou grande desuniformidade, tendo sido encontrados botões nos estádios 2, 3 e 4, em todos os tratamentos. Observa-se que os valores de Ψ_{am} para os tratamentos D1 e D6 foram praticamente iguais, apesar de o tratamento D1 não ter recebido nenhuma irrigação, demonstrando não ser necessária a aplicação de déficit no mês de junho, para que se atinja Ψ_{am} suficientes para quebra da dormência.

Alguns autores, como MAGALHÃES e ANGELOCCI (1976) e ASTEGIANO (1984), afirmam que o Ψ_{am} de -1,2 MPa é suficiente para quebrar a dormência dos botões florais de cafeeiros, quando estes se encontram no estágio 4, mesmo sob irrigação localizada. Em 3 de agosto, quando se encerrou o período de déficit no tratamento D4, as plantas apresentaram Ψ_{am} de -1,2 MPa. Com a volta da irrigação elevando a umidade do solo à CC, observou-se que não houve floração, porque os botões florais ainda se encontravam nos estádios 2 e 3 (Figura 1).

O reinício das irrigações no tratamento D6 coincidiu com o início das chuvas de maior intensidade nos dias 28, 29 e 30 de agosto, totalizando 50 mm, o que proporcionou a abertura floral 13 dias depois das precipitações, correspondente aos botões que estavam no estágio 4, na época das chuvas.

Aparentemente, os défices foram aplicados em época errada, quando a maior parte dos botões florais não estava ainda suscetível (estádio 4) à quebra do déficit hídrico, quer aplicado via irrigação ou precipitação.

Certamente, se tivesse havido uma melhor adequação do déficit com o desenvolvimento dos botões florais, sendo este aplicado quando maior parte dos botões florais se encontrasse no estágio 4, seria observada uma maior uniformidade entre as floradas.

Entre os dias 1^o e 27/9/2000 não houve ocorrência de precipitações, mas foi quando os botões florais apresentaram desenvolvimento com mudanças de estádios entre 2, 3 e 4, com maior concentração nos dois últimos estádios. No dia 27/9, com a ocorrência de uma precipitação de 28 mm, observou-se a quebra da dormência dos botões florais que se encontravam no estágio 4; dez dias após ocorreu a abertura floral para todos os tratamentos.

O tratamento não-irrigado atingiu um δ igual a 30,6 mm, em 29/10/2001, quando ocorreu uma precipitação de 50 mm, que induziu à florada em todos os tratamentos dez dias depois. No Quadro 3 estão as datas das floradas, com uma análise estatística e a porcentagem de flores emitidas para os devidos tratamentos.

Quadro 3 - Número médio de botões emitidos por tratamentos em três floradas

Tratamentos	1 ^a Florada (9/9/2001)		2 ^a Florada (5/10/2001)		3 ^a Florada (9/11/2001)	
	Médias	%	Médias	%	Médias	%
Não irrigado	34,9 A	25,2	31,5 A	22,7	72,3 A	52,1
Irrigado Permanente	60,5 A	50,0	35,4 A	29,3	25,1 B	20,7
Défice por 30 dias (junho)	42,2 A	33,7	21,0 A	16,8	62,0 A B	49,5
Défice por 60 dias (junho/ julho)	32,7 A	30,1	19,6 A	18,0	56,4 A B	51,9
Défice por 30 dias (julho)	34,7 A	26,3	30,9 A	23,4	66,5 A B	50,3
Défice por 60 dias (junho/ agosto)	43,6 A	30,9	19,4 A	13,8	78,2 A B	55,4
Média	41,5	32,6	26,3	20,5	60,1	46,9

* Os valores seguidos pela mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observaram-se três floradas, sendo estas nas mesmas datas para todos os tratamentos. Com exceção do tratamento D2, que emitiu maior número de flores na primeira florada (50%), nos outros tratamentos a maior concentração das flores ocorreu na última florada, apresentando uma média

porcentual de 60,1%. O espaçamento entre a primeira e a última florada foi de 60 dias cada, o que em termos de maturação causa uma desuniformidade muito grande. Observou-se que, enquanto alguns frutos estavam maduros (estádio de cereja), outros ainda estavam no estágio de enchimento de grãos, dificultando a colheita.

Como não houve diferença entre os tratamentos quanto à época e ao número de floradas, cabe fazer uma análise quanto ao pegamento das flores. Para isto, foi feita a contagem do número de frutos colhidos, para verificar os efeitos do déficit hídrico na produtividade. No Quadro 4 estão o número médio de flores emitidas por ramo e o número final de frutos colhidos.

Quadro 4 - Número médio de botões emitidos, média de frutos colhidos por ramo e porcentagem de pegamento de frutos

Tratamento	Números de Flores Emitidas	Número de Frutos Colhidos	Pegamento (%)
Não-irrigado	121,1 A	38 B	31,37
Irrigado Permanente	138,8 A	77 A	55,48
Déficit por 30 dias (junho)	125,3 A	60 A	47,90
Déficit por 60 dias (junho/ julho)	108,8 A	57 A	52,38
Déficit por 30 dias (julho)	132,1 A	67 A	50,71
Déficit por 60 dias (junho/ agosto)	141,3 A	75 A	53,10
Média	127,9	62,33	48,7

* Os valores seguidos pela mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Não foi observada diferença estatística entre todos os tratamentos, para o número de flores emitidas; para o número de frutos colhidos apenas o tratamento não-irrigado (D1) apresentou diferenças significativas em relação aos demais tratamentos.

A relação porcentual entre flores emitidas e frutos colhidos, para os tratamentos que receberam défices controlados, variou de 47,9 a 55,48 %, sendo em média de 51,9%, valor considerado satisfatório e próximo ao valor de 50 %, encontrado por REIS et al. (1956), na região de Campinas. No tratamento D2, que não recebeu irrigação em momento algum, a água influenciou a formação e o pegamento das flores e, conseqüentemente, a

produtividade do cafeeiro. Um acompanhamento do desenvolvimento do botão floral em nível de estádios e uma aplicação do déficit hídrico no momento certo poderão afetar de maneira significativa o pegamento floral, elevando, assim, a produtividade.

4.2. Efeito da queda de temperatura e do déficit de pressão de vapor sobre a retomada do crescimento do botão e a antese

Após o reinício das irrigações, não foram observados, para todos os tratamentos, efeitos da irrigação tanto no retorno do crescimento dos botões florais. No entanto, a ocorrência de uma chuva desencadeou o crescimento dos botões florais, visto que 13 dias após a sua ocorrência todos os tratamentos floriram. A influência da chuva provavelmente se deve à redução da temperatura (Figura 9), conforme sugerem vários autores (MES, 1957a; BROWNING, 1977; RENA e MAESTRI, 1986).

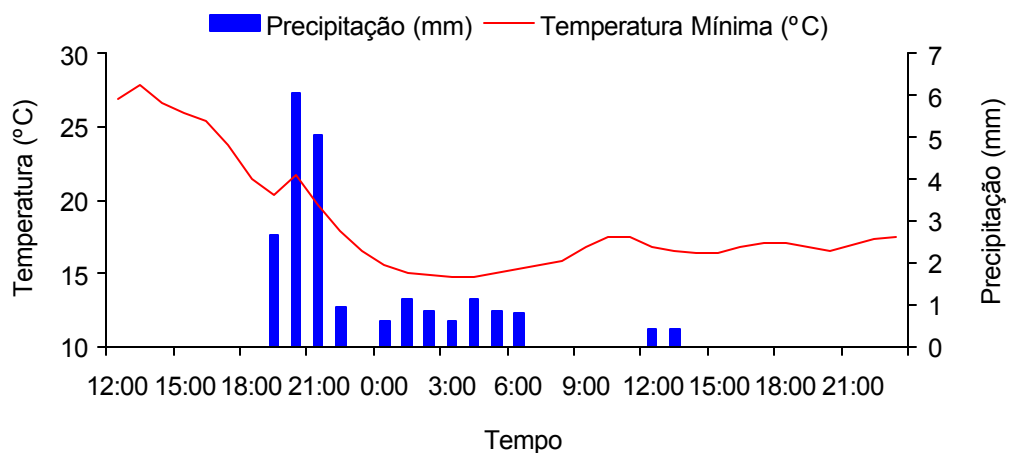


Figura 9 - Variações de temperatura durante as precipitações que desencadearam a primeira florada (9/9/2001).

Essa queda de temperatura não ocorre quando se trabalha com irrigação localizada, onde a água é aplicada diretamente na superfície do solo, e possivelmente não aconteceria sob irrigação por aspersão, que provavelmente acarretaria alterações em microclima somente na área

irrigada, porém, dependendo do tempo de aplicação de água por aspersão, possivelmente ocorreria a quebra da dormência dos botões florais.

Assim como na primeira florada, a segunda só veio a ocorrer depois de um período de 28 dias sem chuvas, após o qual houve a ocorrência de chuvas, que promoveram a queda da temperatura (Figura 10). Foi observada também a quebra da dormência dos botões florais, que após dez dias entraram em antese. O mesmo foi observado na terceira florada (Figura 10), quando a chuva e, conseqüentemente, a queda da temperatura causaram o crescimento dos botões florais e a antese após dez dias.

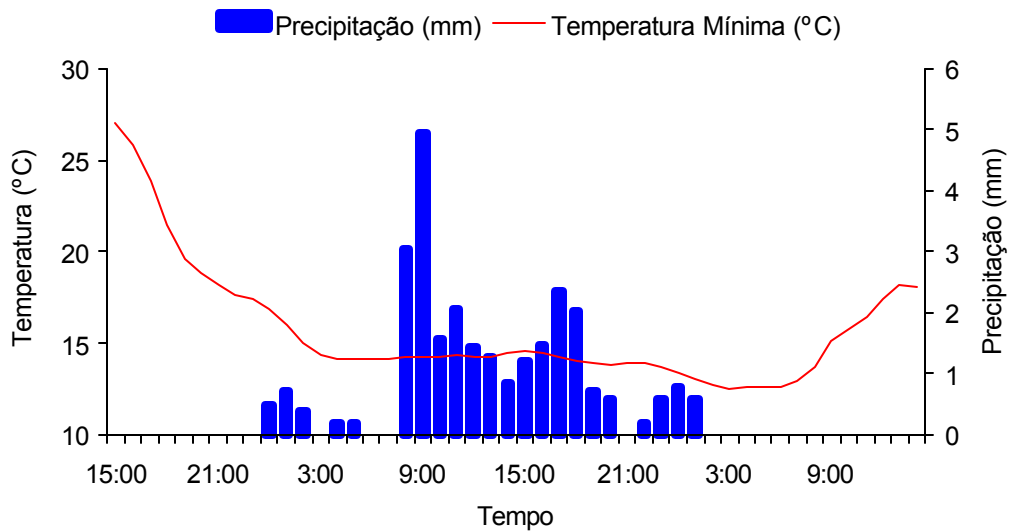


Figura 10 - Variações de temperatura durante as precipitações que desencadearam a segunda florada (5/10/2000).

Assim, é provável que a queda rápida de temperatura tenha sido a responsável pela quebra da dormência, mesmo quando as plantas não foram sujeitas a um déficit hídrico, a chuvas abundantes ou a irrigações, após um longo período de seca. Porém, RENA e MAESTRI (1986) relataram que alguns estudos com ramos cortados que foram imersos em água mostraram efeitos contrários ao hipotético efeito da baixa temperatura, como o de MES (1957b), que, submergindo ramos em água, à temperatura ambiente a 30 °C dia/24 °C noite e a 23 °C dia/17 °C noite, verificou florescimento igual.

O início das precipitações geralmente está relacionado com a chegada de frentes frias e, conseqüentemente, com quedas de temperatura, aumentando também a umidade relativa, que por sua vez provoca queda no déficit de pressão de vapor (DPV).

O efeito do DPV sobre a dormência dos botões florais não tem sido muito estudado. Aparentemente, existe uma relação entre esta variável climática e outras variáveis, como temperatura e precipitação.

Na Figura 12 estão apresentadas as curvas de variação do DPV e de precipitação ocorridas ao longo do experimento. Observa-se que a ocorrência de precipitações sempre ocasionou uma queda no DPV, porém só foram observadas alterações no desenvolvimento dos botões florais quando a queda do DPV foi acompanhada por queda de temperatura. A precipitação ocorrida no dia 28 de agosto induziu à quebra da dormência dos botões florais, que entraram em antese 13 dias após, para todos os tratamentos, independentemente do potencial hídrico das folhas. Observa-se que houve uma queda na temperatura juntamente com o déficit de pressão de vapor. Este fato também foi observado na ocorrência da quebra de dormência, que induziu a duas próximas floradas, evidenciando um sinergismo entre temperatura, déficit de pressão de vapor e precipitação sobre a quebra da dormência dos botões florais do cafeeiro.

Diante dos resultados obtidos, parece evidente que só com estudos mais aprofundados sobre o efeito do déficit hídrico aliado a fatores climáticos, como precipitações, temperatura e déficit de pressão de vapor, sobre o desenvolvimento do botão floral do cafeeiro, devendo, portanto, aguardar dados mais esclarecedores. A adequação da aplicação do déficit hídrico aos estádios de desenvolvimento do botão floral pode vir a ser o fato crucial para obtenção de floradas uniformes, sem afetar a produtividade do cafeeiro.

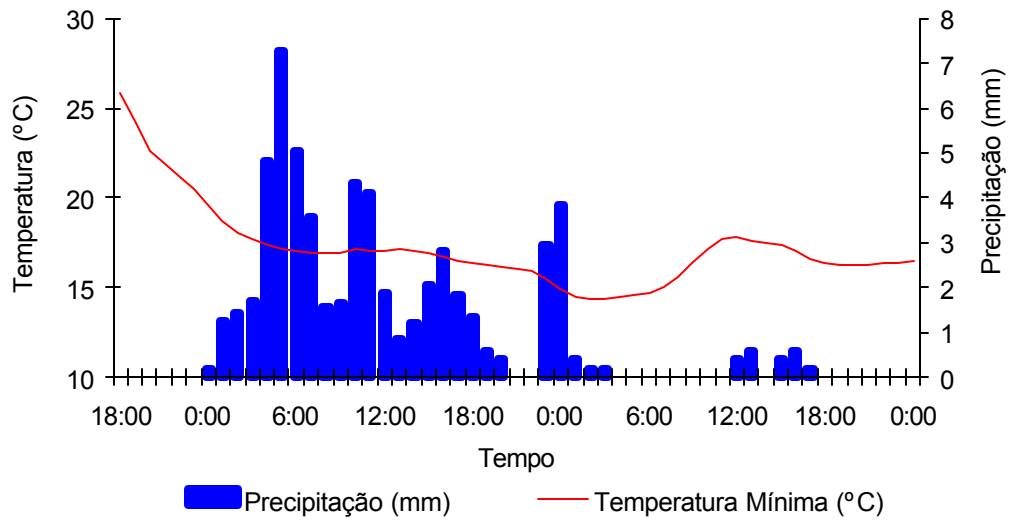


Figura 11 - Variações de temperatura durante as precipitações que desencadearam a terceira florada (9/11/2001).

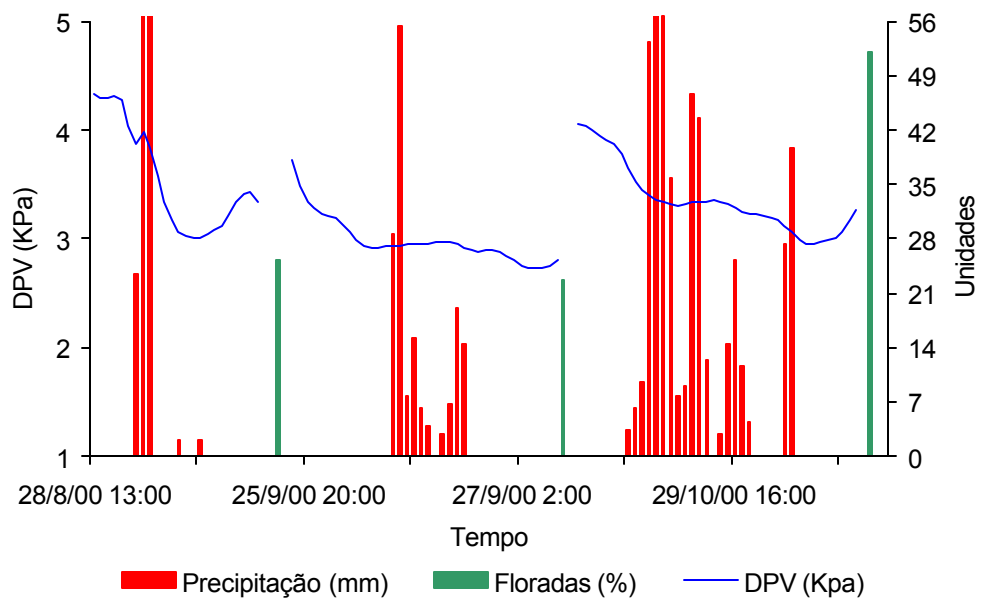


Figura 12 - Variações do déficit pressão vapor durante as precipitações que desencadearam as três floradas (9/9, 5/10 e 9/11 /2001).

5. RESUMO E CONCLUSÕES

A uniformidade da floração é um importante aspecto a ser considerado no manejo da cafeicultura irrigada, pois tem implicações diretas na uniformidade de maturação dos frutos de café, que, por sua vez, terá grande influência na qualidade final do produto.

Neste trabalho, foram estudadas as relações existentes entre o déficit hídrico da folha e a abertura floral do cafeeiro, com vistas à uniformização das floradas. O trabalho foi desenvolvido em Viçosa, Minas Gerais, no período de junho de 2000 a maio 2001, em cafeeiros do cultivar Catuaí IAC 44, com nove anos, na densidade de 3.330 plantas/ha, irrigados por gotejamento. Foi medido o potencial hídrico da folha antemanhã (ψ_{am}), determinado o número de flores e realizado o estudo de pegamento final dos frutos, para os seguintes tratamentos: não-irrigado; irrigado sem interrupção; irrigado com interrupção da irrigação por 30 dias, no mês junho; irrigado com interrupção da irrigação por 60 dias, nos meses de junho e julho; irrigado com interrupção da irrigação por 30 dias, no mês de julho; e irrigado com interrupção da irrigação por 60 dias, nos meses de julho e agosto.

Os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

- Não houve quebra da dormência dos botões florais devido ao déficit hídrico imposto e à posterior irrigação, mesmo quando ψ_{am} alcançou -0,8 MPa, após 30 dias de déficit, e -1,2 e -1,9 MPa, após 63 e 90 dias, respectivamente.

- A quebra da dormência dos botões florais só ocorreu quando estes se encontravam no estágio de desenvolvimento 4, definido por CRISOSTO et al. (1992).

- A quebra da dormência dos botões florais ocorreu, em todos os tratamentos, após a ocorrência de precipitações acompanhadas de queda brusca de temperatura, mesmo nos tratamentos com ψ_{am} de -0,2 MPa.

- Aparentemente, existe um sinergismo entre os fatores climáticos, como precipitações, temperatura e déficit de vapor, agindo sobre o desenvolvimento do botão floral, o que leva à antese quando estes se encontram no estágio 4.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVIM, P.T. **Factors affecting flowering of coffee**. New York: Plenum, SBR, A M. ed Genes Enzymes and Population. 1973. p.193-202.
- ASTEGIANO, E.D. **Movimentação de água e quebra de dormência dos botões florais de café**. Viçosa-MG: UFV, 1984. 42p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1984.
- 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 (107), p.44-52, 1973.
- 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.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1995. 596p.
- BROWING, G. Environmental control of flower bud development in *Coffea arabica* L. In: LANDSBERG, J.J., CUTTING, C.V. (Eds). **Environmental effects on crop physiology**. New York: Academic Press. p.321- 331, 1977.
- CAMAYO, V.G.C., ARCILA, P.J. Estudio anatómico e morfológico de la diferenciación e desarrollo de las flores del cafeto *Coffea arábica* L. variedad Colombia. **Canicafé**, v. 47, n. 3, p.121-139,1996.
- CAPOT, J. **La polinisation artificielle des caféiers allogames et Son Rôle dans leurs amelioration**. Café, Cacao, thé, Nogent. Marne, n.8, p.75-88, 1964.
- CANNELL, M.G.R. Exploited plants: coffee. **Biologist**, v.30, p.257-63, 1983.

- CRISOSTO, C.H., GRANTZ, D.A., MEINZER, F.C. Effects of water deficit on flower opening in coffee (*Coffea arabica* L.). **Tree Physiology**, v.10, p.127-139, 1992.
- FRANCO, C.M. **Fisiologia do cafeeiro**. Campinas: Secretaria da Agricultura, Centro de Treinamento. 1962. 40p.
- 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.
- HAARER, A.E. **Modern coffee production**. London: Leonard Hill, 1962. 495p.
- KUMAR, D. **Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L.** A review. Kenia Coffee, Nairobi, v.44, p.9-47, 1979.
- MAGALHÃES, A.C, ANGELOCCI, L.L. Sudden alterations in water balance associated with flower bud opening in coffee plants. **Journal of Horticultural Science**, n.51, p.419-423, 1976.
- MANTOVANI, E.C. **Fertirrigação em café**. In: ITEM. BH. Cafeicultura Irrigada. Setembro 2000 p. 45-50.
- MES, M.G. Studies on the flowering of *Coffea arabica* L. The influence of temperature on the initiation and growth of coffee flower buds. **Portugaliae Acta Biológica** (Sér. A), Lisboa, 4:328-41, 1956/57 a.
- MES, M. G. Studies on the flowering of *Coffea arabica* L. Breaking the dormancy of coffee flower buds. **Portugaliae Acta Biológica** (Sér. A), Lisboa, v.4, p.328-41, 1956/57b.
- PERINGER, A.A., BORTHWICK, H.A. Photoperiodic responses of coffee. **Turrialba**, v.5, p.72-7, 1955.
- RAYNER, R.W. Growth and bearing habits of *Coffea arabica* L in Kênya and in Southern India. East African. **Agricultural and Florestry Journal**, Nairobi, v.11, p.251-5. 1946.
- REIS, A.J., ARRUDA, H.V. Frutificação do cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v.5, p.93-8, 1956.
- 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-SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.13-106.
- RENA, A.B., MAESTRI, M. **Relações hídricas no cafeeiro**. In: ITEM. **Irrigação e Tecnologia Moderna**. Setembro 2000, p.64-73.

SMITH, M. (Ed.) **Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for predictions of crop water requirements.** Rome: FAO, 1991. 45p.

TROJER, T. The phenological equator for coffee planting in Colombia. In: **Read Symposium on Agroclimatological Methods**, Paris: UNESCO 1968. p.107-13.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Quadro 1A - Valores diários de Kc, Kl, Ks, Eto, Etc, temperatura máxima (tX0, temperatura média, temperatura mínima (tmin), horas de sol, velocidade do vento (Vv) e umidade relativa (Ur)

Data	Kc	Ks	Kl	Eto	Etc	Precip.	Tx	Tmédia	Tmin	Insol.	Vv	Ur
-	-	-	-	mm	mm	mm	°C	°C	°C	h	m/s	%
01/09/99	0,80	0,65	0,83	8,11	1,53	0,00	26,60	17,55	11,20	0,00	0,61	69,79
02/09/99	0,80	0,78	0,83	7,18	1,64	0,00	28,00	17,54	11,00	0,00	0,54	69,04
03/09/99	0,80	0,95	0,83	8,28	2,29	0,00	28,40	18,24	10,30	0,00	0,50	66,04
04/09/99	0,80	1,00	0,83	8,24	2,39	0,00	29,70	18,64	9,60	0,00	0,40	67,04
05/09/99	0,80	0,94	0,83	6,75	1,84	0,00	27,80	18,26	11,10	0,00	0,46	74,25
06/09/99	0,80	1,00	0,83	6,97	2,02	0,00	27,20	20,10	15,10	0,00	0,86	70,54
07/09/99	0,80	1,00	0,83	7,26	2,10	0,00	27,50	20,00	14,30	0,00	0,67	70,04
08/09/99	0,80	1,00	0,83	8,61	2,50	0,00	29,10	21,83	15,50	0,00	0,61	64,67
09/09/99	0,80	1,00	0,83	5,18	1,50	0,00	25,80	19,96	15,10	0,00	0,33	72,63
10/09/99	0,80	1,00	0,83	4,10	1,19	0,00	25,90	20,43	15,00	0,00	0,37	77,13
11/09/99	0,80	1,00	0,83	2,26	0,65	4,80	19,40	17,61	16,00	0,00	0,25	92,46
12/09/99	0,80	1,00	0,83	4,80	1,39	0,00	24,30	18,30	13,00	0,00	0,43	83,54
13/09/99	0,80	0,96	0,83	5,71	1,60	5,20	25,20	19,33	15,60	0,00	0,40	88,21
14/09/99	0,80	1,00	0,83	7,00	2,03	0,00	28,00	20,51	13,90	0,00	0,61	80,00
15/09/99	0,80	0,95	0,83	1,59	0,44	0,00	21,30	7,71	0,00	0,00	0,34	29,88
16/09/99	0,80	1,00	0,83	3,65	1,06	0,00	25,10	20,65	15,70	0,00	0,33	80,38
17/09/99	0,80	0,97	0,83	3,81	1,08	0,00	23,80	19,03	15,70	0,00	0,29	79,08
18/09/99	0,80	1,00	0,83	3,74	1,08	0,00	23,40	18,21	13,80	0,00	0,17	80,38
19/09/99	0,80	0,97	0,83	7,22	2,04	0,00	27,10	19,43	14,20	0,00	0,37	76,50
20/09/99	0,80	0,92	0,83	3,93	1,05	0,00	25,70	18,92	14,80	0,00	0,13	80,63
21/09/99	0,80	0,89	0,83	6,29	1,62	0,00	26,20	19,64	15,10	0,00	0,40	79,54
22/09/99	0,80	0,84	0,83	4,35	1,05	19,40	25,50	18,79	14,40	0,00	0,30	83,38
23/09/99	0,80	1,00	0,83	4,15	1,20	19,00	21,70	16,53	13,10	0,00	0,51	76,13
24/09/99	0,80	1,00	0,83	8,04	2,33	0,00	21,20	14,63	10,00	0,00	0,57	64,21
25/09/99	0,80	0,94	0,83	7,88	2,15	0,00	24,20	13,93	5,10	0,00	0,38	68,92
26/09/99	0,80	0,88	0,83	7,93	2,02	0,00	26,60	16,07	6,60	0,00	0,48	67,58
27/09/99	0,80	0,81	0,83	8,56	2,02	0,00	30,20	19,52	9,30	0,00	0,48	61,17
28/09/99	0,80	0,74	0,83	8,03	1,72	0,00	27,80	19,85	11,80	0,00	0,52	70,04
29/09/99	0,80	0,66	0,83	8,79	1,69	0,00	31,50	23,35	15,80	0,00	0,71	63,21
30/09/99	0,80	1,00	0,83	8,20	2,38	0,00	28,40	22,54	16,80	0,00	0,57	67,04
01/10/99	0,80	0,94	0,83	7,71	2,10	0,00	27,80	21,67	14,60	0,00	0,81	74,50
02/10/99	0,80	0,88	0,83	6,28	1,60	0,00	31,40	24,18	18,20	0,00	0,44	69,08
03/10/99	0,80	0,83	0,83	1,22	0,29	0,00	22,90	18,60	16,00	0,00	0,69	87,71
04/10/99	0,80	0,82	0,83	1,59	0,38	0,00	17,40	15,17	13,70	0,00	0,21	89,17
05/10/99	0,80	0,80	0,83	2,68	0,63	0,00	18,10	15,51	13,60	0,00	0,28	79,54
06/10/99	0,80	0,78	0,83	3,80	0,86	0,00	21,20	16,54	13,00	0,00	0,23	75,79
07/10/99	0,80	1,00	0,83	3,03	0,88	0,00	20,40	16,56	13,20	0,00	0,22	82,83
08/10/99	0,80	0,98	0,83	6,61	1,88	0,00	25,70	17,75	10,70	0,00	0,52	77,42
09/10/99	0,80	0,93	0,83	7,46	2,01	0,00	29,80	22,57	16,50	0,00	0,65	61,96
10/10/99	0,80	0,87	0,83	6,13	1,54	0,00	27,30	20,35	16,40	0,00	0,54	70,50
11/10/99	0,80	0,82	0,83	3,61	0,86	0,00	24,60	18,90	14,80	0,00	0,21	79,17
12/10/99	0,80	0,79	0,83	4,26	0,97	0,00	23,30	18,53	15,40	0,00	0,83	78,42
13/10/99	0,80	0,75	0,83	6,53	1,42	0,00	26,20	18,65	14,70	0,00	0,47	76,75
14/10/99	0,80	0,69	0,83	7,38	1,48	0,00	27,80	19,38	13,40	0,00	0,57	71,13
15/10/99	0,80	0,62	0,83	9,06	1,64	0,00	30,30	20,41	11,50	0,00	0,54	61,00
16/10/99	0,80	1,00	0,83	8,28	2,40	0,00	32,10	22,18	14,10	0,00	0,51	56,79
17/10/99	0,80	0,94	0,83	3,76	1,02	0,00	28,40	22,08	16,50	0,00	0,30	67,21
18/10/99	0,80	0,93	0,83	4,30	1,16	2,00	27,40	22,45	18,30	0,00	0,30	78,33
19/10/99	0,80	0,95	0,83	2,07	0,57	29,20	22,10	19,47	17,90	0,00	0,21	96,33
20/10/99	0,80	1,00	0,83	2,01	0,58	45,00	21,30	18,30	16,40	0,00	0,43	97,21
21/10/99	0,80	1,00	0,83	4,43	1,29	0,00	25,40	20,79	17,60	0,00	0,24	90,13
22/10/99	0,80	0,98	0,83	1,08	0,31	39,60	19,70	18,68	17,70	0,00	0,22	99,96
23/10/99	0,80	1,00	0,83	8,36	2,42	0,00	25,40	19,43	15,40	0,00	0,44	82,63
24/10/99	0,80	0,94	0,83	8,53	2,32	0,00	26,60	19,23	15,00	0,00	0,46	72,92
25/10/99	0,80	0,87	0,83	3,26	0,82	0,00	22,10	17,67	13,70	0,00	0,18	82,46
26/10/99	0,80	0,84	0,83	1,53	0,37	7,40	17,70	16,22	15,20	0,00	0,12	95,96
27/10/99	0,80	1,00	0,83	2,88	0,83	1,00	19,20	16,51	14,80	0,00	0,37	94,54

Quadro 1A, Cont.

Data	Kc	Ks	kl	ETo	ETc	Precip.	Tx	Tmédia	Tmín	Insol.	Vv	Ur
-	-	-	-	mm	mm	mm	°C	°C	°C	h	m/s	%
28/10/99	0,80	1,00	0,83	0,58	0,17	0,00	15,90	4,82	0,00	0,00	0,10	33,33
29/10/99	0,80	1,00	0,83	3,46	1,00	0,00	24,90	19,85	17,20	0,00	0,06	89,88
30/10/99	0,80	0,97	0,83	6,67	1,88	0,00	25,20	20,71	17,00	0,00	0,50	81,17
31/10/99	0,80	0,92	0,83	5,89	1,57	0,00	24,80	18,78	14,50	0,00	0,42	76,63
01/11/99	0,80	0,87	0,83	5,10	1,29	0,00	23,00	17,63	13,20	0,00	0,30	79,21
02/11/99	0,80	0,83	0,83	8,21	1,98	0,00	25,90	18,43	10,70	0,00	0,45	74,33
03/11/99	0,80	0,76	0,83	8,01	1,77	0,00	27,60	19,60	13,00	0,00	0,55	74,17
04/11/99	0,80	0,69	0,83	2,45	0,49	0,00	19,40	5,01	0,00	0,00	0,05	31,13
05/11/99	0,80	0,67	0,83	8,35	1,61	0,00	30,40	24,02	16,50	0,00	0,85	65,13
06/11/99	0,80	0,59	0,83	2,35	0,40	22,00	23,10	20,42	17,00	0,00	0,24	97,08
07/11/99	0,80	1,00	0,83	1,16	0,34	92,20	19,50	17,80	15,90	0,00	0,32	99,92
08/11/99	0,80	1,00	0,83	2,46	0,71	11,80	21,80	19,73	18,80	0,00	0,58	98,33
09/11/99	0,80	1,00	0,83	4,24	1,23	0,00	26,00	21,82	19,00	0,00	0,35	94,33
10/11/99	0,80	0,98	0,83	1,20	0,34	14,20	20,40	16,68	14,00	0,00	0,55	99,96
11/11/99	0,80	1,00	0,83	2,85	0,83	0,00	19,20	15,77	13,70	0,00	0,17	96,17
12/11/99	0,80	0,99	0,83	3,43	0,99	12,20	21,30	17,63	14,80	0,00	0,35	93,58
13/11/99	0,80	1,00	0,83	2,57	0,75	6,40	22,90	19,17	17,50	0,00	0,28	96,50
14/11/99	0,80	1,00	0,83	3,85	1,12	20,00	26,70	20,34	17,00	0,00	0,47	93,38
15/11/99	0,80	1,00	0,83	6,77	1,96	0,00	25,40	19,18	14,50	0,00	0,54	84,50
16/11/99	0,80	0,95	0,83	6,13	1,69	0,00	23,50	18,53	14,00	0,00	0,83	82,33
17/11/99	0,80	0,90	0,83	2,22	0,58	0,00	19,50	16,99	15,10	0,00	0,21	89,79
18/11/99	0,80	0,89	0,83	2,01	0,52	0,00	21,00	17,30	15,10	0,00	0,13	95,46
19/11/99	0,80	0,89	0,83	3,44	0,89	4,40	23,10	19,45	15,90	0,00	0,39	92,00
20/11/99	0,80	0,99	0,83	1,92	0,55	23,60	20,10	19,06	18,10	0,00	0,31	99,46
21/11/99	0,80	1,00	0,83	1,47	0,43	17,60	19,90	19,02	18,10	0,00	0,17	100,00
22/11/99	0,80	1,00	0,83	6,47	1,88	65,00	27,80	21,29	17,70	0,00	0,31	89,50
23/11/99	0,80	1,00	0,83	7,13	2,07	38,00	27,10	20,96	17,20	0,00	0,47	90,08
24/11/99	0,80	1,00	0,83	4,30	1,25	24,20	24,20	20,42	16,80	0,00	0,63	92,50
25/11/99	0,80	1,00	0,83	7,64	2,21	1,00	28,70	22,23	17,80	0,00	0,57	85,46
26/11/99	0,80	0,97	0,83	7,83	2,19	1,40	28,90	22,93	16,60	0,00	0,58	84,58
27/11/99	0,80	0,95	0,83	7,77	2,13	16,00	29,90	22,97	17,60	0,00	0,49	84,54
28/11/99	0,80	1,00	0,83	5,82	1,69	24,40	26,90	20,93	17,50	0,00	0,28	92,38
29/11/99	0,80	1,00	0,83	6,06	1,76	9,40	26,90	21,45	17,90	0,00	0,18	87,67
30/11/99	0,80	1,00	0,83	7,83	2,27	5,00	27,70	22,27	18,30	0,00	0,30	83,50
01/12/99	0,80	1,00	0,83	6,34	1,84	0,00	26,10	20,93	17,00	0,00	0,38	86,75
02/12/99	0,80	0,95	0,83	6,14	1,70	4,00	27,00	21,78	18,10	0,00	0,17	85,38
03/12/99	0,80	1,00	0,83	8,33	2,42	0,00	27,40	22,30	18,80	0,00	0,54	78,33
04/12/99	0,80	0,94	0,83	3,70	1,01	13,00	23,80	20,83	17,70	0,00	0,57	90,75
05/12/99	0,80	1,00	0,83	2,23	0,65	24,00	22,50	19,63	17,90	0,00	0,40	98,79
06/12/99	0,80	1,00	0,83	5,38	1,56	1,20	24,50	20,66	18,10	0,00	0,57	95,46
07/12/99	0,80	0,99	0,83	5,15	1,48	1,00	26,70	21,95	19,40	0,00	0,43	92,75
08/12/99	0,80	0,98	0,83	3,78	1,07	9,20	24,70	21,96	20,10	0,00	0,24	95,71
09/12/99	0,80	1,00	0,83	3,64	1,06	1,60	25,80	22,05	19,90	0,00	0,23	95,13
10/12/99	0,80	1,00	0,83	5,81	1,68	0,00	27,40	23,13	19,70	0,00	0,32	88,13
11/12/99	0,80	0,96	0,83	3,29	0,91	4,60	24,70	21,22	19,40	0,00	0,23	94,75
12/12/99	0,80	1,00	0,83	2,22	0,64	3,80	21,80	19,90	18,80	0,00	0,06	99,50
13/12/99	0,80	1,00	0,83	2,58	0,75	13,20	22,40	20,34	18,60	0,00	0,22	98,92
14/12/99	0,80	1,00	0,83	4,72	1,37	1,80	27,60	23,21	20,40	0,00	0,50	93,75
15/12/99	0,80	1,00	0,83	6,84	1,98	1,00	29,60	24,31	21,00	0,00	0,48	89,08
16/12/99	0,80	0,98	0,83	9,27	2,63	0,00	31,10	23,37	16,50	0,00	0,37	76,67
17/12/99	0,80	0,91	0,83	8,74	2,31	0,00	31,40	23,59	16,10	0,00	0,31	75,54
18/12/99	0,80	0,84	0,83	8,40	2,05	0,00	30,20	22,99	16,90	0,00	0,26	81,50
19/12/99	0,80	0,77	0,83	7,35	1,64	0,00	29,10	23,26	18,40	0,00	0,52	84,00
20/12/99	0,80	0,70	0,83	7,96	1,63	0,00	29,90	23,56	17,90	0,00	0,43	83,33
21/12/99	0,80	0,63	0,83	7,23	1,32	8,80	29,00	22,05	18,30	0,00	0,35	87,58
22/12/99	0,80	0,90	0,83	8,43	2,20	0,00	29,50	23,14	17,70	0,00	0,54	82,96
23/12/99	0,80	0,84	0,83	3,12	0,76	27,20	26,90	21,00	18,00	0,00	0,43	94,46
24/12/99	0,80	1,00	0,83	2,94	0,85	1,00	22,30	19,54	17,60	0,00	0,08	97,00
25/12/99	0,80	1,00	0,83	6,25	1,81	1,60	27,20	22,14	18,00	0,00	0,18	89,21
26/12/99	0,80	1,00	0,83	7,19	2,08	0,00	28,80	23,27	18,90	0,00	0,19	85,04
27/12/99	0,80	0,94	0,83	6,79	1,86	0,00	29,30	22,25	16,90	0,00	0,37	86,42
28/12/99	0,80	0,89	0,83	8,35	2,16	10,00	29,20	22,16	16,50	0,00	0,57	85,42
29/12/99	0,80	1,00	0,83	7,41	2,15	0,00	28,50	22,04	17,10	0,00	0,38	89,00
30/12/99	0,80	0,94	0,83	8,03	2,20	0,00	29,00	23,43	18,70	0,00	0,43	85,71
31/12/99	0,80	0,88	0,83	6,29	1,61	2,60	28,50	22,59	19,80	0,00	0,37	91,54

Quadro 1A, Cont.

Data	Kc	Ks	kl	ETo	ETc	Precip.	Tx	Tmédia	Tmín	Insol.	Vv	Ur
-	-	-	-	mm	mm	mm	°C	°C	°C	h	m/s	%
06/04/01	0,80	0,90	0,83	9,55	2,50	0,00	29,50	22,30	17,20	10,00	0,20	88,00
07/04/01	0,80	0,83	0,83	10,20	2,45	0,00	31,40	22,90	15,70	10,50	0,10	84,00
08/04/01	0,80	0,74	0,83	7,77	1,67	0,00	30,10	23,20	19,40	9,60	0,10	87,00
09/04/01	0,80	0,68	0,83	7,19	1,41	0,00	29,40	21,80	17,70	11,20	0,10	91,00
10/04/01	0,80	0,94	0,83	7,96	2,18	0,00	29,20	21,90	16,30	11,00	0,20	91,00
11/04/01	0,80	0,89	0,83	7,73	1,99	0,00	31,10	22,50	18,20	9,80	0,30	91,00
12/04/01	0,80	0,83	0,83	7,69	1,84	0,00	29,10	22,50	18,20	10,30	0,30	89,00
13/04/01	0,80	1,00	0,83	7,77	2,25	0,00	26,90	20,20	14,50	11,00	0,20	87,00
14/04/01	0,80	0,94	0,83	8,55	2,34	0,00	26,70	19,90	14,00	10,40	0,20	87,00
15/04/01	0,80	0,88	0,83	6,70	1,71	1,00	27,40	20,10	16,00	11,30	0,10	90,00
16/04/01	0,80	0,86	0,83	7,15	1,77	7,00	25,30	19,60	16,40	10,40	0,10	96,00
17/04/01	0,80	1,00	0,83	3,19	0,92	0,00	26,90	19,60	15,50	0,00	0,10	91,00
18/04/01	0,80	0,98	0,83	4,08	1,16	0,00	27,60	19,50	14,00	0,00	0,20	85,00
19/04/01	0,80	0,95	0,83	3,87	1,06	0,00	28,80	19,20	12,30	0,00	0,20	86,00
20/04/01	0,80	0,92	0,83	3,84	1,02	0,00	28,90	20,70	14,40	0,00	0,30	87,00
21/04/01	0,80	1,00	0,83	4,15	1,20	0,00	30,30	22,20	16,10	0,00	0,40	84,00
22/04/01	0,80	0,97	0,83	4,11	1,16	0,00	30,10	22,00	16,30	0,00	0,40	84,00
23/04/01	0,80	0,94	0,83	3,50	0,95	0,00	29,00	21,20	16,00	0,00	0,30	88,00
24/04/01	0,80	0,91	0,83	3,84	1,02	0,00	29,30	21,90	16,50	0,00	0,30	85,00
25/04/01	0,80	0,88	0,83	4,12	1,05	0,00	30,70	21,40	14,00	0,00	0,20	83,00
26/04/01	0,80	0,85	0,83	3,17	0,78	0,00	28,80	20,90	15,50	0,00	0,20	87,00
27/04/01	0,80	0,82	0,83	3,70	0,88	0,00	29,10	20,20	13,90	0,00	0,20	86,00
28/04/01	0,80	0,79	0,83	3,55	0,82	0,00	28,70	21,30	15,40	0,00	0,30	87,00
29/04/01	0,80	0,76	0,83	2,92	0,65	0,00	28,70	20,40	14,80	0,00	0,20	88,00
30/04/01	0,80	0,74	0,83	3,26	0,70	0,00	27,80	20,70	14,60	0,00	0,20	84,00
01/05/01	0,80	0,71	0,83	3,27	0,67	0,00	27,90	21,20	14,10	0,00	0,20	86,00
02/05/01	0,80	0,68	0,83	3,61	0,71	0,00	29,10	21,60	15,90	0,00	0,20	86,00
03/05/01	0,80	0,65	0,83	3,33	0,62	0,00	28,90	20,80	15,70	0,00	0,20	87,00
04/05/01	0,80	0,62	0,83	3,28	0,59	0,00	28,10	20,80	13,70	0,00	0,40	88,00
05/05/01	0,80	0,59	0,83	3,00	0,51	0,00	27,90	22,30	17,40	0,00	0,50	88,00
06/05/01	0,80	0,56	0,83	3,69	0,60	0,00	26,00	17,40	10,30	0,00	0,30	76,00
07/05/01	0,80	0,52	0,83	3,12	0,47	0,00	25,20	16,60	8,60	0,00	0,20	84,00
08/05/01	0,80	0,49	0,83	3,52	0,51	0,00	26,20	17,30	10,90	0,00	0,20	82,00
09/05/01	0,80	0,46	0,83	3,38	0,45	0,00	28,10	16,70	8,80	0,00	0,20	82,00
10/05/01	0,80	0,43	0,83	1,89	0,24	0,00	27,80	18,20	10,60	10,00	0,10	85,00
11/05/01	0,80	0,41	0,83	3,31	0,40	0,00	29,90	19,90	13,30	0,00	0,20	85,00
12/05/01	0,80	0,39	0,83	3,09	0,35	0,00	29,80	21,70	15,60	0,00	0,10	85,00
13/05/01	0,80	0,83	0,83	1,38	0,14	11,00	23,50	18,90	16,40	0,00	0,20	96,00
14/05/01	0,80	0,85	0,83	1,28	0,32	0,00	21,60	18,40	16,00	0,00	0,10	98,00
15/05/01	0,80	0,84	0,83	0,76	0,19	0,00	18,90	16,60	15,30	0,00	0,20	99,00
16/05/01	0,80	0,84	0,83	1,13	0,27	0,00	21,50	18,40	16,10	0,00	0,30	96,00
17/05/01	0,80	0,83	0,83	1,53	0,37	21,30	22,20	18,30	16,30	0,00	0,40	98,00
18/05/01	0,80	1,00	0,83	3,36	0,97	0,00	24,50	16,90	8,50	0,00	0,40	83,00
19/05/01	0,80	0,98	0,83	3,01	0,85	0,00	23,70	15,00	7,20	0,00	0,30	86,00
20/05/01	0,80	0,95	0,83	3,07	0,85	0,00	24,80	16,70	10,50	0,00	0,20	86,00
21/05/01	0,80	0,93	0,83	2,83	0,76	0,00	23,70	16,50	10,40	0,00	0,10	89,00
22/05/01	0,80	0,91	0,83	2,42	0,64	0,00	23,00	15,30	9,60	0,00	0,30	90,00
23/05/01	0,80	0,89	0,83	2,06	0,53	0,00	23,50	16,60	10,70	0,00	0,20	91,00
24/05/01	0,80	0,87	0,83	1,36	0,34	0,00	22,20	17,60	14,50	0,00	0,10	96,00
25/05/01	0,80	0,86	0,83	0,83	0,21	0,00	20,50	17,60	16,70	0,00	0,10	99,00
26/05/01	0,80	1,00	0,83	1,93	0,56	0,00	24,70	19,20	16,70	0,00	0,10	95,00
27/05/01	0,80	0,99	0,83	1,63	0,47	0,00	24,40	18,90	15,50	0,00	0,10	95,00
28/05/01	0,80	0,97	0,83	1,81	0,51	0,00	25,80	19,80	17,10	0,00	0,20	96,00
29/05/01	0,80	1,00	0,83	2,67	0,77	0,00	27,60	20,60	15,70	0,00	0,10	92,00
30/05/01	0,80	0,98	0,83	3,26	0,93	0,00	29,50	20,10	13,80	0,00	0,20	87,00
31/05/01	0,80	0,96	0,83	2,85	0,79	0,00	26,70	19,60	14,80	0,00	0,10	91,00

Quadro 2A - Valores de umidade dos solos estimados pelo *software* SISDA e valores determinados pelo método-padrão de estufa

Data	SISDA	Estufa		Data	SISDA	Estufa	
	Umid-Solo (%)	Umid-Solo (%)	Varição (%)		Umid-Solo (%)	Umid-Solo (%)	Varição (%)
01/09/99	26,79	26,50	0,29	05/07/00	26,49	26,10	0,39
02/10/99	25,96	25,40	0,56	05/08/00	29,78	27,98	1,80
03/11/99	27,95	26,10	1,85	02/09/00	30,18	29,60	0,58
05/12/99	30,18	30,10	0,08	04/10/00	29,17	28,70	0,47
16/01/00	30,18	29,10	1,08	04/11/00	30,18	29,50	0,68
06/02/00	30,18	30,00	0,18	04/12/00	30,18	28,70	1,48
11/03/00	30,18	28,90	1,28	16/01/01	26,96	29,00	-2,04
08/04/00	28,27	28,30	-0,03	07/02/01	30,18	28,60	1,58
05/05/00	27,02	26,20	0,82	03/03/01	28,08	27,60	0,48
07/06/00	29,66	28,40	1,26	02/04/01	29,85	28,70	1,15
Média Geral		Umid-Solo % SISDA		Umid-Solo % Estufa		Varição (%)	
		28,87		28,17		2,4	

Quadro 3A - Valores do quadrado médio para os parâmetros de produtividade entre os contrastes estabelecidos

FV	GL	Quadrado Médio						
		Litros por Planta 2000	Litros por Planta 2001	Produtividade 2000	Produtividade 2001	Produtividade Média	Rendimento 2000	Rendimento 2001
T ₁ vs (T ₂ + T ₃ + T ₄ + T ₅)	1	28,39 **	21,28 **	2.948,49 **	1.850,55 **	2.367,70 **	23,35 **	23,31 *
T ₂ vs (T ₃ + T ₄ + T ₅)	1	1,80 ns	0,34 ns	18,69 ns	39,53 ns	0,96 ns	0,80 ns	3,95 ns
T ₃ vs (T ₄ + T ₅)	1	16,57 **	3,32 ns	587,92 ns	100,22 ns	293,41 ns	3,85 ns	2,88 ns
T ₃ vs T ₄	1	16,25 **	1,04 ns	839,94 ns	62,23 ns	339,85 ns	5,25 ns	0,75 ns
T ₃ vs T ₅	1	9,12 **	4,57 ns	169,40 ns	89,33 ns	126,19 ns	1,22 ns	4,30 ns
B	1	1,02 ns	1,25 ns	254,92 ns	2,44 ns	51,86 ns	1,40 ns	1,45 ns
Resíduo	10	0,43	0,85	29,84	75,47	25,85	1,00	2,69

** F significativo a 5% de probabilidade.

ns F não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 4A - Valores do quadrado médio para os parâmetros de crescimento entre os contrastes estabelecidos

FV	GL	Quadrado Médio			
		Nº Pares Folhas 2000	Nº Pares Folhas 2001	Nº Entrenós 2000	Nº Entrenós 2001
T ₁ vs (T ₂ + T ₃ + T ₄ + T ₅)	1	37,90 **	20,30 **	38,74 **	20,31 **
T ₂ vs (T ₃ + T ₄ + T ₅) b	1	0,25 ns	0,06 ns	0,77 ns	0,67 ns
T ₃ vs (T ₄ + T ₅)	1	0,20 ns	0,08 ns	0,07 ns	0,23 ns
T ₃ vs T ₄	1	1,27 ns	0,00 ns	0,10 ns	0,00 ns
T ₃ vs T ₅	1	0,12 ns	0,26 ns	0,63 ns	0,55 ns
T ₄ vs T ₅	1	2,17 ns	0,26 ns	1,24 ns	0,42 ns
Resíduo	10	0,64	0,21	0,24	0,25

** F significativo a 5% de probabilidade.

ns F não-significativo a 5% de probabilidade.

APÊNDICE B

Quadro 1B - Análise de variância florada ocorrida em 9/9/2001

FV	GL	Soma Quadrado	Quadrados Médios	F
Tratamento	5	8550,33	1710,07	1,98
Resíduo	90	136897,5	1521,09	
Coeficiente Variação			94,073	

Quadro 2B - Análise de variância florada ocorrida em 5/10/2001

FV	GL	Soma Quadrado	Quadrados Médios	F
Tratamento	5	4017,83	803,56	1,923
Resíduo	90	37617,5	417,97	
Coeficiente Variação			77,637	

Quadro 3B - Análise de variância florada ocorrida em 9/11/2001

FV	GL	Soma Quadrado	Quadrados Médios	F
Tratamento	5	28120,60	5624,12	3,09
Resíduo	90	163803,6	1820,04	
Coeficiente Variação			70,992	