

MARCUS ALEXANDRE NAKASHIMA DE MELO

DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE TÉRMICA, ADEQUAÇÃO DE
COEFICIENTE DA CULTURA (K_c) E EFEITO DA IRRIGAÇÃO E DA
ADUBAÇÃO NITROGENADA NA PRODUÇÃO DO
MARACUJAZEIRO AMARELO

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

MARCUS ALEXANDRE NAKASHIMA DE MELO

DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE TÉRMICA, ADEQUAÇÃO DE
COEFICIENTE DA CULTURA (Kc) E EFEITO DA IRRIGAÇÃO E DA
ADUBAÇÃO NITROGENADA NA PRODUÇÃO DO
MARACUJAZEIRO AMARELO

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: 28 de junho de 2001.

Prof. Everardo Chartuni Mantovani
(Conselheiro)

Prof. Gilverto Bernardo de Freitas
(Conselheiro)

Prof. Márcio Mota Ramos

Prof. Reginaldo Arruda Sampaio

Prof. Antônio Alves Soares
(Orientador)

A Deus.

Ao meu pai José.

À minha mãe Terezinha.

Ao meu filho Matheus.

Aos meus irmãos e à minha irmã.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela energia e pela presença permanente.

Aos meus pais e aos meus irmãos e à minha irmã, por me incentivarem a obter novos conhecimentos e me proporcionarem a cada dia momentos de enorme satisfação e alegria.

Ao meu filho MATHEUS, por me proporcionar momentos de grande satisfação e orgulho.

À Universidade Federal de Viçosa, por meio do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), pela oportunidade oferecida para a realização do Programa.

Ao professor Antônio Alves Soares, pela contribuição e orientação durante os trabalhos realizados durante o Programa.

Aos professores Márcio Mota Ramos, Everardo Chartuni Mantovani, Gilberto Sedyama, Gilberto Bernardo de Freitas, Glauco Vieira Miranda, Flávio Araújo Couto e Roberto Ferreira Novais, pelas valiosas orientações durante os trabalhos.

Ao Dr. Jader Linhares e ao Desembargador Elair de Moraes, pelo apoio durante a realização do Programa de Mestrado.

À Rain Bird do Brasil, pela doação do sistema de irrigação; e ao Viveiro Flora Brasil, representado pelo Sr. José Rafael da Silva, pelas valiosas informações prestadas durante a condução dos trabalhos.

A todos os professores e funcionários do DEA, pelos preciosos ensinamentos e pelo auxílio diário durante a realização deste trabalho.

À Fazenda Experimental da Sementeira, em especial a todos os funcionários daquele local, pelo apoio prestado na elaboração e realização dos trabalhos de campo.

A todos os meus amigos e amigas, que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização dos trabalhos desta pesquisa.

BIOGRAFIA

Marcus Alexandre Nakashima de Melo, filho de José Pereira de Melo Neto e Terezinha Nakashima de Melo, nasceu na Cidade de Belém, Estado do Pará, em 28 de janeiro de 1976.

Em 1994, iniciou o Curso de Agronomia na Universidade Federal de Roraima, concluindo-o em dezembro de 1998.

Em abril de 1999, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, submetendo-se à defesa de tese em junho de 2001.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE QUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMO	xvi
ABSTRACT	xviii
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1	4
DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE TÉRMICA E ADEQUAÇÃO DE COEFICIENTES DE CULTURA (Kc) PARA O MARACUJAZEIRO AMARELO	4
1. INTRODUÇÃO	4
2. REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1. Unidades térmicas (graus-dia)	7
2.2. Evapotranspiração de referência (Eto)	10
2.3. Evapotranspiração potencial da cultura (ETpc)	12
2.4. Evapotranspiração real da cultura (ETrc)	14
2.5. Software desenvolvido para manejo de irrigação (SISDA)	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1. Característica da área experimental, instalação do experimento e manejo de irrigação	17

	Página
3.2. Determinação das unidades térmicas (graus-dia)	19
3.3. Coeficientes de cultura (Kc)	21
3.4. Evapotranspiração da cultura (ETc)	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5. RESUMO E CONCLUSÕES	37
CAPÍTULO 2	39
EFEITO DAS LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DAS DOSES DE NITROGÊNIO SOBRE A PRODUÇÃO E OS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DO MARACUJAZEIRO AMARELO	39
1. INTRODUÇÃO	39
2. REVISÃO DE LITERATURA	42
2.1. Cultura do maracujazeiro	42
2.2. Irrigação do maracujazeiro	22
2.3. Adubação no maracujazeiro	50
2.4. Função de produção	53
3. MATERIAL E MÉTODOS	55
3.1. Características da área experimental e instalação do experimento	55
3.2. Delineamento estatístico e tratamentos	56
3.3. Adubações e práticas culturais	58
3.4. Sistema de irrigação e manejo	60
3.5. Características avaliadas	61
3.5.1. Número total de frutos	62
3.5.2. Produtividade estimada (1 ^a safra)	62
3.5.3. Número de frutos tipo A	62
3.5.4. Peso médio de frutos	62
3.6. Análise estatística	63
3.7. Função de produção	63
3.7.1. Função de produção de maracujá tendo a água como fator variável	64
3.7.2. Função de produção de maracujá tendo o nitrogênio como fator variável	65

	Página
3.7.3. Superfície de resposta	66
3.7.4. Eficiência de uso da água	67
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
4.1. Condução e manejo da irrigação	68
4.2. Produtividade e qualidade de frutos para a 1ª safra do maracujazeiro amarelo	77
4.2.1. Análise das variáveis em função das lâminas efetivas de água	79
4.2.1.1. Produtividade	79
4.3.1.2. Número total de frutos	84
4.3.1.3. Peso médio de frutos	86
4.3.1.4. Número de frutos tipo A	88
5. RESUMO E CONCLUSÕES	90
RESUMO E CONCLUSÕES	92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
APÊNDICES	101
APÊNDICE A	102
APÊNDICE B	112

LISTA DE QUADROS

	Página
CAPÍTULO 1	
1. Resultados da análise química e amostras de solo retiradas na área experimental 30 dias antes da aplicação dos tratamentos	20
2. Distribuição granulométrica, classificação textural e características físico-hídricas do solo da área experimental	20
3. Fases fenológicas do maracujazeiro amarelo, em dias e em graus-dia, nas condições edafoclimáticas locais	27
4. Área sombreada projetada no plano horizontal, área explorada pela cultura e área sombreada no início de cada fase fenológica do maracujazeiro amarelo	31
5. Valores dos coeficientes de cultura (Kc) adotados, umidades do solo medidas e simuladas, desvios das umidades medidas e simuladas e área sombreada nas diferentes fases fenológicas da cultura	35
CAPÍTULO 2	
1. Quantidade de suco de maracujá exportada pelos principais países exportadores, no período de 1987 a 1992 (em toneladas)	46
2. Principais estados produtores de maracujá, no período de 1993 a 1998 (em toneladas)	46

	Página
3. Produção, área colhida e produtividade média de maracujá-amarelo, por região de planejamento em Minas Gerais, no ano de 2000	47
4. Composição dos tratamentos do experimento	56
5. Quantidade de nitrogênio (em gramas) fornecida no plantio e durante as fases de formação e produção do maracujazeiro amarelo	59
6. Análise de variância dos tratamentos	63
7. Lâminas totais de água aplicadas, em mm, por período e tratamento	69
8. Resumo da análise de variância dos dados de produtividade (kg/ha), número de frutos por hectare, peso médio de frutos (g) e número de frutos tipo A no 1 ^o ano de produção (1 ^a safra) da cultura do maracujazeiro nas condições experimentais	78
9. Produtividade média (kg ha ⁻¹) obtida na 1 ^a safra da cultura do maracujazeiro amarelo	79
10. Eficiência de uso de água (<i>Efic</i>), em kg de frutos/m ³ /ha, em função das lâminas efetivas de água para a cultura de maracujazeiro amarelo	83
11. Número total de frutos colhidos por hectare (frutos ha ⁻¹) na 1 ^a safra da cultura do maracujazeiro amarelo	85
12. Peso (gramas) médio dos frutos colhidos na 1 ^a safra da cultura do maracujazeiro amarelo, em função das lâminas efetivas de água ...	87
13. Número total de frutos tipo A colhidos por hectare na 1 ^a safra da cultura do maracujazeiro amarelo	88
1A. Umidade do solo simulada pelo SISDA (%), precipitação (mm), valores de Kc por fase fenológica e área sombreada da cultura do maracujazeiro amarelo	102
1B. Características químicas do solo da área experimental	112
2B. Características físico-hídricas do solo da área experimental	112
3B. Dados médios mensais de temperatura média do ar (T_{med}), umidade relativa (UR), precipitação (Prec,) e evapotranspiração potencial de referência (ET _o) estimada pelo método de Hargreaves – Samani	114

	Página
4B. Dados médios mensais de temperatura média do ar (T_{med}), umidade relativa (UR), precipitação (Prec.) e evapotranspiração potencial de referência (ET _o) estimada pelo método de Penman – Monteith, ocorridas durante a condução do experimento no ano de 2000	114
5B. Características químicas da amostra de solo da área experimental, em agosto de 2000	115
6B. Atividades desenvolvidas no experimento de maracujazeiro amarelo em área de 0,5 hectare	116
7B. Planilha para o cálculo dos custos de irrigação do sistema	118
8B. Resultados da análise de variância das variáveis produtividade, número de frutos totais (NFT), número de frutos tipo A (NFTA) e peso médio de frutos (PMF)	120

LISTA DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO 1	
1. Detalhe de uma parcela experimental com três plantas de maracujazeiro	18
2. Croqui da área experimental com maracujazeiro	18
3. Estação meteorológica automática instalada próxima à área experimental	21
4. Temperatura máxima ($T_{\text{máx}}$), temperatura média ($T_{\text{méd}}$) e temperatura mínima ($T_{\text{mín}}$) ocorridas durante a condução do experimento	25
5. Temperatura basal mínima (T_b), temperatura basal máxima (T_B) e temperaturas médias ($T_{\text{média}}$) ocorridas dentro dos limites basais da cultura do maracujazeiro amarelo	25
6. Unidade térmica (graus-dia) acumulada ao longo da 1ª safra da cultura do maracujazeiro amarelo	26
7. Muda de maracujazeiro aos 30 dias após o plantio no campo, no final da fase de crescimento inicial	28
8. Planta de maracujazeiro aos 90 dias após o plantio no campo, no final da fase de crescimento vegetativo apical	29
9. Planta de maracujazeiro aos 120 dias após o plantio no campo, na fase de crescimento vegetativo lateral	30

	Página
10. Plantas de maracujazeiro em plena produção aos 300 dias após o plantio no campo, na fase de floração e maturação de frutos	32
11. Capacidade de campo (CC), ponto de murcha (PM), umidade mínima (UM) e lâminas aplicadas nas parcelas de maracujazeiro durante a condução do experimento	33
12. Umidade relativa (UR) e precipitação (Prec) ocorridas durante a condução do experimento de maracujazeiro amarelo	33
13. Evapotranspiração de referência (ET _o) e evapotranspiração potencial (ET _c) do maracujazeiro amarelo ocorridas durante a condução do experimento	34
 CAPÍTULO 2	
1. Flor de maracujazeiro amarelo totalmente aberta	43
2. Curvas de acúmulo de matéria seca de diferentes partes do maracujazeiro amarelo cultivado no campo	52
3. Marcha de absorção de nutrientes pelo maracujazeiro amarelo cultivado no campo	52
4. Área experimental mostrando três plantas úteis por parcela	57
5. Croqui com a casualização dos tratamentos na área experimental .	57
6. Visão aérea do experimento e carreta utilizada para irrigação, antes da instalação do sistema de irrigação	61
7. Balanço de água no solo para o tratamento sem irrigação (testemunha)	70
8. Déficit de água no solo durante a fase de crescimento vegetativo da cultura para o tratamento-testemunha (sem irrigação)	70
9. Balanço de água no solo para o tratamento lâmina 15% da necessidade de reposição da umidade à capacidade de campo (L ₁)	71
10. Irrigações realizadas durante a fase de crescimento vegetativo da cultura para o tratamento lâmina 15% (L ₁)	71
11. Balanço de água no solo para o tratamento lâmina 30% da necessidade de reposição da umidade à capacidade de campo (L ₂)	73

	Página
12. Irrigações realizadas durante a fase de crescimento vegetativo da cultura para o tratamento lâmina 30% (L ₂)	73
13. Balanço de água no solo para o tratamento lâmina 60% da necessidade de reposição da umidade à capacidade de campo (L ₃)	74
14. Irrigações realizadas durante a fase de crescimento vegetativo da cultura para o tratamento lâmina 60% (L ₃)	74
15. Balanço de água no solo para o tratamento lâmina 100% da necessidade de reposição da umidade à capacidade de campo (L ₄)	75
16. Irrigações realizadas durante a fase de crescimento vegetativo da cultura para o tratamento lâmina 100% (L ₄)	75
17. Balanço de água no solo para o tratamento lâmina 140% da necessidade de reposição da umidade à capacidade de campo (L ₅)	76
18. Irrigações realizadas durante a fase de crescimento vegetativo da cultura para o tratamento lâmina 140% (L ₅)	76
19. Efeito das lâminas efetivas de água na produtividade (1 ^a safra) do maracujazeiro amarelo	80
20. Produtividade total e em dois períodos de colheita, em função dos tratamentos na 1 ^a safra da cultura	81
21. Receita líquida do maracujazeiro (R\$/ha) na 1 ^a safra	82
22. Eficiência de uso da água, em kg de frutos/m ³ /ha, em função das lâminas efetivas de água para a cultura do maracujazeiro amarelo .	84
23. Efeito das lâminas efetivas de água no número de frutos por hectare, na 1 ^a safra do maracujazeiro amarelo	85
24. Peso (gramas) médio dos frutos colhidos na 1 ^a safra, em função das lâminas efetivas de água	87
25. Efeito das lâminas efetivas de água no número de frutos tipo A colhidos na 1 ^a safra da cultura	89
1B. Apresentação, por bloco experimental (1), (2) e (3), das curvas características de retenção de água no solo obtidas na área experimental para a profundidade de 0 – 40 cm	113

	Página
2B. Tomada de pressão de serviço (PS) do sistema e registro globo	117
3B. Componentes (motobomba e componentes de filtragem) do sistema de irrigação utilizados na condução do experimento de maracujazeiro amarelo	117

RESUMO

MELO, Marcus Alexandre Nakashima, M.S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2001. **Determinação da necessidade térmica, adequação de coeficientes da cultura (Kc) e efeito da irrigação e da adubação nitrogenada na produção do maracujazeiro amarelo.** Orientador: Antônio Alves Soares. Conselheiros: Everardo Chartuni Mantovani, Gilberto Bernardo de Freitas e Glauco Vieira Miranda.

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de fazer uma análise técnica e econômica da cultura do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* **Sins var. flavicarpa Degener**), por meio do efeito da irrigação e da adubação nitrogenada na região de Visconde do Rio Branco, MG, além da determinação da necessidade térmica e adequação dos coeficientes da cultura (Kc), sugeridos pela literatura. O trabalho foi dividido em duas etapas. Na primeira, determinaram-se a necessidade térmica (graus-dia) e a adequação dos coeficientes da cultura (Kc), sugeridos por BERNARDO (1995) e MILLO e CUNHA (1982), para o maracujazeiro amarelo. Os resultados indicaram que a cultura necessitou, durante 420 dias, de um total de 6.545 graus-dia, do plantio à poda de renovação dos ramos, correspondente ao 1º ciclo de produção (1ª safra). Utilizando a metodologia de MACIEL et al. (1994) e por meio de observações de campo, quatro fases fenológicas distintas foram identificadas: fase de crescimento vegetativo inicial, fase de crescimento vegetativo apical, fase de crescimento vegetativo lateral e fase de floração e maturação de frutos,

que apresentaram, respectivamente, quantidades de 575, 925, 995, 4.050 graus-dia, com duração de 30, 60, 90 e 240 dias, respectivamente. A umidade do solo simulada utilizando o software SISDA versão 3.0, com valores Kc de 0,4 para o crescimento inicial e 0,8 para a fase de floração e maturação de frutos, foi comparada com a umidade no solo, verificada através do método termogravimétrico, observando-se grande coerência desses valores, o que indicou que os valores de Kc adotados são representativos da situação de campo, embora correções periódicas na umidade do solo simulada pelo programa sejam sempre recomendadas. Na segunda etapa, avaliou-se o efeito da irrigação e da adubação nitrogenada na produção e nos componentes de produção do maracujazeiro amarelo, objetivando determinar as funções de produção, a viabilidade técnica e econômica da irrigação e a resposta da cultura ao incremento de nitrogênio na região de Visconde do Rio Branco, MG. Os resultados indicaram que a utilização da irrigação proporcionou efeito significativo na produção e nos componentes de produção do maracujazeiro em relação à testemunha, por meio do aumento do peso médio de frutos. O manejo da irrigação realizado para manter o perfil da umidade do solo próximo à condição de capacidade de campo é o mais indicado para proporcionar maiores produtividades para a cultura do maracujazeiro amarelo. Observou-se também que as lâminas efetivas de água, constituídas das lâminas de irrigação juntamente com a precipitação, proporcionaram aumento da receita líquida do maracujazeiro entre valores de 477 e 553 mm. A receita líquida máxima obtida com a cultura nas condições de 1ª safra, na região, foi de R\$14.357,00/ha, através de uma produtividade de 17.915 kg ha⁻¹. As funções de produção obtidas para as variáveis produtividade, número de frutos totais e número de frutos tipo A apresentaram coeficientes de determinação (R²) de 0,78; 0,86; e 0,70, respectivamente. A produção e os componentes de produção do maracujazeiro não foram afetadas significativamente pelo incremento de nitrogênio.

ABSTRACT

MELO, Marcus Alexandre Nakashima, M. S., Universidade Federal de Viçosa, June of 2001. **Determination of growth stages, adequation of culture coefficients (Kc) and irrigation and nitrogen fertilization effects in *Passiflora edulis***. Adviser: Antônio Alves Soares. Committee members: Everaldo Chartuni Mantovani, Gilberto Bernardo de Freitas and Glauco Vieira Miranda.

The study presented here on Yellow passion-fruit culture (*Passiflora edulis* **Sins var. *Flavicarpa*** Degener) has been developed with the objective of a technical and economical analysis for the region of Visconde do Rio Branco, Minas Gerais State, Brazil, based on the effect of irrigation and nitrogen fertilization, the determination of thermal demands and coefficient **adequation** of the culture (Kc), suggested by literature. The study was divided in two stages. During the first, thermal demands for the Yellow passion-fruit plant were determined as well as the coefficient adequation of the culture (Kc), suggested by BERNARDO (1995) and MILLO and CUNHA (1982). Results show that the culture needed totally 6,545 **day-degrees**, during 420 days, from planting to the **branch renewing cut**, corresponding to the first production cycle (1st harvest). In field observations, four different phenological phases were identified: the initial vegetative growth, apical vegetative growth, lateral vegetative growth and flowering and ripening of the fruits. Each presented quantities of 575, 929, 995 and 4,050 day-degrees, with a duration of 30, 60, 90 and 240 days,

respectively. Simulated soil humidity using the SISDA software version 3.0 with Kc values of 0.4 for initial growth and 0.8 for the flowering and fruit ripening phase was compared to the soil humidity, verified by the **gravimeter** method. A great coherence of the adapted Kc values was observed, which indicates their representativeness in the field situation, although periodical corrections of the program-simulated soil humidity are always recommended. The second stage consisted in the evaluation of the irrigation and nitrogen fertilization effect on the production and the production components of the Yellow Passion-fruit plant, with the objective to determine production functions, technical and economical viability of irrigation and culture response to nitrogen increase in the region of Visconde do Rio Branco- M.G. Results indicate that irrigation application provided a significant effect on production and on production components of the Yellow passion-fruit plant in relation to the **testemunha/witness**, by an increase of the fruit weight average. The irrigation management that maintains the soil humidity profile close to the field condition capacity is the most recommendable to achieve higher productivity for the Yellow passion-fruit culture. Moreover, the effective water **laminas**, made up of irrigation together with precipitation **laminas**, provided an increase of the **liquid receipt/profit** of the passion-fruit plant in a range of values between 486 and 553 mm. The greatest **liquid receipt** was obtained with the culture at the conditions of being the first harvest in the region with R\$3,791.00/ha at a productivity of 17,915 kg ha⁻¹. The production functions obtained for the variables productivity, total number of fruits and number of type A fruits presented determination coefficients (R²) of 0.78, 0.86 and 0.70, respectively. An increase of nitrogen did not significantly alter the production and production components of the passion-fruit plant

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tornou-se visível a importância da irrigação na agricultura moderna, possibilitando maiores produtividades e melhor qualidade e valor de mercado dos produtos agrícolas. Segundo SANTOS (1998) e CARDOSO et al. (1998), a agricultura irrigada ocupa no Brasil cerca de dois milhões e setecentos mil hectares, representando um total de 5% da área plantada, 16% da produção agrícola, 25% da renda econômica gerada e, aproximadamente, 70% do total de água captada no país.

A partir dos anos 90, houve expansão, em todo o país, da fruticultura irrigada, principalmente nas Regiões Nordeste e Sudeste, impulsionada pela abertura de mercado e pela entrada de fabricantes mundiais de equipamentos de irrigação, com destaque para os norte-americanos, israelenses e espanhóis (MANTOVANI, 1998). Hoje, o Brasil obtém colocação de destaque na produção de frutas tropicais no cenário mundial, em virtude do incremento de áreas em produção, produtividade e oferta de produtos de melhor qualidade ao consumidor. Como consequência, o Brasil obteve aumento das exportações durante a última década.

Atualmente, o manejo da irrigação vem se firmando como importante ferramenta na elaboração e condução de projetos irrigados. Entretanto, em virtude da utilização inadequada do manejo e da falta de informações sobre parâmetros culturais necessários à irrigação, vêm ocorrendo, ainda com frequência, comprometimento da produtividade e aumento dos custos de produção de diversas culturas, mesmo após o avanço tecnológico ocorrido nos últimos anos nos equipamentos de irrigação.

A necessidade do aumento da produtividade, em virtude do crescimento da população, aliada aos elevados custos de produção, exige da agricultura atual o emprego de técnicas racionais de cultivo capazes de aumentar a produtividade, assegurando a produção, mesmo em condições climáticas adversas, com a finalidade de possibilitar maior margem de lucro ao produtor. As formas de se alcançarem tais objetivos são a expansão de novas áreas

agricultáveis e o aumento da produtividade das áreas já existentes, sendo a última a mais viável, pois a expansão das fronteiras agrícolas requer altos investimentos de capital em infra-estrutura básica.

Na fruticultura irrigada, os níveis de adubação e a quantidade de água aplicada são alguns dos aspectos mais importantes para se aumentar a produtividade.

Segundo FIBGE (1997), a cultura do maracujazeiro vem obtendo posição de destaque no cenário nacional, principalmente após o aumento das demandas internacional e interna de sucos e frutos *in natura* do maracujazeiro a partir da década de 80. Atualmente, a cultura vem ocupando uma área com cerca de 44,5 mil hectares, sendo distribuída da seguinte forma: 52% no Nordeste, 22% no Sudeste, 19% no Norte, 4% no Centro-Oeste e 3% no Sul (MINISTÉRIO....., 2000).

Atualmente, o conceito de tempo térmico, medido em graus-dia, vem recebendo bastante aceitabilidade na descrição e previsão dos estádios fenológicos das culturas em relação a outras formas, como o número de dias após a emergência. Em cultivos irrigados, é importante conhecer a necessidade térmica das culturas, visando ao planejamento do plantio e da colheita (OMETTO, 1981; NUNEZ, 1986), bem como à utilização de coeficientes de cultura apropriados para cada fase fenológica, já que a demanda hídrica varia com os estádios de crescimento das plantas (DOORENBOS e PRUITT, 1975).

A lisimetria é ainda o método mais utilizado na determinação dos coeficientes de cultura (K_c); no entanto, a instalação e o manejo desses equipamento são onerosos, e os coeficientes obtidos só são válidos para as condições locais, já que os valores de K_c variam com as condições climáticas (BERNARDO, 1995). O surgimento de softwares destinados ao manejo da irrigação, em que se simula o comportamento da umidade do solo ao longo do ciclo das culturas irrigadas, constituiu-se numa alternativa menos onerosa e simplificada para determinar os coeficientes de cultura em diversas regiões.

Para que o Brasil continue participando desse mercado mundial de frutas, é essencial a continuidade na geração de novas tecnologias voltadas para obtenção de produtos de melhor qualidade e aumento da disponibilidade de informações para o manejo da irrigação, pois uma série de atitudes e

decisões adequadas tomadas na agricultura não-irrigada muitas vezes não otimizam a produtividade e o lucro do produtor em condições irrigadas.

O Capítulo 1 deste trabalho foi dedicado à determinação, para a região de Visconde do Rio Branco, MG, da necessidade térmica da cultura do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims var. *flavicarpa* Degener), além da verificação da adequação dos coeficientes da cultura (K_c), sugeridos por BERNARDO (1995) e MILLO e CUNHA (1982). Para isso, foi utilizada uma estação meteorológica automática, instalada próximo ao experimento, para monitorar os dados de clima. A verificação da adequação dos coeficientes de cultura (K_c) foi realizada por meio do acompanhamento da umidade simulada pelo software SISDA com a umidade atual do solo, conforme as fases fenológicas observadas em campo.

O Capítulo 2 foi dedicado à avaliação do efeito da irrigação e da adubação nitrogenada na produção e nos componentes de produção do maracujazeiro amarelo, bem como à determinação das viabilidades técnica e econômica da irrigação, além da obtenção das funções de produção da cultura para a região de Visconde do Rio Branco, MG. Avaliou-se o efeito da irrigação e da adubação nitrogenada sobre a produtividade da cultura, do número total de frutos, do número de frutos tipo A e do peso médio, produzidos na primeira safra da cultura. Com a produção e os componentes de produção (número de total de frutos, número de frutos tipo A e peso médio de frutos), foram obtidas as funções de produção em função das lâminas de água aplicadas durante o ciclo produtivo do maracujazeiro. A análise do retorno econômico foi realizada por meio da obtenção da receita líquida da cultura referente à primeira safra, quando foram considerados o preço do fator água (P_w), a lâmina de água aplicada (W), o preço do produto (P_y), a produtividade (Y) e os custos fixos do maracujazeiro amarelo. Determinaram-se a receita líquida máxima (RLM) e a viabilidade econômica (VE).

CAPÍTULO 1

DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE TÉRMICA E ADEQUAÇÃO DE COEFICIENTES DE CULTURA (K_c) PARA O MARACUJAZEIRO AMARELO

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de aumento da produção e da qualidade de frutos, visando à redução de custos de produção e conquista de mercados, exige da agricultura atual o emprego de técnicas racionais de cultivo. A forma de se alcançar esse objetivo são a expansão de novas áreas agricultáveis e o aumento da produtividade das áreas existentes, sendo a última a alternativa mais viável, pois a expansão das fronteiras agrícolas requer altos investimentos de capital em infra-estrutura básica.

Nos últimos anos, o manejo da irrigação vem se firmando como importante ferramenta na elaboração e condução de projetos irrigados. Entretanto, em virtude da condução inadequada do manejo e por desconhecimento ou falta de informações sobre parâmetros necessários à irrigação, vêm ocorrendo, com freqüência, comprometimento da produtividade e aumento dos custos de produção de diversas culturas, mesmo após o avanço tecnológico dos últimos anos nos equipamentos de irrigação.

Atualmente, o conceito de tempo térmico, medido em graus-dia, vem tendo bastante aceitabilidade na descrição e previsão dos estádios fenológicos das culturas em relação a outras formas, como número de dias após a emergência. Em cultivos irrigados, é importante conhecer a necessidade térmica das culturas, visando ao planejamento do plantio e da colheita (OMETTO, 1981; NUNEZ, 1986), bem como a utilização de coeficientes de cultura apropriados para cada fase fenológica, já que a demanda hídrica varia com os estádios de crescimento das plantas (DOORENBOS e PRUITT, 1975).

A lisimetria é ainda o método mais utilizado na determinação dos coeficientes de cultura (K_c); no entanto, a instalação e o manejo desses equipamentos são onerosos, e os coeficientes obtidos só são válidos para as condições locais, já que os valores de K_c variam com as condições climáticas (BERNARDO, 1995). Atualmente, o uso de softwares destinados ao manejo da irrigação que simulam o comportamento da umidade do solo ao longo do ciclo das culturas irrigadas constitui-se numa alternativa menos onerosa e simplificada para determinar os coeficientes de cultura em diversas regiões.

A escassez da água de chuva ocasiona perdas significativas na produção; procura-se suprir essa deficiência com o uso da irrigação. Entretanto, para otimizar a irrigação, é necessário o conhecimento da demanda hídrica da cultura, ou seja, a evapotranspiração. O consumo de água por uma cultura é um fator importante para estimar a produtividade, já que a resposta física de uma cultura ao suprimento de água é essencial para o melhoramento da agricultura em termos econômicos.

A cultura do maracujazeiro tem obtido posição de destaque no cenário nacional. A área total colhida no Brasil, com cerca de 44,5 mil hectares, está distribuída por região da seguinte forma: 52% no Nordeste, 22% no Sudeste, 19% no Norte, 4% no Centro-Oeste e 3% no Sul (MINISTÉRIO..., 2000).

Para que o Brasil continue participando desse mercado mundial de frutas, é essencial a continuidade na geração de novas tecnologias voltadas para obtenção de produtos de melhor qualidade e aumento da disponibilidade de informações para o manejo da irrigação da cultura do maracujá, pois uma série de atitudes e decisões adequadas tomadas na agricultura não-irrigada muitas vezes não otimiza a produtividade e o lucro do produtor em condições irrigadas.

Dessa forma, o presente trabalho teve como principais objetivos:

- Verificar a adequação dos coeficientes da cultura (K_c), encontrados na literatura, para o maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* **Sins** var. *flavicarpa* **Degener**).

- Determinar a necessidade térmica da cultura do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* **Sins** var. *flavicarpa* **Degener**) na região de Visconde do Rio Branco, MG.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Unidades térmicas (graus-dia)

A duração de cada estágio vegetativo de uma cultura varia com a espécie e as condições climáticas. Diversos elementos climáticos condicionam o desenvolvimento das espécies agrícolas, sendo as condições térmicas e hídricas os dois parâmetros ambientais que mais afetam o estabelecimento e o desenvolvimento das culturas. Em cultivos irrigados, as condições térmicas assumem maior importância, já que as necessidades hídricas serão supridas pela irrigação (MOTA, 1986).

De acordo com CHANG (1971), as plantas reagem diferentemente, ao longo do seu ciclo vital, a dada quantidade de energia disponível no meio. Apesar das adequadas condições de água e luz, o crescimento e o desenvolvimento de uma planta são reduzidos significativamente, quando a temperatura ambiente se torna menor que um valor mínimo ou excede a um valor máximo. Entre esses limites, há um valor de temperatura ótima, no qual ocorre a maior taxa de crescimento.

O crescimento por unidade de tempo em função da temperatura, medido, por exemplo, pelo acréscimo de peso de matéria seca, não é linear, uma vez que acima da temperatura ótima a taxa de crescimento diminui. Analisando a taxa de crescimento em função da temperatura, observaram-se três valores de temperatura, valores esses denominados cardeais. A primeira

temperatura cardeal é denominada limite inferior de crescimento, indicado pela temperatura mínima basal da cultura (T_b), abaixo da qual o crescimento é reduzido. A segunda temperatura é denominada temperatura ótima, na qual a taxa de crescimento é máxima e a terceira temperatura é conhecida como limite superior de crescimento, representada pela temperatura máxima basal (T_B), que, se ultrapassada, o crescimento da planta é reduzido novamente.

Dentre as metodologias para quantificar o desenvolvimento das plantas relacionado com a temperatura do ar está o sistema de unidades térmicas, proposto por Réaumur em 1730. Nos últimos anos, o sistema de unidades térmicas, medido em graus-dia, vem sendo bastante utilizado.

De acordo com VAREJÃO-SILVA (2000), graus-dia é a ocorrência diária de uma energia térmica, medida e acumulada em graus Celsius, em que houve a disposição da planta dentro da faixa térmica adequada ao seu metabolismo, acima da condição mínima (temperatura-limite inferior ou mínima basal) e abaixo da condição máxima exigida pela planta (temperatura-limite superior ou máxima basal). Portanto, uma vez conhecidos os valores em graus-dia necessários para completar cada estágio fenológico de determinada cultura (constante térmica) e as temperaturas máximas e mínimas diárias esperadas (valores médios) em determinada área, pôde-se estimar, com facilidade, a duração do ciclo, bem como estabelecer a época de plantio em função da época mais apropriada para a colheita.

CAMARGO (1984), estudando as exigências bioclimáticas da soja no Estado de São Paulo, verificou que a ocorrência de temperaturas diárias do ar abaixo da temperatura-base da soja proporcionou redução significativa no crescimento das plantas. Isso se baseia no fato de que uma planta necessita de certa quantidade de energia acima do valor da temperatura-base para completar determinada fase fenológica ou, até mesmo, o seu ciclo total, tornando-se os valores de graus-dia constantes e independentes da época de plantio ou do local. Essa teoria envolve a existência de uma relação linear entre o acréscimo de temperatura e o desenvolvimento da planta, bem como o fato de que, também, as temperaturas diurnas e noturnas são de igual importância para o crescimento e desenvolvimento da planta.

Para obtenção da informação térmica, necessária para quantificar os graus-dia, deve-se extraí-la mediante um estudo da marcha anual de

temperatura local. Segundo NUNEZ (1986), depois de realizado um estudo das condições térmicas para um ou dois anos, tem-se a previsão dos anos subseqüentes da marcha dos valores de graus-dia, possibilitando, dessa maneira, prever a data da maturação ou da colheita de qualquer cultura.

No que se refere à cultura do maracujazeiro, não se conhecem estudos procurando determinar a sua temperatura basal mínima (T_b), a máxima (T_B) e o acúmulo de graus-dia para a maturação dos frutos a partir do florescimento, mas, de acordo com PIZA JÚNIOR (1998), observações preliminares têm indicado que esses valores estão em torno dos 8 °C e 27 °C e dos 1.150 graus-dia, respectivamente.

Segundo OMETTO (1981), diversos pesquisadores utilizaram a idéia da constante térmica na tentativa de relacionar os processos fisiológicos das plantas com a temperatura do ar, surgindo, então, diversos métodos para determinação das unidades térmicas. Dentre esses métodos, podem-se citar o método exponencial, o método fisiológico, o método direto e o método residual.

De acordo com o método exponencial, pode-se realizar a soma de temperaturas, supondo que o crescimento vegetal responde a reações físico-químicas, enquanto o método fisiológico se baseia em experiências fisiológicas confirmadas mediante índices termofisiológicos.

No método direto (equação 1), utiliza-se a soma de todas as temperaturas médias maiores que 0 °C ou acima de outros níveis.

$$GD = \sum^N \left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) \quad (1)$$

em que

GD = somatório das temperaturas médias diárias, em °C;

T_{\max} = temperatura máxima do ar (°C), se $T_{\max} > T_B$, $T_{\max} = T_B$; e

T_{\min} = temperatura mínima do ar (°C), se $T_{\min} < T_b$, $T_{\min} = T_b$.

Atualmente, o método residual (equação 2) é o mais utilizado. Nesse método, o acúmulo de graus-dia baseia-se na soma das temperaturas médias diárias do ar, subtraindo-se os graus-dia acumulados referentes à temperatura basal mínima (T_b), que é em função do tipo de cultura, ou seja:

$$GD = \sum_{i=1}^N \left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_b \right) \quad (2)$$

em que

GD = somatório das temperaturas médias, subtraindo-se a temperatura basal mínima da cultura (T_b), em °C;

T_{\max} = temperatura máxima do ar (°C), se $T_{\max} > T_b$, $T_{\max} = T_b$; e

T_{\min} = temperatura mínima do ar (°C), se $T_{\min} < T_b$, $T_{\min} = T_b$.

2.2. Evapotranspiração de referência (ET_o)

Nos últimos anos, vem-se tornando necessária a otimização do uso da água em virtude da redução dos recursos hídricos em quantidade e qualidade, conjuntamente com o aumento das áreas irrigadas. Em planejamento e manejo de áreas irrigadas, o conhecimento sobre evapotranspiração é essencial para quantificar e racionalizar a utilização da água.

A evapotranspiração (ET) refere-se ao total da perda de água para a atmosfera, da superfície do solo e das plantas pela combinação simultânea da evaporação com a transpiração. DOORENBOS e PRUITT (1975) estabeleceram o conceito de evapotranspiração da cultura de referência (ET_o), com o intuito de padronizar uma metodologia para estimar a necessidade de água das plantas como a evapotranspiração de uma cultura hipotética, em crescimento ativo, de altura uniforme, que cobre completamente a superfície, e sem limitação de água no solo (SEDIYAMA, 1996).

Em 1990, pesquisadores de vários países, especialistas em evapotranspiração, concluíram que o conceito de evapotranspiração de referência (ET_o), até então empregado, apresentava problemas, principalmente relacionados com a variabilidade das culturas de referência (grama e alfafa), levando a erros de sub e superestimativa e à existência de dificuldades experimentais para contrastá-los. Essas condições dificultavam a determinação padronizada da evapotranspiração de referência em escala global; por isso, decidiram propor um novo conceito (SMITH et al., 1991). O novo conceito de evapotranspiração de referência atualmente aceito pelos pesquisadores é a

taxa de evapotranspiração de uma cultura hipotética, com uma altura de 0,12 m, resistência aerodinâmica da superfície de 70 s^{-1} e albedo de 0,23. A nova metodologia foi denominada Penman-Monteith padronizada para os termos de resistência aerodinâmica e da cultura às perdas no processo evaporativo, que estima a evapotranspiração considerando as características da cultura de referência e do meio ao seu redor. Para formular a equação de Penman-Monteith (1990), foi introduzida na equação de Penman (1948) a função de resistência da superfície foliar (r_c) para cada tipo específico de cultura, em adicional ao termo existente de resistência aerodinâmica. Dessa modificação, a equação de Penman-Monteith (1990) tornou-se precisa para ser utilizada para o cálculo da E_{To} , proporcionando bons resultados tanto em base mensal quanto diária e até mesmo horária (SEDIYAMA, 1996).

Existem vários métodos diretos e indiretos para se determinar a evapotranspiração de referência. Dentre os métodos diretos, um dos mais utilizados são os lisímetros, que, se instalados corretamente, apresentam boa precisão. Entretanto, em virtude de a determinação da evapotranspiração em condições não-potenciais (E_{Tr}) ser trabalhosa e exigir, normalmente, aparelhagem de alto custo, recomendam-se determinar a evapotranspiração potencial (E_{Tp}), usando métodos indiretos, e, em seguida, considerar os fatores limitantes das condições potenciais (BERNARDO, 1995). Já PEREIRA (1984) recomendou o emprego de lisímetros para avaliar a precisão dos métodos micrometeorológicos e calibrar as fórmulas empíricas que são empregadas na estimativa da evapotranspiração de referência.

De acordo com JENSEN et al. (1990), vários pesquisadores propuseram modelos matemáticos para determinar, indiretamente, a evapotranspiração potencial de referência (E_{To}): Penman, Thornthwaite, Blaney-Criddle, Turc, Papadakis, van Bavel-Businger, Kohler-Nordensen-Fox, Ivanov, Christiansen-Hargreaves, Jensen-Haise, Makkink e outros. Para algumas regiões brasileiras, a equação de Penman foi a que melhor se ajustou, pois é um método combinado que considera o balanço de energia e o balanço aerodinâmico, apresentando bons resultados de evapotranspiração potencial de referência para períodos de até um dia (SEDIYAMA, 1972). Entretanto, a equação de Penman apresenta o inconveniente de envolver grande número de informações meteorológicas, as quais nem sempre estão disponíveis (LOPES, 1989).

Segundo ALLEN (1986), estudos conduzidos por diferentes pesquisadores, em diversas localidades e condições climáticas, indicam que o modelo de Penman-Monteith tem apresentado estimativas de ETo para a grama, de forma consistente e bem correlacionada com valores medidos em lisímetros, tanto na escala mensal, decenal, quanto na diária, evidenciando que esse modelo pode ser utilizado com sucesso na determinação das necessidades de água das culturas como padrão de calibração de outros modelos empíricos, na ausência de dados de lisímetros. Já JENSEN et al. (1990), através da comparação de 19 métodos de estimativa da ETo mundialmente utilizados, constataram que o método de Penman-Monteith apresentou, em média, o melhor desempenho para estimativa da ETo para valores diários e mensais, em relação a dados de lisímetros para 11 diferentes condições climatológicas.

Em manejo de irrigação, os resultados de pesquisa de campo devem ser utilizados diretamente na estimativa das exigências hídricas das culturas. Entretanto, tais informações não estão disponíveis ou, muitas vezes, não são aplicáveis a todos os locais. Assim, os técnicos de irrigação devem recorrer às experiências, informações de projetos irrigados ou contar com estimativas por meio de modelos teóricos (SEDIYAMA et al., 1998).

2.3. Evapotranspiração potencial da cultura (ETpc)

Por definição, a evapotranspiração potencial da cultura (ETpc) é a evapotranspiração de determinada cultura quando se têm ótimas condições de umidade e nutrientes no solo, de modo a possibilitar a produção potencial das culturas nas condições de campo (BERNARDO, 1995).

A estimativa da evapotranspiração potencial da cultura (ETpc) envolve, usualmente, um processo que se desenvolve em duas etapas. Na primeira etapa, estima-se a evapotranspiração de uma cultura de referência, normalmente grama (ETo) ou alfafa (ETr), geralmente utilizando uma equação empírica ou semi-empírica. Na segunda etapa, a ETc é obtida, multiplicando-se ETo ou ETr por um coeficiente de cultura (K_c), que integra as características da cultura e do clima local (DOORENBOS e PRUITT, 1975).

O coeficiente de cultura (K_c) é um parâmetro adimensional proposto por Van Wilk e de Vries (1954) e representa a razão entre a ET_c e a ET_o . De acordo com SEDIYAMA (1996), K_c é o recurso mais comumente utilizado para se chegar à evapotranspiração da cultura (ET_c), desde que se conheça o valor da evapotranspiração de referência (ET_o). Do ponto de vista de um balanço de energia, o K_c representa a fração de energia calorífica convertida em calor latente, de acordo com a equação 3:

$$K_c = \frac{R_n + G + H}{R_{n0} + G_0 + H_0} = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (3)$$

em que

K_c = coeficiente de cultura, adimensional;

R_n = saldo de radiação, $\text{cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$;

G = fluxo de calor no solo, $\text{cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$;

H = fluxo de calor sensível no ar, $\text{cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$; e

o = o índice zero designa os valores concorrentes para a cultura de referência.

DOORENBOS e PRUITT (1975) teceram considerações sobre os principais fatores que afetam o coeficiente (K_c), como segue: características específicas de cada cultura, época de plantio, duração da estação de crescimento, condições climáticas predominantes durante o início de desenvolvimento e frequência de chuva e irrigação. Dessa forma, não se recomenda a generalização do seu uso. Esses mesmos autores ainda dividem o ciclo da maioria das culturas, de modo geral, em quatro estádios:

- Inicial, que é a parte do ciclo que vai da germinação até quando a cobertura vegetal alcança 10% de desenvolvimento da superfície foliar.
- De desenvolvimento da cultura, que se estende desde 10% de cobertura até em torno de 70% a 80% do desenvolvimento vegetativo.
- De meia estação, que vai desde o final do segundo estágio até o início da maturação (despigmentação das folhas).
- Final, que vai do início da maturação à colheita.

No que se refere à cultura do maracujazeiro, existem poucos trabalhos a respeito das necessidades hídricas e dos coeficientes de cultura (K_c). Porém, de acordo com MILLO e CUNHA (1982), o maracujazeiro em pleno desenvolvimento utiliza um coeficiente de cultura (K_c) de 0,8 e apresenta uma área sombreada de 40% num espaçamento de plantio de 3 x 3 m. Já MARTINS (1998), trabalhando com adubação e irrigação em maracujazeiro na região de Campo dos Goytacazes, RJ, utilizou um coeficiente (K_c) de 0,75 no período de maior demanda hídrica, conseguindo, na segunda safra da cultura, uma produtividade de 39.901 kg/ha.

2.4. Evapotranspiração real da cultura (ET_{rc})

Por definição, a evapotranspiração real da cultura (ET_{rc}) é a evapotranspiração de determinada cultura, em condições normais de cultivo, sem haver a obrigatoriedade de o teor de água no solo permanecer sempre próximo à capacidade de campo.

Quando a umidade do solo está próxima da “Capacidade de Campo”, a evapotranspiração de uma cultura é mantida na sua potencialidade. À medida que o solo perde umidade, a ET_{rc} apresenta valores abaixo da ET_{pc} , a partir de determinado teor de água no solo. Dessa forma, sempre a ET_{rc} será menor ou, no máximo, igual à ET_{pc} (BERNARDO, 1995).

Para o cálculo da ET_{rc} existem várias proposições, sendo as baseadas na disponibilidade de umidade no solo as mais simples e realísticas. Existem três suposições a respeito do efeito da umidade do solo no decréscimo da relação ET_{rc}/ET_{pc} (BERNARDO, 1995). Uma das suposições foi formulada por Veihmeyer e Hendrickson. Estes pesquisadores afirmaram que a evapotranspiração da cultura ocorre na razão potencial quando o teor de água no solo está num valor acima do ponto de murcha, caindo abruptamente quando se aproxima desse ponto.

As duas outras suposições foram formuladas por Thornthwaite e Mather e por Pierce. Thornthwaite e Mather verificaram decréscimo linear da relação ET_{rc}/ET_{pc} com o decréscimo da umidade do solo, enquanto Pierce conclui que a ET_{rc} se mantém acima de 90% da ET_{pc} quando a umidade do solo está acima de um terço da água disponível. Abaixo desse valor, a ET_{rc} cairá mais

rapidamente, na forma exponencial, até a umidade do solo chegar ao ponto de murcha.

De acordo com diversos pesquisadores, os resultados experimentais de Pierce são os mais aceitos atualmente, pois acredita-se que a ET_{rc} é igual à ET_{pc} durante algum tempo, decrescendo rapidamente a partir de determinado valor de umidade do solo. A relação entre a ET_{rc} e a ET_{pc} é dada pela equação 4:

$$ET_{rc} = K_s(ET_{pc}) \quad (4)$$

O K_s é um coeficiente adimensional que depende da umidade do solo e foi sugerido por BERNARDO (1995) para fins de conversão da ET_{pc} em ET_{rc} , conforme a disponibilidade de água no solo. O K_s pode ser expresso pela seguinte equação:

$$K_s = \frac{\ln(LAA + 1)}{\ln(CTA + 1)} \quad (5)$$

em que

K_s = coeficiente de umidade do solo (adimensional);

LAA = lâmina atual de água no solo, em mm;

CTA = capacidade total de água no solo, em mm; e

\ln = logaritmo neperiano.

2.5. Software desenvolvido para manejo de irrigação (SISDA)

De acordo com BORGES (1999), o SISDA (Sistema de Suporte à Decisão Agrícola) é um sistema especialista, que tem como objetivo principal a racionalização do uso da água e energia em lavouras irrigadas, auxiliando no manejo da irrigação através do cadastramento de todos os fatores que compõem o sistema solo-água-planta-atmosfera. O programa calcula a evapotranspiração e o balanço de água no solo em tempo real, fornecendo recomendações de quanto e quando irrigar.

O software SISDA foi desenvolvido com base no manejo e na simulação da irrigação. No módulo sobre manejo, o usuário visa alimentar periodicamente o programa com as informações climáticas, proporcionando ao sistema calcular a disponibilidade atual de água para a cultura e fornecendo resultados em forma de relatórios, gráficos e orientações padronizadas e personalizadas. Considerando uma base histórica de dados climáticos disponíveis no programa, o sistema faz previsão de chuva e orienta o usuário quanto ao momento de irrigar e quanto à lâmina de água a ser aplicada, diminuindo as chances de perda de água com irrigações desnecessárias. Já no módulo sobre simulação, o usuário define para determinada cultura as condições a serem simuladas, como época de plantio, localidade etc., e o sistema gera uma base de dados correspondente a consumo de água, déficit hídrico, probabilidade de ataque de doenças e duração do ciclo da cultura, que são de grande importância no planejamento das atividades agrícolas.

Ultimamente, o SISDA vem sendo utilizado com muita intensidade em diversas pesquisas como ferramenta para acompanhamento do manejo de irrigação em áreas irrigadas. Autores como ANTUNES (2001) têm citado os satisfatórios resultados obtidos com esse programa.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Característica da área experimental, instalação do experimento e manejo de irrigação

O ensaio foi realizado na Fazenda Experimental da Sementeira, área pertencente à Universidade Federal de Viçosa, situada no Município de Visconde do Rio Branco, MG, latitude 21° 47' S, longitude 42° 50' W e altitude de 352 m, em solo Podzólico Vermelho-Amarelo argiloso, com as finalidades de determinar a necessidade térmica para o maracujazeiro amarelo e verificar a adequação dos coeficientes de cultura (Kc) sugeridos por BERNARDO (1995) e MILLO e CUNHA (1982).

O manejo da irrigação foi realizado com turno de rega de três dias com a aplicação de uma lâmina de água necessária para elevar a umidade do solo para as condições de capacidade de campo. Cada parcela irrigada (Figura 1) possuía uma linha lateral de polietileno, onde foram inseridos seis gotejadores espaçados 1 m. Cada planta da parcela recebeu água proveniente de dois gotejadores com vazão individual de 5,7 litros/hora em operação com pressão de serviço (PS) de 22 mca, proporcionando 30% de área molhada (PM).

A adequação dos coeficientes da cultura (Kc) do maracujazeiro foi realizada, utilizando-se três parcelas experimentais com três plantas úteis em um espaçamento de 2 x 3 m (Figuras 2) e irrigadas por gotejamento.



Figura 1 – Detalhe de uma parcela experimental com três plantas de maracujazeiro.



Figura 2 – Croqui da área experimental com maracujazeiro.

Com o intuito de evitar a elevada variabilidade natural entre as plantas do maracujazeiro, sementes selecionadas do material Maguary, variedade Marília, foram obtidas do Plano de Melhoramento da empresa Viveiros Flora

Brasil, localizado em Araguari, MG. As sementes foram semeadas em sacos de polietileno preto perfurado com dimensões de 14 cm x 20 cm x 0,012 cm, sendo as plantinhas colocadas na cova definitiva quando atingiram 15 cm de altura.

O sistema de condução da cultura foi o de espaldeamento vertical com um fio de arame a 2 m de altura. Inicialmente, as plantas foram conduzidas em haste única, eliminando-se as brotações laterais, até atingirem 2,20 m de altura, quando, então, eliminou-se a gema apical para induzir as brotações laterais superiores. Selecionaram-se as duas brotações opostas mais próximas do fio de arame, conduzindo uma para cada lado da planta. Quando essas ramificações secundárias atingiram 1 m de comprimento, foi eliminada novamente a gema apical de cada ramificação, induzindo brotações laterais terciárias ou ramos produtivos.

Após o completo crescimento das ramificações, realizaram-se, a cada 30 dias, podas das extremidades dos ramos terciários, a fim de deixá-los a uma altura de 40 cm do solo.

Foram polinizadas todas as flores emitidas pelas brotações. A polinização foi realizada diariamente, de forma manual, utilizando-se pólen de outras plantas.

Durante a condução do experimento, também foram retiradas amostras de solo das parcelas para análises químicas e físico-hídricas, cujos resultados são apresentados nos Quadros 1 e 2.

3.2. Determinação das unidades térmicas (graus-dia)

A necessidade térmica do maracujazeiro foi determinada mediante um estudo da marcha anual de temperatura na região de Visconde do Rio Branco, MG, com o auxílio de uma estação meteorológica automática acoplada a um computador portátil (Figura 3), para coleta de dados de temperatura, umidade relativa, precipitação e insolação; e um anemômetro totalizador, para a coleta de valores de velocidade de vento.

Foi utilizado o software SISDA versão 3.0 para converter os valores diários de temperatura em graus-dia acumulados, empregando-se o método residual, por meio da equação 2. Foram adotadas as temperaturas basais

Quadro 1 – Resultados da análise química e amostras de solo retiradas na área experimental 30 dias antes da aplicação dos tratamentos

Características ⁽¹⁾						
Profundidade (cm)	pH ⁽²⁾	M.O (%)	Al	H + Al	Ca	Mg
Cmolc/dm ³						
0 – 20	5,5	2,80	0,0	3,5	6,0	1,5
20 – 40	5,8	1,46	0,0	2,6	5,0	1,3
Profundidade (cm)	P ⁽³⁾	K	Na	SB	CTC (t)	CTC
Mg/dm ³						
0 – 20	115	300	14	8,27	8,27	11,77
20 – 40	99	260	12	6,70	6,96	9,56
Profundidade (cm)	V	Cu	S	Fe	Zn	Mn
Mg/dm ³						
0 – 20	70	2,6	0,0	98,5	14	96,7
20 – 40	73	2,4	0,0	94	7,8	49,7

(1) Análises realizadas no Laboratório de Análises do Solo de Viçosa Ltda.

(2) pH em H₂O (1:25).

(3) Fósforo extraído pelo Mehlich-1.

Quadro 2 – Distribuição granulométrica, classificação textural e características físico-hídricas do solo da área experimental

Prof. (cm)	Distribuição Granulométrica (%)			Teor de H ₂ O (% em peso de MS)			Massa Específica ⁽³⁾ (g. cm ⁻³)
	Areia	Silte	Argila	Classificação	CC ⁽¹⁾	PM ⁽²⁾	
0-40	45	17	38	Podzólico Vermelho-Amarelo (Argiloso)	34,2	19,8	1,26

(1) Determinado em laboratório a uma tensão de -0,3 bar.

(2) Determinado em laboratório a uma tensão de -15 bar.

(3) Determinada a partir de amostras coletadas em cilindros Uhland.

mínimas (T_b) e máximas (T_B) de crescimento para o maracujazeiro de 8 °C e 27 °C (PIZA JÚNIOR, et al., 1996), respectivamente. A cultura foi instalada no início de março/2000. Durante o desenvolvimento da cultura foram determinadas as necessidades térmicas e a duração de cada uma das fases fenológicas da cultura, proposta por MACIEL et al. (1994), que são: fase de crescimento vegetativo inicial, fase de crescimento vegetativo apical, fase de crescimento vegetativo lateral e fase de floração e maturação de frutos.



Figura 3 – Estação meteorológica automática instalada próxima à área experimental.

3.3. Coeficientes de cultura (K_c)

Utilizou-se no manejo da irrigação, durante o início do desenvolvimento vegetativo do maracujazeiro, que ocorreu no período de 12/03/2000 a 11/04/2000, o coeficiente da cultura (K_c) de 0,4, conforme a metodologia de BERNARDO (1995), expressa na equação 6. Para utilização da metodologia, desprezou-se o crescimento vegetativo inicial da cultura, ou seja:

$$Kc = \frac{40 + \% \cdot cresc \cdot vegetativo}{100} \quad (6)$$

Na fase de maior exigência hídrica do maracujazeiro, que se iniciou em 27/10/2000, utilizou-se um coeficiente de cultura (Kc) de 0,8, conforme sugestão de MILLO e CUNHA (1982). O coeficiente de umidade do solo (Ks) foi determinado conforme a equação 5.

3.4. Evapotranspiração da cultura (ETc)

A evapotranspiração da cultura foi determinada por meio do balanço de água no solo, conforme a equação 7. Foram feitas as seguintes considerações: inexistência de percolação profunda, escoamento superficial, escoamento subsuperficial e contribuição do lençol freático, uma vez que este foi mantido abaixo de 2 m da superfície do solo. Logo, para determinado intervalo de tempo, pode-se escrever

$$ETc = P + I - \Delta LA \quad (7)$$

em que

ETc = evapotranspiração da cultura, mm;

P = precipitação, mm;

I = irrigação, mm; e

ΔLA = variação da umidade na camada de solo explorada pela cultura, mm.

Durante as fases da cultura, amostras de solo foram retiradas no bulbo molhado para verificar a umidade do solo pelo método termogravimétrico (BERNARDO, 1995). Com a utilização do software SISDA 3.0, determinou-se a evapotranspiração de referência (ETo) utilizando o método de Penman-Monteith (equação 8), corrigida para evapotranspiração da cultura em condições de irrigação localizada, conforme metodologia de KELLER (1990), apresentada na equação 9.

$$ET_o = \frac{\delta}{\delta + \gamma^*} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma^*} \frac{900}{T + 275} U_2 (e_a - e_d) \quad (8)$$

em que

- ET_o = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹);
R_n = saldo de radiação à superfície do solo (MJ m⁻² dia⁻¹);
G = fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹);
T = temperatura (°C);
U₂ = velocidade do vento a 2 m de altura (m s⁻¹);
(e_a - e_d) = déficit de pressão de vapor (kPa);
δ = declividade da curva -pressão-vapor-saturação (kPa °C⁻¹);
λ = calor latente de evaporação (MJ kg⁻¹); e
γ* = constante psicrométrica modificada (kPa °C⁻¹) = (1 + 0,33U₂).

$$ETI = (0,0085P_s + 0,15)K_cK_sET_o \quad (9)$$

em que

- ETI = evapotranspiração em condição de irrigação localizada, em mm;
P_s = área sombreada, em %; se P_s < P_m, usa-se P_m; e
P_m = área molhada, em %.

A adequação dos coeficientes de cultura (K_c) sugeridos pela literatura foi realizada por meio do acompanhamento da umidade simulada pelo software SISDA com a umidade atual do solo, conforme as fases fenológicas observadas em campo. Durante o início de cada fase fenológica do maracujazeiro, determinou-se a porcentagem de área sombreada da cultura como a razão entre a área da cultura projetada num plano horizontal e o espaçamento da cultura.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, entre os meses de março e julho/00, as temperaturas máximas, na sua maioria, foram superiores a 27 °C, enquanto as temperaturas mínimas alcançaram valores inferiores a 8 °C, ficando a cultura fora da faixa ótima de cultivo do maracujazeiro amarelo, segundo PIZA JÚNIOR (1998). Pode-se observar ainda maior redução nos valores das temperaturas mínimas ocorridos durante o mesmo período em relação às temperaturas máximas (Figura 4).

Pode-se observar também, na Figura 4, que, nos meses de julho a setembro/00, uma redução conjunta dos valores de temperaturas máxima e mínimas caracterizaram um período de menor disponibilidade energética para o crescimento e desenvolvimento da cultura. Já a partir do mês de setembro, até o final do ciclo da cultura, foi observado aumento significativo das temperaturas máximas e mínimas e, conseqüentemente, das temperaturas médias (Figura 4).

A maior parte dos valores de temperatura média ocorreu entre os valores de temperatura basal máxima e temperatura basal mínima (Figura 5), disponibilizando, assim, energia para as plantas utilizarem em seus processos metabólicos, favorecendo o desenvolvimento da cultura (OMETTO, 1981).

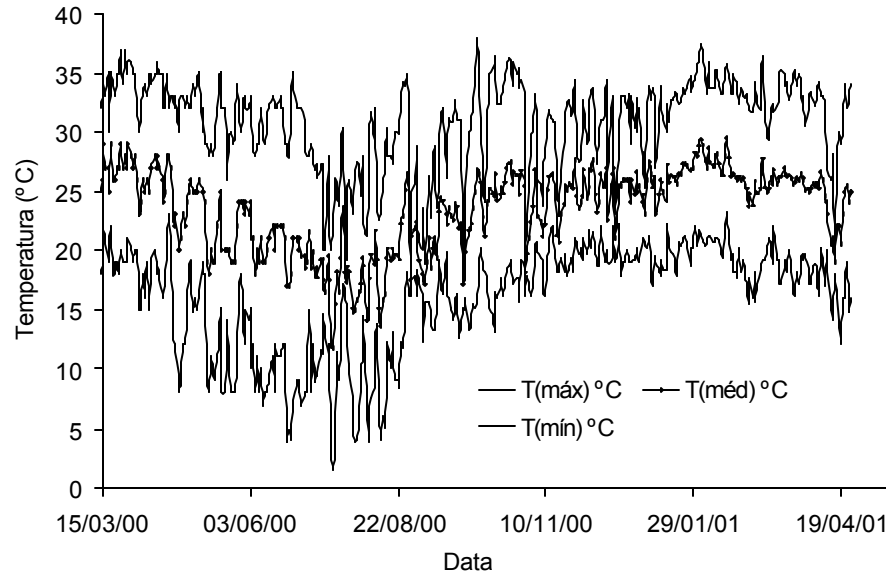


Figura 4 – Temperatura máxima (Tmáx), temperatura média (Tméd) e temperatura mínima (Tmín) ocorridas durante a condução do experimento.

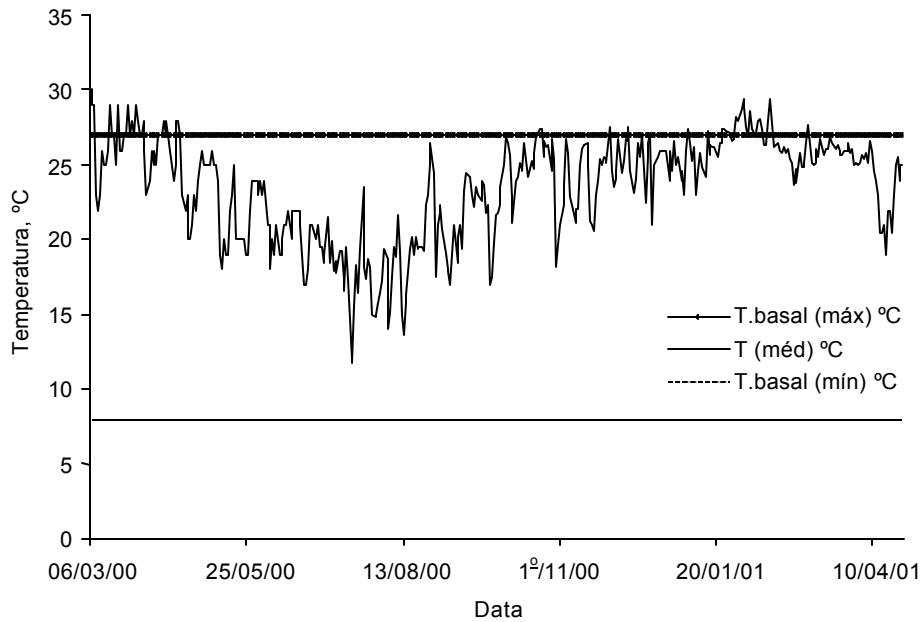


Figura 5 – Temperatura basal mínima (T_b), temperatura basal máxima (T_B) e temperaturas médias ($T_{média}$) ocorridas dentro dos limites basais da cultura do maracujazeiro amarelo.

Entre meados de março e abril/00 e nos meses de janeiro a fevereiro/01, as temperaturas médias ultrapassaram os valores de temperatura basal máxima, que reduzem o crescimento da planta (Figura 5).

Durante todo o ciclo da cultura houve acúmulo crescente de energia térmica, que chegou ao valor máximo de 6.545 graus-dia (Figura 6). Logo, pode-se cultivar o maracujazeiro irrigado ao longo de todo o ano na região de Visconde do Rio Branco, MG.

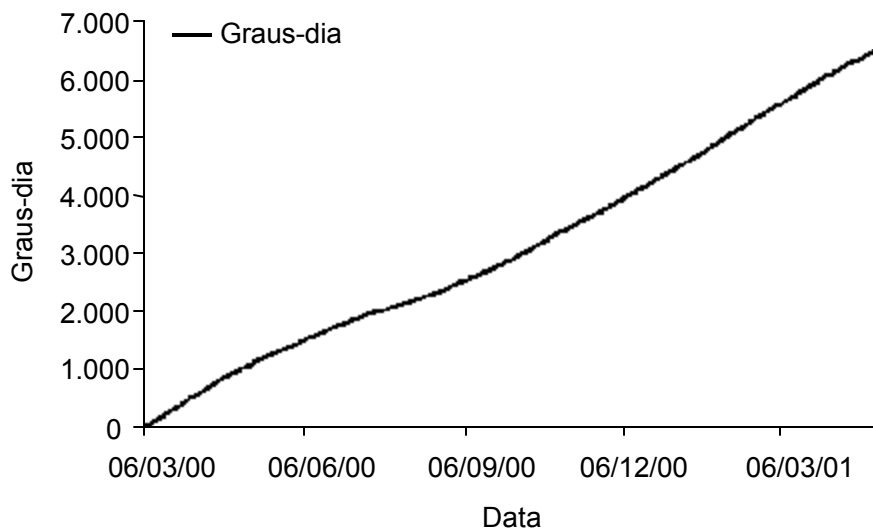


Figura 6 – Unidade térmica (graus-dia) acumulada ao longo da 1ª safra da cultura do maracujazeiro amarelo.

Utilizando a metodologia de MACIEL et al. (1998) e de observações de campo, dividiu-se o ciclo da cultura em: fase de crescimento inicial, fase de crescimento vegetativo apical, fase de crescimento vegetativo lateral e fase de floração e maturação de frutos.

No Quadro 3 são apresentados os limites de cada fase fenológica determinada no campo e a duração do ciclo da cultura em dias e em graus-dia.

De acordo com o Quadro 3, a partir do plantio das mudas no campo, deu-se início à fase de crescimento inicial do maracujazeiro. Essa fase estendeu-se até as mudas atingirem 60 cm de altura, emitindo as primeiras gavinhas, o que caracterizou o pleno estabelecimento da cultura no campo (Figura 7). Nessa fase, a cultura necessitou de 575 graus-dia, durante cerca de 30 dias. Nesse período, utilizou-se um coeficiente de cultura (K_c) de 0,4, de acordo com a metodologia sugerida por BERNARDO (1995).

De acordo com MACIEL et al. (1994), a fase de crescimento inicial assemelha-se com o que chamam de fase juvenil, e, nessa fase, a cultura se caracteriza por apresentar um talo cilíndrico com entrenós curtos e folhas simples dispostas em espiral 2/5 e a presença de uma gema axilar. Esses autores ainda afirmaram que essa fase termina quando a planta atinge 80 dias de crescimento após a germinação.



Figura 7 – Muda de maracujazeiro aos 30 dias após o plantio no campo, no final da fase de crescimento inicial.

Após o término da fase de crescimento inicial, deu-se início à fase de crescimento vegetativo apical com a continuação do desenvolvimento do ramo principal (Figura 8), que foi até quando as plantas ultrapassaram o fio de tutoramento, atingindo aproximadamente 2,3 m de altura. Para essa fase da cultura, utilizou-se um coeficiente de cultura (K_c) médio de 0,6, e a necessidade térmica foi de 925 graus-dia, num período de 60 dias. MACIEL et al. (1994) afirmaram que a fase de crescimento vegetativo apical é uma fase de transição, em que ocorrem mudanças fisiológicas e morfológicas com o aumento do comprimento dos entrenós, mudança na forma das folhas, presença de gavinhas e comprimento de ramo principal de 2,5 m, semelhante ao observado em campo.



Figura 8 – Planta de maracujazeiro aos 90 dias após o plantio no campo, no final da fase de crescimento vegetativo apical.

Após o término da fase de crescimento vegetativo apical começou a fase de crescimento vegetativo lateral (Figura 9), com desenvolvimento de dois ramos laterais, conduzidos um para cada lado da planta. Quando esses ramos atingiram 1 m de comprimento, eles foram podados (2ª poda de condução) para forçar o surgimento de ramos terciários (produtivos), que formaram a “saia” (“cortina”) da planta. Essa fase terminou com a emissão das primeiras flores, e teve a duração de cerca de 90 dias, necessitando de 995 graus-dia. No início desse período, as plantas apresentaram área sombreada de aproximadamente 10% (Quadro 4), sendo utilizado um coeficiente de cultura (Kc) médio de 0,7. MACIEL et al. (1994) afirmaram que, nessa fase, a cultura ainda apresentou características de fase de transição, com a ressalva de que, a partir do 11º nó, entre a base e a gema axilar, dá-se início ao aparecimento de gavinhas em todos os nós, ocorrendo também o surgimento das primeiras folhas trilobadas, o que foi realmente observado no campo.



Figura 9 – Planta de maracujazeiro aos 120 dias após o plantio no campo, na fase de crescimento vegetativo lateral.

Quadro 4 – Área sombreada projetada no plano horizontal, área explorada pela cultura e área sombreada no início de cada fase fenológica do maracujazeiro amarelo

Fases Fenológicas do Maracujazeiro	Área Sombreada no Plano Horizontal (m ²)	Área Explorada pela Cultura (m ²)	Área Sombreada (%)
Crescimento Inicial	-	6	-
Crescimento Vegetativo Apical	-	6	-
Crescimento Vegetativo Lateral	0,6	6	10
Fase Floração/Maturação de Frutos	1,6	6	28

Com o aparecimento das primeiras flores, iniciou-se a fase de floração e maturação de frutos (Figura 10), que durou cerca de 240 dias e teve a exigência de 4.050 graus-dia. Nessa fase, a cultura apresentou área sombreada em torno de 28%, e foi considerado um coeficiente de cultura (Kc) de 0,8.

MACIEL et al. (1994) descreveram a fase de floração e maturação de frutos como o início da fase adulta da cultura em que ocorreu a presença das primeiras flores no ramo principal e nos ramos laterais. VALLINI et al. (1976) afirmaram que, em Jaboticabal, SP, o florescimento ocorreu após nove meses da semeadura, enquanto SACRAMENTO e LEITE (1994) observaram que, em Belmonte, BA, plantas com cinco meses de plantio no campo já propiciavam a fase de colheita. Em Visconde do Rio Branco, MG, observou-se florescimento a partir dos sete meses de idade da cultura, já a colheita das primeiras frutas ocorreu aos nove meses após o plantio das mudas no campo. Ao final desse estágio ocorreu a paralisação do florescimento e frutificação em função da redução da temperatura (Figura 5), quando foi realizada a poda de renovação dos ramos terciários, com a finalidade de iniciar o 2º ano de produção (2ª safra).



Figura 10 – Plantas de maracujazeiro em plena produção aos 300 dias após o plantio no campo, na fase de floração e maturação de frutos.

O manejo da irrigação foi realizado para manter a cultura em condições potenciais de crescimento e desenvolvimento, mantendo a umidade do solo próximo à condição de capacidade de campo. Entretanto, devido a problemas operacionais, a umidade do solo ficou próximo da umidade crítica por pequenos intervalos de tempo. Porém, de modo geral, o manejo de irrigação foi adequado (Figura 11).

Durante o experimento, ocorreram períodos secos, tendo sido bem caracterizado o de abril a outubro, e períodos de chuva, como o de novembro a janeiro (Figura 12). A umidade relativa do ar variou de 55% a 99%, com um valor médio de 83%.

A evapotranspiração potencial da cultura (ET_c) e a evapotranspiração de referência da cultura (ET_o) do maracujazeiro, ocorridas ao longo do cultivo da 1ª safra, variaram de 0,49 a 4,1 mm e de 1,68 a 6,28 mm, com valores médios de 2,3 e 4,0 mm, respectivamente (Figura 13).

No Quadro 5 são apresentados os coeficientes da cultura (K_c) sugeridos pela literatura, as datas de medições da umidade do solo, os valores da umidade do solo e da umidade do solo simulada pelo SISDA e desvios observados nas umidades do solo e do SISDA durante a condução do experimento do maracujazeiro amarelo.

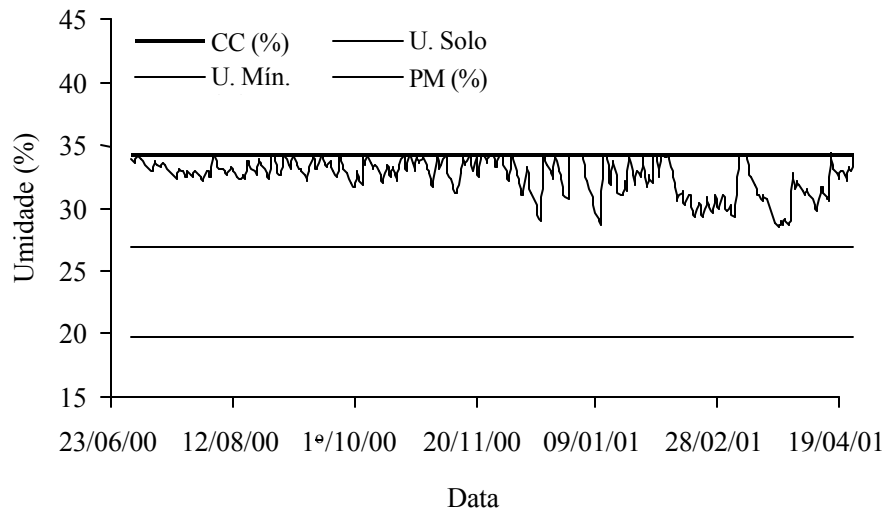


Figura 11 – Capacidade de campo (CC), ponto de murcha (PM), umidade mínima (UM) e lâminas aplicadas nas parcelas de maracujazeiro durante a condução do experimento.

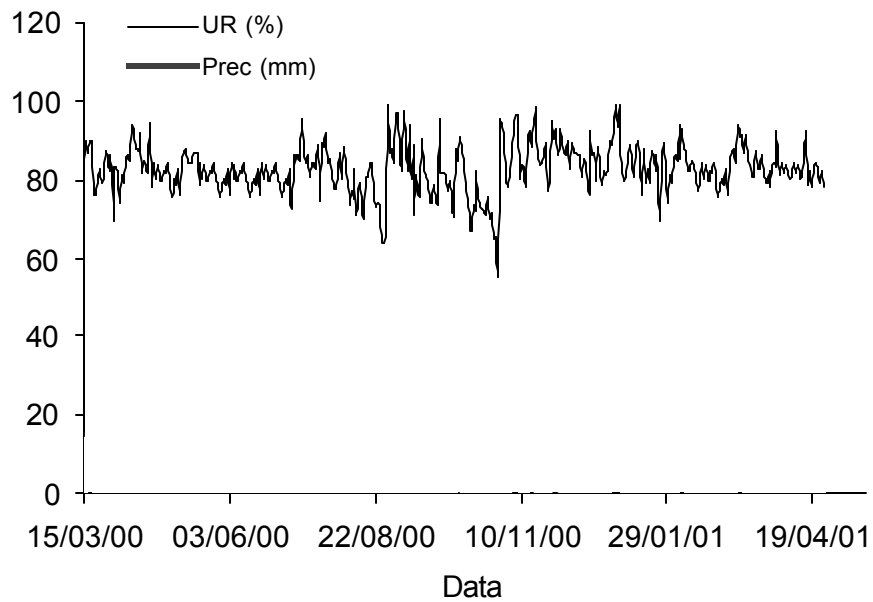


Figura 12 – Umidade relativa (UR) e precipitação (Prec) ocorridas durante a condução do experimento de maracujazeiro amarelo.

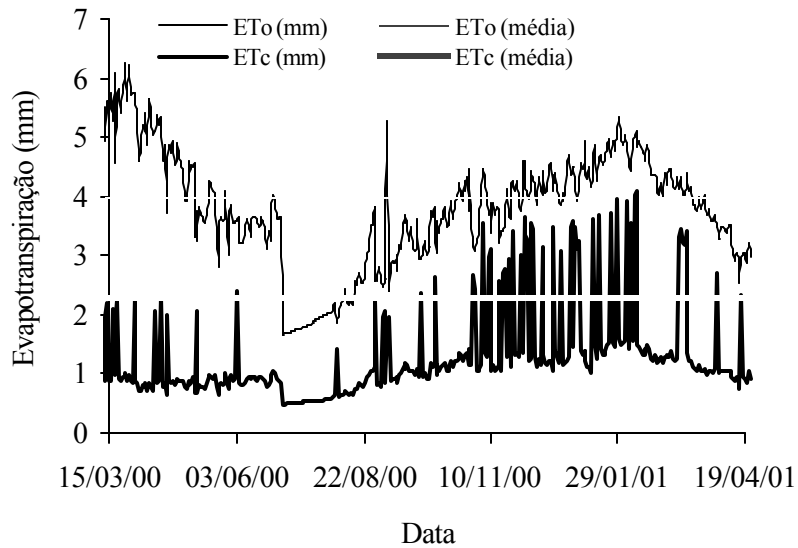


Figura 13 – Evapotranspiração de referência (ETo) e evapotranspiração potencial (ETc) do maracujazeiro amarelo ocorridas durante a condução do experimento.

Durante os primeiros 60 dias após o plantio no campo, não foram realizadas verificações da umidade do solo (Quadro 5). Observou-se aumento linear do coeficiente de cultura de 0,4, na fase de crescimento inicial, a 0,8, na fase de floração e maturação de frutos, conforme a metodologia da DOORENBOS e PRUITT (1975), encontrada no Quadro 1A.

No dia 08/05/2000, a umidade do solo se elevou à capacidade de campo, juntamente com a umidade do solo simulada pelo SISDA, após uma precipitação de 10 mm (Quadro 1A). Não ocorreram precipitações significativas no período de 08/05/2000 a 25/05/2000, podendo-se observar a ocorrência de ligeiro desvio entre a umidade do solo e a umidade simulada pelo SISDA (Quadro 5).

Durante a fase de crescimento vegetativo lateral, realizaram-se cinco verificações de umidade do solo, no período de 10/07/2000 a 17/08/2000 (Quadro 5). Durante o período de 07/08/2000 a 17/08/2000 não ocorreram precipitações significativas, em que se pôde verificar, também, que ocorreram ligeiros desvios entre a umidade do solo e a umidade simulada pelo SISDA, assemelhando-se ao que ocorreu na fase anterior da cultura.

Quadro 5 – Valores dos coeficientes de cultura (Kc) adotados, umidades do solo medidas e simuladas, desvios das umidades medidas e simuladas e área sombreada nas diferentes fases fenológicas da cultura

Fase de Crescimento Inicial							
Medição da Umidade no Solo	Umidade Medida (%)	Umidade Simulada (%)	Desvio Observado (%)	Coeficiente de Cultura (Kc)	Área Sombreada (%)	Ks	KI
-	-	-	-	0,4	5,0		
Fase de Crescimento Vegetativo Apical							
08/05/2000	34,20	34,20	*	0,54	8,4	1	0,22
25/05/2000	30,20	30,72	+0,52	0,62	9,2	0,98	0,22
Fase de Crescimento Vegetativo Lateral							
10/07/2000	32,00	32,84	+0,84	0,73	16,2	0,97	0,28
07/08/2000	34,20	33,15	-1,05	0,77	21,8	0,98	0,33
10/08/2000	31,35	32,58	+1,23	0,77	22,4	0,96	0,34
15/08/2000	32,80	32,18	-0,62	0,77	23,4	0,95	0,34
17/08/2000	34,20	32,16	-2,04	0,78	23,8	0,95	0,35
Fase de Floração e Maturação de Frutos							
08/11/2000	34,20	34,20	*	0,8	28	1	0,39
13/11/2000	31,85	31,23	-0,62	0,8	28	0,92	0,39
23/12/2000	34,20	34,20	*	0,8	28	1	0,39
27/12/2000	30,40	31,17	+0,77	0,8	28	0,92	0,39
03/01/2000	34,20	34,20	*	0,8	28	1	0,39
10/01/2001	30,90	29,16	-1,74	0,8	28	0,86	0,39

* Elevação da umidade medida e simulada à capacidade de campo após a precipitação.

Houve, durante a ocorrência da fase de floração e maturação de frutos, coincidência com o período de maior precipitação na região, que por sua vez dificultou as verificações da umidade do solo, em virtude da menor frequência de períodos sem precipitação (Quadro 1A). Entretanto, pode-se realizar, durante alguns períodos em que não ocorreram precipitações, verificações da umidade do solo, observando-se, também, pequenos desvios da umidade do solo simulada com o SISDA em relação à umidade do solo verificada pelo método gravimétrico (Quadro 5).

Os resultados indicaram que o SISDA simulou relativamente bem a umidade do solo, durante o experimento, evidenciando-se, assim, que os coeficientes de cultura adotados estão coerentes. Portanto, os coeficientes de cultura de 0,4 para a fase de crescimento inicial e de 0,8 para a fase de floração e maturação de frutos podem ser utilizados com segurança para o manejo de irrigação do maracujazeiro.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental da Sementeira, pertencente à Universidade Federal de Viçosa, situada no Município de Visconde do Rio Branco, MG, latitude 21° 47' S, longitude 42° 50' W e altitude de 352 m, em solo Podzólico-Vermelho-Amarelo argiloso, e teve como objetivo determinar as necessidades térmicas do maracujazeiro amarelo, bem como verificar a adequação dos coeficientes de cultura (K_c), sugeridos por BERNARDO (1995) e MILLO e CUNHA (1982).

A necessidade térmica para a cultura do maracujazeiro amarelo foi obtida em graus-dia. Utilizou-se o método residual, por meio do software SISDA 3.0, para converter os valores diários de temperatura em graus-dia acumulados. Utilizou-se, também, uma estação meteorológica automática para monitorar as condições meteorológicas no local do experimento. As fases fenológicas do maracujazeiro foram obtidas através de observações de campo, de acordo com a metodologia proposta por MACIEL et al. (1994).

Para verificar a adequação dos coeficientes da cultura (K_c), sugeridos pela literatura, utilizou-se o software SISDA versão 3.0 para simular o balanço de água no solo, o qual foi comparado com a umidade do solo, verificada através do método termogravimétrico. A evapotranspiração de referência (E_{To}) foi obtida através do modelo Penman-Monteith (1990), sendo a evapotranspiração potencial da cultura (E_{Tc}) corrigida para condições de

irrigação localizada através da metodologia de KELLER (1990). Das condições experimentais, obtiveram as seguintes conclusões:

- O ciclo do maracujazeiro amarelo necessitou, durante 420 dias, de um total de 6.545 graus-dia para completar o 1º ciclo de produção.
- A região de Visconde do Rio Branco apresentou, ao longo do ano, condições térmicas favoráveis ao cultivo do maracujazeiro amarelo.
- Os valores dos coeficientes da cultura (Kc) de 0,4 (fase inicial) e 0,80 (fase de floração e maturação de frutos) podem ser utilizados, em nível de manejo de irrigação, para calcular as necessidades hídricas do maracujazeiro.

CAPÍTULO 2

EFEITO DAS LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DAS DOSES DE NITROGÊNIO SOBRE A PRODUÇÃO E OS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DO MARACUJAZEIRO AMARELO

1. INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada, segundo SANTOS (1998) e CARDOSO et al. (1998), ocupa no Brasil cerca de dois milhões e setecentos mil hectares, representando um total de 5% da área plantada. Esses valores proporcionam 16% da produção agrícola, 25% da renda econômica gerada e, aproximadamente, 70% do total de água captada no país. Os números são expressivos e indicam a importância da irrigação na agricultura moderna, possibilitando maiores produtividades, melhor qualidade e valor de mercado aos produtos.

A partir dos anos 90 houve expansão em todo o país da fruticultura irrigada, principalmente nas Regiões Nordeste e Sudeste, impulsionada pela abertura de mercado e pela entrada de fabricantes mundiais de equipamentos de irrigação, com destaque para os norte-americanos, israelenses e espanhóis (MANTOVANI, 1998).

Hoje, o Brasil obtém colocação de destaque na produção de frutas tropicais no cenário mundial. Esse destaque deve-se ao incremento de áreas em produção, produtividade e oferta de produtos de melhor qualidade ao consumidor, e, como consequência, obteve-se aumento das exportações durante a última década.

A cultura do maracujazeiro tem obtido posição de destaque no cenário nacional. A área total colhida no Brasil, com cerca de 44,5 mil hectares, está distribuída por região da seguinte

forma: 52% no Nordeste, 22% no Sudeste, 19% no Norte, 4% no Centro-Oeste e 3% na Região Sul (MINISTÉRIO..., 2000).

A partir da década de 80, com o aumento da demanda internacional e interna de sucos e frutos *in natura* do maracujá, a preocupação em racionalizar a aplicação de fertilizantes químicos, melhorar o manejo de irrigação e gerar novas tecnologias para a cadeia produtiva da agroindústria brasileira cresceu acentuadamente (RUGGIERO e NOGUEIRA FILHO, 1994).

Para que o Brasil continue participando desse mercado, é essencial a continuidade na geração de novas tecnologias voltadas para obtenção de produtos de melhor qualidade e aumento da disponibilidade de informações para o manejo da irrigação da cultura do maracujá, pois uma série de atitudes e decisões adequadas tomadas na agricultura não-irrigada, muitas vezes, não otimiza a produtividade e o lucro do produtor em condições irrigadas.

Na agricultura irrigada, diversos aspectos básicos devem ser observados para conseguir melhor resposta de produtividade. Dentre esses fatores, os níveis de adubação e a quantidade de água fornecida à cultura durante o ciclo produtivo são alguns dos mais importantes.

Dessa forma, o presente trabalho teve como principais objetivos:

- Avaliar a influência da irrigação na produção e nos componentes de produção da cultura do maracujazeiro (*Passiflora edulis* **Sins** var. *flavicarpa Degener*).
- Avaliar a influência da adubação nitrogenada na produção e nos componentes de produção do maracujazeiro.
- Determinar a função de produção do maracujazeiro em relação a níveis de irrigação e doses de adubação nitrogenada para a Zona da Mata mineira.
- Determinar as viabilidades técnica e econômica da irrigação e da adubação nitrogenada para a cultura do maracujazeiro na Zona da Mata mineira.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cultura do maracujazeiro

O maracujazeiro pertence à Família *Passifloraceae*, sendo incluído na Ordem *Violales* juntamente com *Achariaceae* e *Malesherbiaceae*.

Segundo HOEHNE (1946), o Gênero *Passiflora* domina amplamente essa família, apresentando cerca de 400 espécies, das quais mais de 150 são nativas do Brasil.

A importância da espécie *Passiflora edulis* Sims. decorre da qualidade do arilo que envolve as sementes, com o qual se preparam doces, geléias e bebidas. No entanto, a população de *P. edulis* produtora de frutos amarelos existente na América, especialmente no Brasil, apresenta grande variação em suas características. Essas diferenças são encontradas no tamanho, forma, espessura, dureza de casca e coloração dos frutos maduros, podendo ser observadas em algumas coleções e, mesmo, em plantios comerciais (PIZA JÚNIOR, 1998).

O maracujazeiro é uma planta trepadeira, semiperene, de crescimento rápido e contínuo, podendo atingir de 5 a 10 m de comprimento. O caule, de seção circular, é lenhoso e bastante lignificado, diminuindo o teor de lignina à medida que se aproxima do ápice da planta. As folhas possuem filotaxia alternada, são ovadas nas plantas jovens e trilobadas nas adultas, com 5 a 11 cm de comprimento ao longo da nervura central, 4 a 10 cm de largura ao longo das nervuras laterais e 7 a 12 cm entre os ápices dos lobos laterais. Na axila de cada folha existem uma gema florífera, uma gema vegetativa e uma gavinha.

De acordo com Silva, citado por PIZA JÚNIOR et al. (1998), existe na Região Sudeste um material de *Passiflora edulis*, denominado Maguary. Esse material vem sendo cultivado largamente em pomares comerciais do Triângulo

Mineiro, MG. Apesar de esse material apresentar grande variação, possui plantas vigorosas, com uma razoável tolerância à bacteriose e à antracnose. A produtividade média chega a 73 quilos por planta (variando de 28 a 126 quilos) e frutos com peso médio de 145 gramas (variando de 45 a 450 gramas). Com relação às características internas do fruto, este apresenta polpa de coloração amarelo-forte e alaranjada, rendimento em suco da ordem de 42%, teor médio anual de 14,5° Brix e acidez média anual de 3,5%.

As flores do maracujazeiro nascem nos ramos terciários da planta e apresentam auto-incompatibilidade. As gemas floríferas exigem mais de 11 horas de luz para florescer, são hermafroditas e, ainda, apresentam grande número de grãos de pólen de coloração amarelada e pesados, que dificultam a polinização pelo vento (Figura 1).



Figura 1 – Flor de maracujazeiro amarelo totalmente aberta.

Segundo MANICA (1981) e RUGGIERO et al. (1996), em regiões com altas precipitações nos períodos de florescimento e frutificação, deve-se esperar uma redução na produção, pois os estigmas necessitam permanecer secos por, no mínimo, duas horas após a polinização. Devido a esse fator, a escolha do tipo e a hora da irrigação é de grande importância, com a ressalva de que a irrigação por aspersão ou pivô central deve ser realizada nas manhãs, nos finais de tarde ou à noite.

De acordo com MEDINA et al. (1980) e FIGUEIREDO et al. (1987), o fruto do maracujazeiro é uma baga que contém de 250 a 350 sementes. TREVAS FILHO (1971) afirmou que o peso médio dos frutos varia de 65 a 176 g, enquanto o comprimento do fruto varia de 6 a 12 cm e o diâmetro, de 4 a 9 cm.

Segundo ARAÚJO et al. (1974), o período entre a abertura da flor e a queda do fruto maduro do maracujá-amarelo é, na Região Sudeste, de aproximadamente 60 a 70 dias. Esses mesmos autores afirmaram, ainda, que o peso médio do fruto aumenta até 39 dias após a antese, vindo a decrescer até o final da maturação em que ocorre uma perda, em média, de 30% em relação ao seu peso máximo.

O sistema radicular do maracujazeiro amarelo é superficial e pouco profundo, do tipo pivotante ou axial, apresentando uma raiz central com diâmetro maior que as demais. A maior parte das raízes está concentrada nos primeiros 30 a 45 cm de profundidade do solo e de 60% a 80%, num raio de 60 cm a partir do tronco (SILVA e SÃO JOSÉ, 1994).

CARVALHO (1987), trabalhando com maracujazeiro amarelo irrigado por gotejamento em solo argiloso, observou que as raízes se concentraram num raio de 50 cm ao redor do tronco até uma profundidade de 40 cm. Esse mesmo autor ainda citou que a superficialidade do sistema radicular proporciona maior risco de competição, por água e nutrientes, com plantas daninhas, além da necessidade de capinas pouco profundas para não danificar o sistema radicular.

Com relação ao clima, PIZA JÚNIOR (1998) afirmou que os valores de temperatura na Região Sudeste estão intimamente associados à altitude, de tal forma que, para um desnível de 100 m, encontram-se diferenciais térmicos de aproximadamente 1 °C. Esse mesmo autor afirmou, ainda, que, em virtude dessa variação de temperatura, a Região Sudeste possibilita o cultivo de plantas com exigências climáticas muito diferentes a curta distância e permite ampliar, significativamente, o período de safra de determinada fruta.

A cultura do maracujazeiro desenvolve-se bem em regiões tropicais e subtropicais e em praticamente todos os tipos de solos, desde que profundos e bem drenados. Porém, as plantas de maracujazeiro adaptam-se melhor em solos de textura média, profundos, de boa drenagem e ligeiramente ácidos (RUGGIERO et al., 1996; MANICA, 1981).

Em estudos realizados com o maracujazeiro amarelo, observou-se que a temperatura ideal para o seu desenvolvimento se situava em torno de 26-27 °C, com uma precipitação anual variando de 900 a 1.500 mm, bem distribuída ao longo do ano e com comprimento de dia por volta de 12 horas (PIZA JÚNIOR, 1991).

SENTELHAS et al. (1996) mostraram, em condições controladas de cultivo, que o maracujazeiro amarelo tolera temperaturas inferiores a -1 °C no abrigo meteorológico por períodos de até uma hora. A temperatura letal para a planta foi estimada em -5 °C na superfície foliar.

Por ser uma fruta tropical, os maiores produtores de maracujá estão localizados na América do Sul, onde Brasil, Colômbia, Peru e Equador são os maiores exportadores. De acordo com RUGGIERO et al. (1996), entre os anos de 1987 e 1992, a Colômbia aparece como o principal país exportador de suco de maracujá, seguido pelo Equador. Embora sendo o primeiro produtor mundial, o Brasil deteve apenas uma parcela pequena do mercado mundial de suco (Quadro 1).

Segundo fontes da FIBGE (1997), o maracujazeiro é uma das oito espécies frutíferas mais extensivamente cultivadas na Região Sudeste, sendo suplantada apenas pelas culturas de laranja, banana, limão, manga, tangerina, abacaxi e uva.

RUGGIERO e NOGUEIRA FILHO (1994) verificaram que a produtividade média nacional ainda é baixa, em torno de 10 toneladas de frutos $ha^{-1} ano^{-1}$ em razão, principalmente, de adubações e irrigações pouco eficientes. Porém, existem variações de 5 a 45 toneladas de frutos $ha^{-1} ano^{-1}$, em função do clima, do solo e da tecnologia adotada.

Quadro 1 – Quantidade de suco de maracujá exportada pelos principais países exportadores, no período de 1987 a 1992 (em toneladas)

País	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Colômbia	2.487	3.286	2.068	1.889	5.069	7.000
Equador	800	1.100	1.200	1.485	1.267	2.100
Brasil	1.800	3.275	4.007	1.653	658	1.850
Peru	1.029	1.171	1.667	1.234	946	900
Total	6.116	8.832	8.942	6.261	7.940	11.850

Fonte: Informe Agropecuário, n° 206.

Segundo CANÇADO JÚNIOR et al. (2000), até o ano de 1995 o Estado do Pará foi o 1º produtor nacional de maracujá, respondendo por cerca de 50% da produção nacional. A partir de 1996, o Estado da Bahia passou a responder pela maior parte da produção brasileira (Quadro 2), seguido de perto por São Paulo.

Quadro 2 – Principais estados produtores de maracujá, no período de 1993 a 1998 (em toneladas)

Estado	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Bahia	46.356	38.265	69.915	90.3599	78.674	63.632

São Paulo	52.394	58.291	68.514	79.527	69.926	63.545
Sergipe	45.674	56.736	46.506	45.074	39.462	34.737
Pará	130.407	138.091	128.610	76.727	46.633	31.791
Minas Gerais	18.461	25.312	21.602	12.088	20.771	18.131

Fonte: Informe Agropecuário, n^o 206.

Com relação a Minas Gerais, tanto em termos de área como em produção, o Estado vem ocupando, com a cultura do maracujazeiro, a 5^a colocação durante cinco anos consecutivos. No tocante ao rendimento, a produtividade mineira situou-se, em 1998, abaixo da nacional, com cerca de 7.419 (kg ha⁻¹). No Quadro 3, pode-se constatar que as principais regiões, em termos de produção e área, são, pela ordem, Alto Paranaíba, Norte de Minas e Triângulo Mineiro.

Quadro 3 – Produção, área colhida e produtividade média de maracujá-amarelo, por região de planejamento em Minas Gerais, no ano de 2000

Região de Planejamento	Área (ha)	Produção (ton)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Central	431	6.923	16.063
Zona da Mata	141	2.095	14.816
Sul de Minas	22	182	8.349
Triângulo	350	7.032	20.120
Alto Paranaíba	1.164	15.295	13.140
Centro-Oeste de Minas	59	806	13.661
Noroeste de Minas	250	2.962	11.872
Norte de Minas	363	11.581	31.904
Jequitinhonha	128	2.336	18.250
Rio Doce	150	11.814	12.069

Fonte: Informe Agropecuário, n^o 206.

2.2. Irrigação do maracujazeiro

O uso da água na agricultura representa atualmente, em nível mundial, cerca de 70% de toda a água derivada de rios, lagos e mananciais subterrâneos, sendo 23% utilizada pela indústria e 7% destinada ao abastecimento humano. De acordo com CARDOSO et al. (1998), estima-se que, no Brasil, a agricultura irrigada consuma metade da água derivada das fontes,

mas, apesar do consumo, a irrigação representa a maneira mais eficiente e produtiva de obter alimentos.

A irrigação é uma técnica que, nos últimos anos, vem se desenvolvendo acentuadamente, apresentando equipamentos e sistemas disponíveis para as mais distintas condições (COSTA et al., 2000). No Brasil, a utilização da irrigação suplementar vem se tornando de suma importância, em virtude de boa parte de suas regiões apresentar distribuição pluviométrica irregular.

Com a utilização da irrigação, pode-se manter a umidade do solo em valores considerados ideais para o pleno desenvolvimento das culturas em todas as fases do seu ciclo. No caso da fruticultura, a irrigação proporciona a obtenção de mais de uma colheita por ano, permite programar a época ideal de colheita e obter melhores preços na comercialização. No entanto, os problemas com sazonalidade da produção agrícola, baixa qualidade das frutas produzidas e elevado custo na aplicação de fertilizantes ainda são frequentes (BERNARDO, 1995).

Nos últimos anos, o método de irrigação localizada vem ganhando espaço na fruticultura, à frente de sistemas tradicionais, como o de aspersão e o de superfície, e vem se firmando como um dos mais utilizados.

De acordo com BERNARDO (1995), o grande interesse despertado deve-se ao fato de que o método proporciona aplicação de água em apenas uma fração da superfície do solo, por meio de pequenas vazões e alta frequência de aplicação d'água. O método ainda proporciona a manutenção da umidade do solo sempre próximo à capacidade de campo, favorecendo, assim, a fertirrigação e o aumento da produção.

AZEVEDO (1986) e BERNARDO (1995) afirmaram que, na irrigação localizada, a área molhada não deve ser superior a 55% da área sombreada pela planta e nem inferior a 20% em regiões úmidas e 30% em regiões de clima semi-árido.

O maracujazeiro é uma fruteira que responde bem à irrigação. De acordo com RUGGIERO et al. (1996), na maior parte das regiões produtoras de maracujá do Brasil, o manejo da irrigação ainda é uma prática pouco estudada, porém, nas regiões onde é cultivado, o uso da irrigação é indispensável, pois essa prática aumenta a produtividade, permite a obtenção de produção de forma contínua e uniforme, com frutos de boa qualidade (COSTA et al., 2000).

Em cultivos comerciais, um dos fatores que mais afetam o florescimento do maracujazeiro é a umidade do solo, já que, durante veranicos, observam-se menor florescimento e maior queda de botões florais e frutos. Pode-se observar, também, queda de folhas e de frutos no início do desenvolvimento da cultura e enrugamento de frutos verdes na fase final (MANICA, 1981; RUGGIERO et al., 1996; VASCONCELLOS, 1994).

ANDRADE et al. (1998), comparando a produção do maracujazeiro amarelo em sistema de irrigação localizada e de sequeiro, concluíram que a

irrigação proporcionou aumento significativo do peso e número de frutos por hectare. Já OLIVEIRA et al. (1998), em cultivo de sequeiro, obteve produtividade de 14 t. ha⁻¹ e peso médio dos frutos em torno de 80 g, o que, de acordo com RUGGIERO et al. (1996), não é tão baixo para uma cultura de sequeiro.

MARTINS (1998), trabalhando com duas safras do maracujazeiro amarelo, relatou que a máxima produtividade da cultura irrigada por gotejamento (39.009 kg/ha) foi obtida com a aplicação de uma lâmina total de 1.328 mm.

MENZEL et al. (1986), trabalhando em ambiente protegido, submetem a cultura do maracujazeiro a quatro níveis de déficit, -0,0025; -0,01; -0,14; e -1,5 Mpa. Também, observaram que a produção de matéria seca do maracujazeiro foi afetada muito antes de os sintomas de déficit hídrico serem visíveis. Esses mesmos autores verificaram, ainda, que a tensão de -0,01 Mpa pode limitar drasticamente o crescimento vegetativo e a produção, concluindo que a irrigação, em pomares de maracujá, na época de florescimento, deve ser realizada com o intuito de manter o perfil de umidade do solo próximo à capacidade de campo,

STAVELEY e WOLSTENHOLME (1990), estudando a influência do estresse hídrico no crescimento e florescimento do *P. edulis* Sims enxertado sobre o *P. caerulea* L., concluíram que o potencial de água no solo não pode ser reduzido a menos de 20 kP durante os períodos críticos de diferenciação de flores e pegamento de frutos.

MENZEL et al. (1986), em trabalho desenvolvido com híbridos de maracujazeiro, concluíram que o estresse hídrico pode ser um dos principais fatores ambientais responsáveis pela flutuação sazonal da produção de maracujá. A matéria seca de folhas, ramos e raízes, a área foliar, o comprimento dos ramos e nós, a emissão de botões florais e o número de flores são reduzidos pelo estresse hídrico. Esses mesmos autores verificaram, ainda, que a redução no crescimento e florescimento do maracujazeiro foi associada com a redução na absorção de nutrientes e do potencial de água nas folhas.

2.3. Adubação no maracujazeiro

A adubação é um dos aspectos mais importantes na produção do maracujazeiro, porque dela depende a quantidade de frutos produzidos, sua qualidade, o custo de produção e, muitas vezes, o lucro ou prejuízo obtido com a cultura (MANICA, 1981).

QUAGGIO e PIZA JÚNIOR (1998) afirmaram que a boa prática da adubação do maracujazeiro exige conhecimentos sobre as características

morfofisiológicas da planta, além daqueles relacionados com comportamento dos adubos no solo e seus efeitos na planta

De acordo com MENZEL et al. (1994), a importância de um programa de adubação para o maracujazeiro deve-se ao fato de que a cultura apresenta crescimento contínuo mediante fluxos de vegetação, que são sucedidos por períodos de floração. Desde o início do processo de frutificação existe grande demanda por energia na planta e drenagem de nutrientes das folhas para os frutos em desenvolvimento.

Segundo MALAVOLTA (1994), quando os solos são pouco férteis, existe uma incapacidade deles em fornecer a quantidade necessária de nutrientes às plantas, principalmente nas épocas de florescimento e formação de frutos, quando o requerimento por nutrientes é máximo.

Existe variação muito grande de recomendações de adubação para o maracujazeiro em razão, principalmente, dos tipos de solos e dos regimes pluviométricos das regiões onde foram conduzidos os experimentos ou plantios. Porém, há concordância entre os autores de que o nitrogênio é o elemento que mais condiciona o crescimento e o rendimento da cultura do maracujazeiro. A carência de nitrogênio proporciona redução da produção de matéria seca da cultura, plantas com pequeno porte e menor número de ramos (MANICA, 1981; RUGGIERO, 1987; SILVA e SÃO JOSÉ, 1994; RUGGIERO et al., 1996).

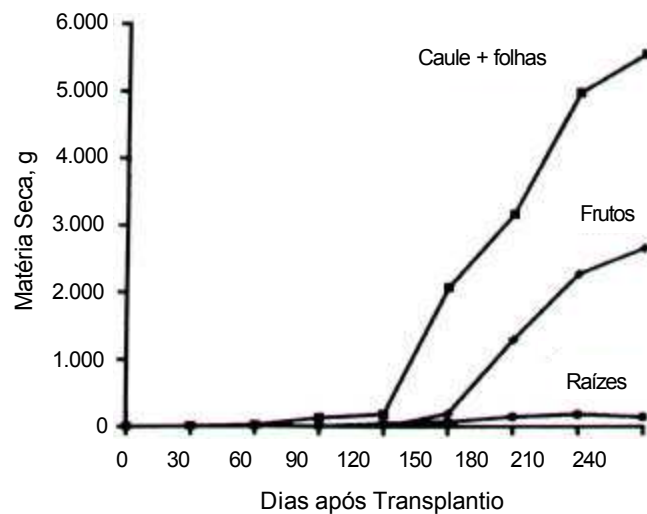
De acordo com QUAGGIO (1998), a adubação interfere nas características externas dos frutos, como aparência, tamanho, coloração e rugosidade da casca; e nas características internas, como porcentagem de suco, teor de sólidos solúveis, índice de acidez e distúrbios fisiológicos do fruto. Esses efeitos variam com a espécie estudada. O nitrogênio, em algumas espécies, aumenta o tamanho dos frutos, enquanto em outras ele diminui. É o nutriente mais relacionado com distúrbios fisiológicos da polpa dos frutos, com perdas acentuadas de qualidade.

Diversos autores também observaram a influência da nutrição das plantas na formação de flores. MENZEL et al. (1991) observaram correlação entre o número de nós e o número de flores e deste com o desenvolvimento do ramo, devido à crescente concentração de N na planta.

Segundo CARVALHO (1995), o conhecimento das exigências da cultura do maracujazeiro e do seu estado nutricional é relevante dentro do processo produtivo. Se, por um lado, a necessidade de fertilizante é grande, por outro os custos da adubação são elevados, tornando-se necessário otimizar, cada vez mais, o aproveitamento dos fertilizantes.

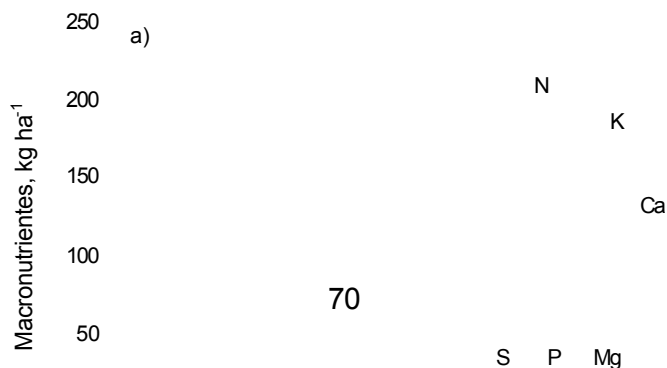
De acordo com HAAG et al. (1973), o maracujazeiro tem crescimento contínuo, indeterminado e mais vigoroso em regiões quentes. O crescimento é lento até a chegada da haste principal no suporte de sustentação, que ocorre de 60 a 90 dias após o plantio no campo. A partir daí ocorre intenso surto de crescimento vegetativo, seguido por intensa floração. Novos surtos de crescimento ocorrem até alcançar o acúmulo máximo de matéria seca na planta e de produção de frutos, ao redor de 240 dias após o plantio das mudas no campo. A demanda por nutrientes acompanha a curva de acúmulo de matéria seca na planta (Figuras 2 e 3).

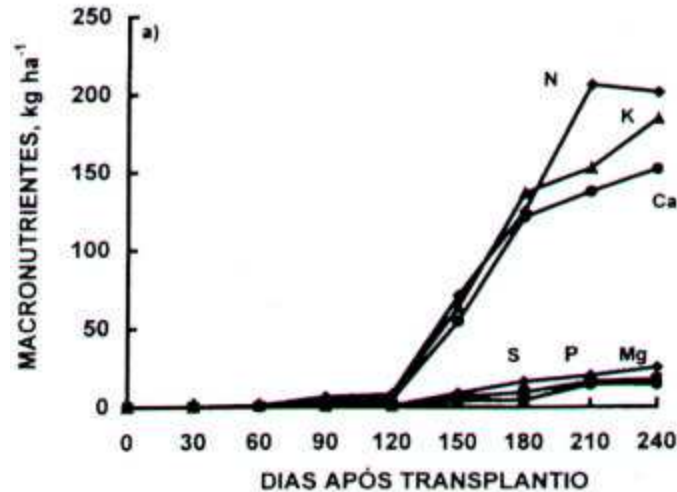
Inicialmente, a demanda do maracujazeiro por nutrientes é pequena, mas a partir de 120 dias a extração de nutrientes, principalmente N, K e Ca, é intensa. O nitrogênio tem um pico de demanda, definido ao redor de 210 dias, da ordem de 200 kg ha⁻¹ de N, decrescendo ligeiramente até 240 dias, enquanto os demais nutrientes são extraídos continuamente até o término do período de frutificação, que ocorre no início do inverno. Os nutrientes extraídos em maior quantidade pelo maracujazeiro são: N > K > Ca >> S > P > Mg (Figura 2).



Fonte: adaptado de HAAG et al. (1973)

Figura 2 – Curvas de acúmulo de matéria seca de diferentes partes do maracujazeiro amarelo cultivado no campo.





Fonte: adaptado de HAAG et al. (1973)

Figura 3 – Marcha de absorção de nutrientes pelo maracujazeiro amarelo cultivado no campo.

Quanto à época de aplicação dos fertilizantes na fase de produção, esta depende dos períodos de demanda de nutrientes pela cultura e do comportamento dos nutrientes no solo. No caso do maracujá, a informação gerada sobre acumulação de nutrientes ao longo do ano, a variação do conteúdo foliar e os períodos em que se intensificam os sintomas de deficiência indicam que o N é necessário durante todo o ciclo anual para satisfazer as demandas de crescimento contínuo, floração e desenvolvimento do fruto (MARTINS, 1998).

As épocas de aplicação devem variar de acordo com o estado de crescimento da cultura e as condições de umidade do solo. De acordo com QUAGGIO e PIZA JÚNIOR (1998), a época mais adequada de aplicação de fertilizantes para a cultura do maracujazeiro compreende desde o início da primavera até o final do verão, sendo necessário parcelar as doses em quatro a cinco aplicações, que deverão coincidir com os fluxos principais de floração.

2.4. Função de produção

O emprego das funções de produção na análise e discussão dos resultados dos experimentos agrícolas está bastante difundida atualmente. Sua utilização para determinar os níveis economicamente ótimos dos fatores envolvidos no processo produtivo são os principais pontos de aplicação em experimentos agrícolas.

Definem-se função de produção as relações técnicas entre um conjunto específico de fatores envolvidos num processo produtivo qualquer e a produção física possível de se obter com a tecnologia existente (FERGUSON, 1988).

Dentre os fatores de produção das culturas, a água e os fertilizantes são aqueles que limitam os rendimentos com maior frequência. Desse modo, o controle da irrigação e de fertilidade do solo constitui critério preponderante para o êxito da agricultura. A utilização das funções de produção permitem encontrar soluções úteis na otimização do uso da água e dos fertilizantes na agricultura ou na previsão de rendimento das culturas (FRIZZONE, 1986).

No Brasil, as pesquisas visando obter as funções de produção das culturas concentram-se, quase que exclusivamente, na determinação das dosagens mais econômicas de fertilizantes (OLIVEIRA, 1993).

Segundo MARTINS (1998), na agricultura irrigada o fator água pode ser maximizado, permitindo, também, a otimização dos demais fatores de produção e a obtenção de maiores produtividades com melhor combinação dos insumos utilizados. Para tal, o conhecimento das funções de produção e as superfícies de resposta são os instrumentos ideais de análise, pois permitem determinar as interações entre os fatores e escolher as soluções mais condizentes com a realidade local para o manejo racional da irrigação em bases técnica e economicamente viáveis.

De acordo com JENSEN e PESEK (1959), a utilidade das funções de produção em agricultura se expressa em dois aspectos: a) a descrição matemática da relação fator–produto permite a informação necessária ao ajustamento do rendimento em níveis economicamente adequados; e b) o uso dos modelos permite avançar nos conhecimentos dos mecanismos biológicos, particularmente naqueles que transformam fatores em produtos.

Segundo HEXEM e HEADY (1978), os modelos matemáticos que descrevem uma função de produção mais comumente utilizados nas análises econômicas das pesquisas agrícolas são: quadrático, raiz quadrada, mitscherlich e o potencial. Entretanto, o modelo polinomial quadrático, utilizado por diversos pesquisadores, foi, na maioria das vezes, o que melhor representou estimativas de produção, permitindo uma análise que define as doses de máxima eficiência econômica com o uso da produtividade máxima ou do lucro máximo.

OLIVEIRA (1993) citou diversos trabalhos de pesquisa envolvendo irrigação e fertilizantes que apontam recomendações genéricas que objetivam a obtenção de produtividades físicas máximas, sem qualquer preocupação com a economicidade. A utilização da irrigação conjuntamente com a adubação com base nessas informações poderá inviabilizá-la, do ponto de vista econômico, em virtude de o ótimo econômico, geralmente, não corresponder à máxima produtividade física.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Características da área experimental e instalação do experimento

O ensaio foi conduzido na Fazenda Experimental da Sementeira, pertencente à Universidade Federal de Viçosa, em Solo Podzólico Vermelho-Amarelo argiloso, situado no Município de Visconde do Rio Branco, região da Zona da Mata mineira, com coordenadas geográficas de 21° 47' de latitude S, longitude de 42° 50' W e altitude de 352 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo A_w (tropical chuvoso de savana) e caracteriza-se pela temperatura média anual de 21 °C e precipitação média de 1.273 mm, sendo a média de umidade relativa de 79,5% (FORTES, 1981).

Antecedendo ao preparo do terreno, foram retiradas amostras de solo para obtenção das características químicas e físicas (Quadros 1B e 2B).

Em razão de o terreno apresentar características distintas, necessitou-se dividir a área em diferentes subáreas para obtenção das curvas de retenção de água no solo nas profundidades de 0 a 20 e de 20 a 40 cm. Na Figura 1B, são apresentadas as curvas de retenção de água do solo obtidas na área experimental.

Os dados climáticos do Município de Visconde do Rio Branco, MG, referentes ao período de 1970 a 1995 e ao ano de 2000, são apresentados nos Quadros 3B e 4B.

3.2. Delineamento estatístico e tratamentos

A condução do experimento foi realizada entre os períodos de 06.03.2000 e 30.04.2001. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 4, com três repetições, e mais um tratamento adicional como testemunha. Os tratamentos foram

constituídos de cinco lâminas de irrigação (15, 30, 60, 100 e 140% da lâmina necessária à reposição da umidade à capacidade de campo), combinadas com quatro doses de nitrogênio na ordem de 275, 375, 475 e 575 kg ha⁻¹, correspondendo a 165, 225, 285 e 345 g de N por planta, respectivamente. Partiu-se de um valor de 200 kg ha⁻¹ ano de nitrogênio para que a cultura produzisse satisfatoriamente (HAAG et al., 1973). Com relação à quantidade total de nitrogênio, 175 kg ha⁻¹ foram aplicados durante o período de crescimento vegetativo da cultura em todos os tratamentos, sendo o restante, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹, aplicado, de acordo com o tratamento, durante o período de produção. Utilizou-se, também, uma testemunha, que não foi irrigada durante o período de produção, mas que recebeu 175 kg ha⁻¹ de nitrogênio no período de crescimento vegetativo e 50 kg ha⁻¹ durante o período de produção da cultura (Quadro 4).

Quadro 4 – Composição dos tratamentos do experimento

Lâminas Irrigação (% LRCC ¹)	DOSES DE FERTILIZANTES (Gramas de N por Planta ³ /Período de Crescimento + Produção)			
	N- 165 (D ₁)	N-225 (D ₂)	N-285 (D ₃)	N-345 (D ₄)
Testemunha ²	-	-	-	-
L ₁ – 15%	15% + dose 1	15% + dose 2	15% + dose 3	15% + dose 4
L ₂ – 30%	30% + dose 1	30% + dose 2	30% + dose 3	30% + dose 4
L ₃ – 60%	60% + dose 1	60% + dose 2	60% + dose 3	60% + dose 4
L ₄ – 100%	100% + dose 1	100% + dose 2	100% + dose 3	100% + dose 4
L ₅ – 140%	140% + dose 1	140% + dose 2	140% + dose 3	140% + dose 4

1 - LRCC = lâmina de reposição à capacidade de campo.

2 - A testemunha recebeu 225 kg ha⁻¹ de nitrogênio por planta ao longo do ciclo da cultura.

3 - Quantidade fornecida durante todo o ciclo da cultura (do plantio até a última colheita).

As parcelas possuíam três plantas úteis em um espaçamento de 2 m entre plantas e 3 m entre fileiras (Figura 4). Os tratamentos foram casualizados, conforme mostrado na Figura 5.



Figura 4 – Área experimental mostrando três plantas úteis por parcela.

Bloco 3			Bloco 2		Bloco 1		
Bordadura	Bordadura	Bordadura	Bordadura	Bordadura	Bordadura	Bordadura	Bordadura
Bordadura	Bordadura	L ₄ D ₂	L ₃ D ₄	Bordadura	L ₄ D ₁	L ₂ D ₄	Bordadura
Bordadura	Bordadura	L ₂ D ₁	Testemunha	Bordadura	L ₃ D ₂	L ₁ D ₃	Bordadura
Bordadura	Bordadura	L ₁ D ₄	L ₂ D ₃	Bordadura	L ₅ D ₄	L ₅ D ₁	Bordadura
Bordadura	Bordadura	L ₃ D ₂	L ₁ D ₁	Bordadura	Testemunha	L ₃ D ₃	Bordadura
Bordadura	Bordadura	L ₁ D ₂	L ₄ D ₁	Bordadura	L ₃ D ₁	L ₁ D ₂	Bordadura
Testemunha	L ₃ D ₁	L ₅ D ₁	L ₃ D ₃	L ₁ D ₂	L ₂ D ₁	L ₄ D ₂	
L ₁ D ₁	L ₂ D ₃	L ₃ D ₄	L ₂ D ₂	L ₄ D ₃	L ₄ D ₃	L ₅ D ₂	
L ₅ D ₄	L ₅ D ₂	L ₂ D ₂	L ₃ D ₁	L ₃ D ₂	L ₅ D ₃	L ₃ D ₄	
	L ₄ D ₄	L ₅ D ₃	L ₅ D ₄	L ₁ D ₃	L ₄ D ₄	L ₁ D ₁	
	L ₂ D ₄	L ₃ D ₃	L ₄ D ₂	L ₅ D ₂	L ₂ D ₂	L ₂ D ₃	
		L ₁ D ₃	L ₅ D ₁	L ₂ D ₄	L ₁ D ₄	Bordadura	
		L ₄ D ₃	L ₂ D ₁	L ₅ D ₃	Bordadura		
		L ₄ D ₁	L ₁ D ₄	L ₄ D ₄			

Figura 5 – Croqui com a casualização dos tratamentos na área experimental.

3.3. Adubações e práticas culturais

A área experimental foi arada, gradeada e recebeu 1.000 kg de calcário calcítico dois meses antes do plantio. Após o preparo inicial do solo, foram abertas covas circulares com dimensões de 50 cm de diâmetro e 50 cm de

profundidade. Após o cálculo da adubação baseado nos resultados da análise de solo inicial, prepararam-se as covas com a aplicação de 80 g de P_2O_5 (superfosfato simples), 90 g de K_2O (cloreto de potássio) e 3 L de esterco de ave curtido.

No período compreendido do plantio das mudas no campo até os cinco meses, aplicaram-se, em todas as parcelas, 105 g de N (sulfato de amônio) parcelados em intervalos mensais. A aplicação dos fertilizantes potássicos e fosfatados ocorreu no mês de agosto, num total de 115 g de K_2O e 160 g de P_2O_5 .

Aos 30 dias antes da aplicação dos tratamentos de adubação, foram retiradas amostras de solo na região de aplicação dos adubos (40 cm do caule da planta) para determinar a fertilidade residual do solo, a fim de satisfazer a Lei do Mínimo ou Lei de Liebig (TOMÉ JÚNIOR, 1997), corrigindo-se os valores dos macronutrientes e micronutrientes que poderiam influenciar o efeito das doses aplicadas com nitrogênio. No Quadro 5B são apresentados os resultados obtidos da fertilidade do solo 30 dias antes da aplicação dos tratamentos diferenciados de adubação.

A partir dos 180 dias após o plantio das mudas no campo, iniciaram-se as adubações diferenciadas no experimento. Foram aplicadas quatro doses de nitrogênio, nos valores de 60, 120, 180 e 240 g de N por planta, correspondente a 100, 200, 300 e 400 kg ha^{-1} , distribuídas manualmente em cobertura, parceladas em oito vezes, de setembro de 2000 a março de 2001 (Quadro 5).

Na fase de formação da cultura, considerada do plantio até os 150 dias, a cultura recebeu 175 kg ha^{-1} de nitrogênio (Quadro 5), quantidade próxima dos 200 kg ha^{-1} ano, considerada como ideal para a cultura produzir satisfatoriamente (HAAG et al., 1973). Em virtude do aumento da necessidade de nitrogênio a partir dos 180 dias após o plantio no campo, passaram-se a aplicar as quantidades diferenciadas até o final do ciclo da cultura, caracterizando, dessa forma, os tratamentos.

Quadro 5 – Quantidade de nitrogênio (em gramas) fornecida no plantio e durante as fases de formação e produção do maracujazeiro amarelo

Período	TRATAMENTO			
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄

Plantio	50	50	50	50
30 – 150 dias	55	55	55	55
Total de N (na formação)	105	105	105	105
150 – 300 dias	37,5	75	112,5	150
300 – 450 dias	22,5	45	67,5	90
Total de N (na produção)	60	120	180	240
Total de N (gramas/planta/ano)	165	225	285	345

Com o intuito de evitar a elevada variabilidade natural entre as plantas do maracujazeiro, sementes selecionadas do material Maguary, variedade Marília, foram obtidas do plano de melhoramento da empresa Viveiros Flora Brasil, localizado em Araguari, MG. As sementes foram semeadas em sacos de polietileno preto perfurado, com dimensões de 14 cm x 20 cm x 0,012 cm, e plantadas quando atingiram 15 cm de altura.

O sistema de condução da cultura foi o de espaldeamento vertical com um fio de arame a 2 m de altura. Inicialmente, as plantas foram conduzidas em haste única, eliminando as brotações laterais até atingir 2,20 m de altura, quando, então, eliminou-se a gema apical para induzir o surgimento de brotações laterais próximas ao fio de condução. Selecionaram-se as duas brotações opostas mais próximas ao fio de arame, sendo conduzidas uma para cada lado da planta. Quando essas ramificações secundárias atingiram 1 m de comprimento, eliminou-se novamente a gema apical de cada ramificação, induzindo a formação de brotações laterais terciárias ou ramos produtivos.

Após o completo crescimento das ramificações, realizaram-se, a cada 30 dias, podas das extremidades dos ramos terciários, a fim de deixá-los a uma altura mínima de 40 cm do solo.

Foram polinizadas todas as flores emitidas pelas brotações. A polinização foi realizada diariamente, de forma manual, utilizando-se pólen de outras plantas.

Foram realizadas pulverizações com defensivos químicos indicados para a cultura (Folicur e Malathion) para controle de antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz; verrugose, causada pelo fungo

Cladosporium herbarum Link; e lagartas *Dione juno juno* e *Agraulis vanillae vanillae*.

Foram realizadas, ainda, diversas capinas e aplicações de herbicida (Round up), para o controle de plantas daninhas que se desenvolveram durante a condução do experimento (Quadro 6B).

3.4. Sistema de irrigação e manejo

Do plantio até o final do mês de junho de 2000, as irrigações foram realizadas por meio de uma carreta-pipa, com capacidade para 2000 L, transportada por um trator (Figura 6). Ao redor de cada planta foi construída uma “bacia” com dimensões de aproximadamente 1 m², onde foram aplicados, semanalmente, 12 L de água.

A partir do início do mês de julho, a irrigação foi realizada por meio de um sistema de irrigação por gotejamento. Cada parcela recebeu uma linha lateral de polietileno com 8 m de comprimento. Em cada linha da parcela foram inseridos seis gotejadores, espaçados 1 m, do tipo Orifício Lady Bug EM-L10, de fabricação da Rain Bird. As plantas de cada parcela receberam irrigação de dois gotejadores com vazão individual de 5,7 litros/hora, numa pressão de serviço (PS) de 22 mca. O sistema de irrigação por gotejamento apresentou, em média, coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) de 92%, com percentagem de área molhada de 30%, num turno de rega (TR) de três dias.

Foi utilizado o software SISDA versão 3.0 (Sistema de Suporte à Decisão Agrícola), para cálculo e manejo das lâminas de irrigação dos tratamentos. O cálculo das lâminas de irrigação foi realizado por meio de dados de solo, água, sistema de irrigação, clima local e cultura da área experimental. Instalou-se no início de cada parcela, com o intuito de controlar o volume de água, uma válvula de globo, que era fechada de acordo com o tempo de



Figura 6 – Visão aérea do experimento e carreta utilizada para irrigação, antes da instalação do sistema de irrigação.

irrigação de cada tratamento. A pressão de serviço dos emissores foi verificada por meio de um manômetro e um pivô instalados no início de cada bloco (Figura 2B).

O sistema de irrigação foi composto por motobomba elétrica, tubulação de recalque e cabeçal de controle, composto por filtro de areia, filtro de disco, registros, tubulações de distribuição laterais e emissores (Figura 3B).

Por meio de uma estação meteorológica automática e um anemômetro totalizador foram coletados, durante a realização do experimento, os dados de temperatura, umidade relativa, velocidade do vento e precipitação, com a finalidade de calcular a evapotranspiração de referência (ET_o) pela metodologia de Penman Monteith (1990).

3.5. Características avaliadas

Entre o período de 20.11.2000 e 30.04.2001 foram realizadas, durante duas vezes por semana, colheitas de frutos por parcela de cada tratamento, contagem, classificação e pesagem. Consideraram-se frutos tipo A aqueles

com peso acima de 175 g; frutos tipo B, com peso entre 125 e 175 g; e frutos tipo C, com peso abaixo de 125 g.

3.5.1. Número total de frutos

Foi contado o número de frutos produzidos por parcela no primeiro ano de produção. O número de frutos produzidos por planta foi multiplicado pelo número de plantas correspondentes a um hectare de maracujazeiro, no espaçamento de 3 x 2 m.

3.5.2. Produtividade estimada (1ª safra)

A produtividade média estimada de maracujá correspondente a cada tratamento, expresso em $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, foi obtida, multiplicando-se a produção por planta pelo número de plantas correspondentes a um hectare de maracujazeiro, no espaçamento de 3 x 2 m.

Durante todo o período de condução do experimento, foram realizadas colheitas dos frutos caídos no chão duas vezes por semana, sendo pesados separadamente os frutos de cada parcela experimental. Após a última colheita, somaram-se apenas os frutos relativos a cada tratamento, dividindo-se pelo número total de plantas para obtenção da produção média por planta/ano.

3.5.3. Número de frutos tipo A

Foi contado o número de frutos tipo A para cada tratamento. O número de frutos tipo A produzidos por planta também foi multiplicado pelo número de plantas correspondentes a um hectare de maracujazeiro, no espaçamento de 3 x 2 m.

3.5.4. Peso médio de frutos

O peso médio dos frutos de cada tratamento foi obtido por meio da relação entre a produtividade e o número total de frutos produzidos.

3.6. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (Quadro 6), utilizando-se um valor máximo a 1% de significância para o teste F. Os efeitos dos níveis de nitrogênio e lâminas de irrigação foram estudados por meio de regressão (BANZATTO et al., 1989). Utilizou-se o software SAEG 5.0 (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas) da Universidade Federal de Viçosa.

Quadro 6 – Análise de variância dos tratamentos

Fonte de Variação	GL
Lâminas (L)	4
Nitrogênio (N)	3
Lâminas x nitrogênio	12
Tratamentos fatoriais	(19)
Tratamentos fatoriais vs. tratamentos adicional	1
Tratamentos totais	(20)
Blocos	2
Resíduo	40

3.7. Função de produção

Por meio da análise de regressão relacionando as variáveis independentes (nitrogênio e lâminas de irrigação) com as variáveis dependentes (produção), obtiveram-se os modelos matemáticos para o cálculo das produções máximas e ótimas .

Foram considerados, para efeito de análise econômica, o preço do produto (PY) como o valor de mercado do fruto, pago aos produtores, no período de entressafra da cultura, pela CEASA de Belo Horizonte (AGRIANUAL, 2000), resultando em um valor de US\$0,54 por quilo, enquanto o preço do fator água (PL) de R\$0,195 por milímetro de água aplicado foi obtido através da soma dos custos da energia elétrica para o bombeamento, da

mão-de-obra necessária para o manejo e aplicação da irrigação e da manutenção e reparo do sistema de irrigação (Quadro 7B).

Para calcular o custo da irrigação, necessitou-se ajustar o potencial de bombeamento do sistema ao turno de rega utilizado no experimento, simulando uma área com a dimensão de 1,5 hectare, irrigada em um intervalo de três dias, o que resultou em 12 subunidades de 0,125 hectare.

O sistema utilizado apresentou as seguintes características:

- a) Dois gotejadores por planta, marca Rain Bird, modelo EM-L10, tipo orifício, apresentando vazão unitária de 5,7 litros/hora, numa pressão de serviço (PS) de 22 mca.
- b) Eficiência de irrigação de 90%.
- c) Altura manométrica do sistema de 30 mca.
- d) Lâmina máxima aplicada de 14 mm/dia.
- e) Eficiência da motobomba de 45%.
- f) Tempo de funcionamento do sistema de 24 horas/dia, durante seis dias na semana.
- g) Bomba centrífuga, marca Schneider, série BC-92SHA de 1,5 cv, altura manométrica máxima de 35 mca, diâmetro de sucção, recalque de $1 \frac{1}{4}$ e vazão de $6 \text{ m}^3/\text{hora}$.

O custo fixo anual da cultura de R\$5.788,00 foi elaborado, considerando-se o custo fixo anual da irrigação, o custo de instalação da cultura e o custo de manutenção da cultura para o primeiro ano de produção (Quadro 7B).

3.7.1. Função de produção de maracujá tendo a água como fator variável

O modelo utilizado foi um polinômio do segundo grau, conforme a equação 1:

$$Y = f(W) = a + bW + cW^2 \quad (1)$$

em que

Y = produtividade de frutos, kg ha⁻¹;
W = lâmina total de água aplicada, mm; e
a, b, c = coeficiente de ajuste.

Foi determinada a lâmina ótima econômica que representa a lâmina na qual se obtém a máxima receita líquida com certa irrigação. A receita líquida foi expressa de acordo com a equação 2:

$$L(W) = P_y Y - P_w W - C \quad (2)$$

em que

L(W) = receita líquida, em R\$;
P_y = preço do produto, em R\$/kg;
P_w = preço do fator água, em R\$/mm; e
C = custo dos fatores fixos, em R\$.

3.7.2. Função de produção de maracujá tendo o nitrogênio como fator variável

A estimativa do rendimento da cultura de maracujazeiro, em função das doses de nitrogênio (equação 3), foi expressa pela expressão do tipo:

$$Y = f(N) = a + bN + cN^2 \quad (3)$$

em que

Y = produtividade de frutos, kg ha⁻¹;
N = doses de nitrogênio, kg ha⁻¹; e
a, b, c = coeficientes da equação.

A receita líquida foi expressa de acordo com a equação 4:

$$L(N) = P_y Y - P_n N - C \quad (4)$$

em que

$L(N)$ = receita líquida, em R\$;
 N = dose de nitrogênio, kg ha^{-1} ;
 P_n = custo do fertilizante nitrogenado, em R\$/kg; e
 C = custo dos fatores fixos, em R\$.

O preço do fator nitrogênio (P_n) foi composto pelo custo de aquisição do fertilizante na época de aplicação na cultura.

3.7.3. Superfície de resposta

Foi realizado um estudo de produtividade de frutos do maracujazeiro amarelo (Y) em razão de dois fatores: água (W) e nitrogênio (N). A superfície de resposta foi representada pela função polinomial, a qual é apresentada da seguinte forma (equação 5):

$$Y(L, N) = b_0 + b_1L + b_2N + b_{11}L^2 + b_{22}N^2 + b_{12}LN \quad (5)$$

em que

Y = produtividade, kg ha^{-1} ;
 L = lâminas de irrigação aplicadas, mm;
 N = quantidade de nitrogênio aplicado, kg ha^{-1} ; e
 $b_{0,1,2,11,22,12}$ = coeficientes de ajustes.

Determinaram-se a lâmina de água (W) e a dose de adubo nitrogenado (N) ótima econômica, ou seja, aquelas que forneceram uma receita líquida máxima ou lucro máximo (L) (equação 6):

$$L(W, N) = P_y Y - (P_w W + P(n)N + C) \quad (6)$$

sendo $L(W, N)$ a receita líquida ou lucro, em R\$ ha^{-1} .

3.7.4. Eficiência de uso da água

A eficiência do uso da água foi considerada como a relação entre o rendimento obtido da cultura em kg ha^{-1} e a água consumida pela cultura em $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Condução e manejo da irrigação

Entre os períodos de plantio até o início do mês de agosto de 2000, realizou-se o manejo da irrigação com a aplicação da lâmina necessária à reposição da umidade à capacidade de campo em todas as parcelas experimentais, incluindo a testemunha, o que resultou num total de aplicação de 76 mm de irrigação, 213 mm de precipitação e 123 mm de lâmina efetiva durante os 150 dias. A partir de 08/08/2000 foram iniciadas as aplicações das lâminas de irrigação diferenciadas para cada parcela experimental (Quadro 7).

Observou-se que, entre os períodos de 08/08/00 a 27/10/00 e 02/02/01 a 30/04/01, houve menor frequência de precipitação em relação ao período compreendido de 1^o/11/00 a 1^o/02/01, no qual as irrigações foram paralisadas, em virtude de freqüentes incidências de chuvas.

Nas Figuras 7 e 8 são apresentados o balanço de água no solo para o tratamento-testemunha e as irrigações realizadas durante a fase de crescimento vegetativo da cultura, enquanto nas Figuras 9 e 10 são apresentados o balanço de água no solo para a lâmina 15% (L₁) e as irrigações realizadas durante a fase de crescimento vegetativo da cultura.

Quadro 7 – Lâminas totais de água aplicadas, em mm, por período e tratamento

<i>Período</i>		Tratamentos					
		T	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
Do plantio até o dia 07/08/00	Irrigação (mm)	76	76	76	76	76	76
	Precipitação (mm)	213	213	213	213	213	213
	Percolação (mm)	146	146	146	146	146	146
	Escoamento (mm)	20	20	20	20	20	20
	Lâmina Efetiva (mm)	123	123	123	123	123	123
De 08/08/00 até o dia 27/10/00	Irrigação (mm)	0	16	32	49	65	82
	Precipitação (mm)	148	148	148	148	148	148
	Percolação (mm)	80	80	87	95	106	106
	Escoamento (mm)	7	7	7	7	7	7
	Lâmina Efetiva (mm)	61	77	86	95	100	117
De 28/10/00 até o dia 01/02/01	Irrigação (mm)	0	3	5	7	9	11
	Precipitação (mm)	752	752	752	752	752	752
	Percolação (mm)	425	425	425	425	425	425
	Escoamento (mm)	157	157	157	157	157	157
	Lâmina Efetiva (mm)	160	173	175	177	179	182
De 02/02/01 até o dia 25/04/01	Irrigação (mm)	0	15	31	46	61	79
	Precipitação (mm)	278	278	278	278	278	278
	Percolação (mm)	128	128	131	138	147	147
	Escoamento (mm)	60	60	60	60	60	60
	Lâmina Efetiva (mm)	90	105	118	126	132	150
Total diferenciado no período	Irrigação (mm)	76	110	144	178	211	248
	Precipitação (mm)	1.391	1.391	1.391	1.391	1.391	1.391
	Percolação (mm)	779	779	789	804	824	824
	Escoamento (mm)	244	244	244	244	244	244
	Lâmina Efetiva (mm)	444	477	501	520	533	571

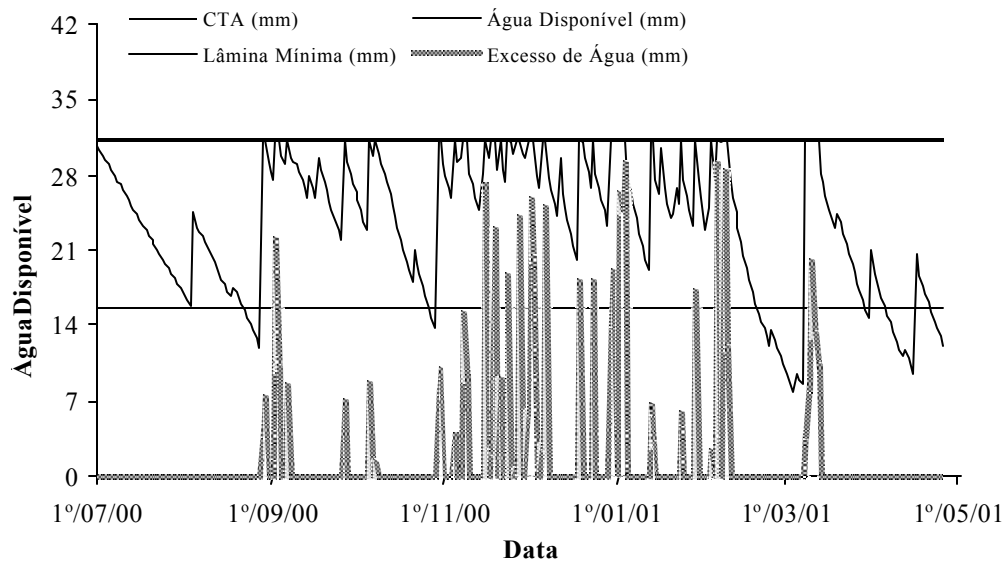


Figura 7 – Balanço de água no solo para o tratamento sem irrigação (testemunha).

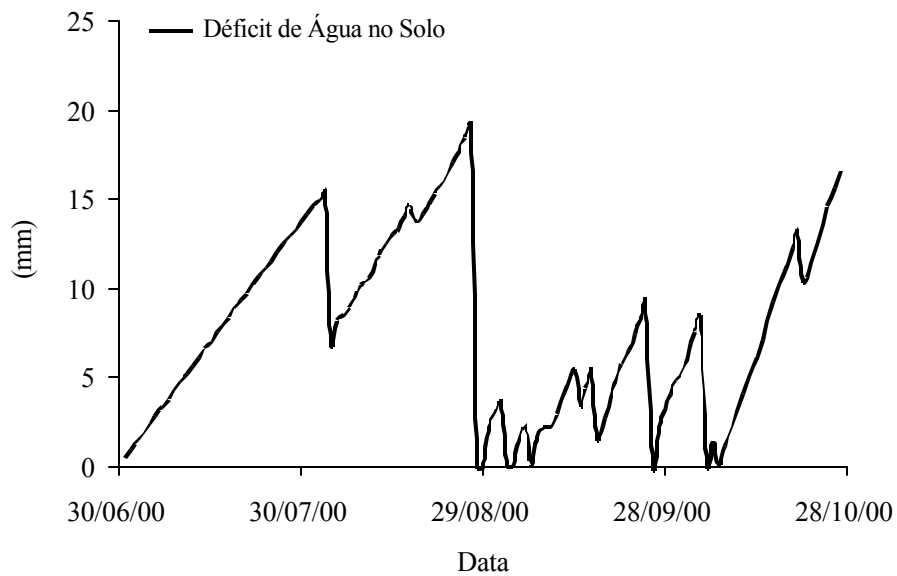


Figura 8 – Déficit de água no solo durante a fase de crescimento vegetativo da cultura para o tratamento-testemunha (sem irrigação).

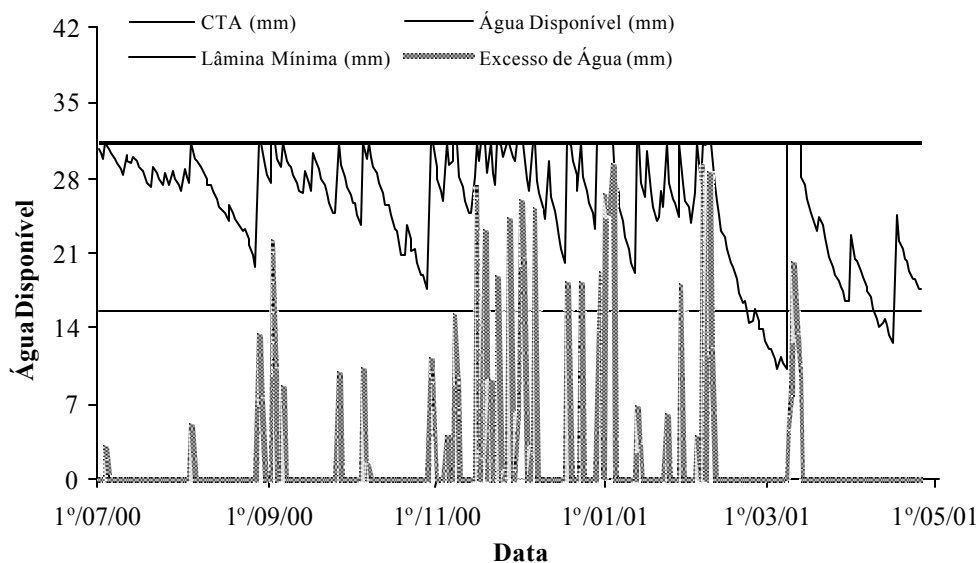


Figura 9 – Balanço de água no solo para o tratamento lâmina 15% da necessidade de reposição da umidade à capacidade de campo (L_1).

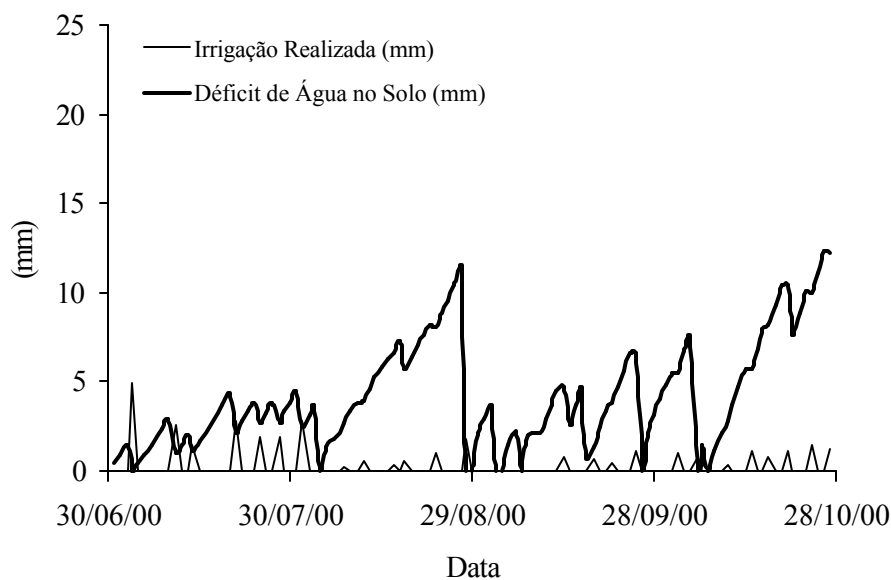


Figura 10 – Irrigações realizadas durante a fase de crescimento vegetativo da cultura para o tratamento lâmina 15% (L_1).

Entre os meses de agosto e novembro/00 e entre os meses de fevereiro e abril/01, o déficit de água no solo atingiu 20 mm, o que corresponde a um potencial matricial de aproximadamente 10 atm, ultrapassando o limite recomendado para a cultura na região (Figuras 7 e 9). Segundo MENZEL et al. (1986), a cultura do maracujazeiro, quando submetida a tensões próximas ou inferiores a -10 atm, reduz consideravelmente a produção de matéria seca, o crescimento vegetativo e a produção de frutos.

Na Figura 8, pode-se observar que não houve irrigações durante o período de crescimento vegetativo da cultura, proporcionando variação de déficit de água no solo entre 5 e 20 mm. Em virtude das precipitações, durante o mês de setembro ocorreu, com frequência, redução no déficit de água no solo. Na Figura 10, pode-se observar que, a partir do mês de agosto, nenhuma das irrigações realizadas ultrapassou 2 mm, resultando em variação de déficit de água no solo entre 4 e 12 mm. Em virtude das precipitações, durante o mês de setembro ocorreu também, com frequência, redução no déficit de água no solo.

Nas Figuras 11 e 12 são apresentados o balanço de água no solo para o tratamento lâmina 30% (L_2) e as irrigações realizadas durante a fase de crescimento vegetativo da cultura, enquanto nas Figuras 13 e 14 são apresentados o balanço de água no solo para a lâmina 60% (L_3) e as irrigações realizadas durante a fase de crescimento vegetativo da cultura.

De acordo com as Figuras 11 e 13, pode-se observar que, durante o período de fevereiro a abril/01, a umidade do solo dos tratamentos L_2 e L_3 atingiu, com frequência, valores próximos à umidade mínima recomendada, semelhantemente ao ocorrido nos tratamentos-testemunha e lâmina 15% (L_1).

Nas Figuras 12 e 14, em razão do aumento das lâminas de irrigação, pode-se observar que ocorreu redução significativa do déficit de água no solo em relação ao déficit de água nos tratamentos-testemunha e lâmina 15% (L_1).

Nas Figuras 15 e 16 são apresentados o balanço de água no solo para o tratamento lâmina 100% (L_4) e as irrigações realizadas durante a fase de crescimento vegetativo da cultura, enquanto nas Figuras 17 e 18 são mostrados o balanço de água no solo para a lâmina 140% (L_5) e as irrigações realizadas durante a fase de crescimento vegetativo da cultura

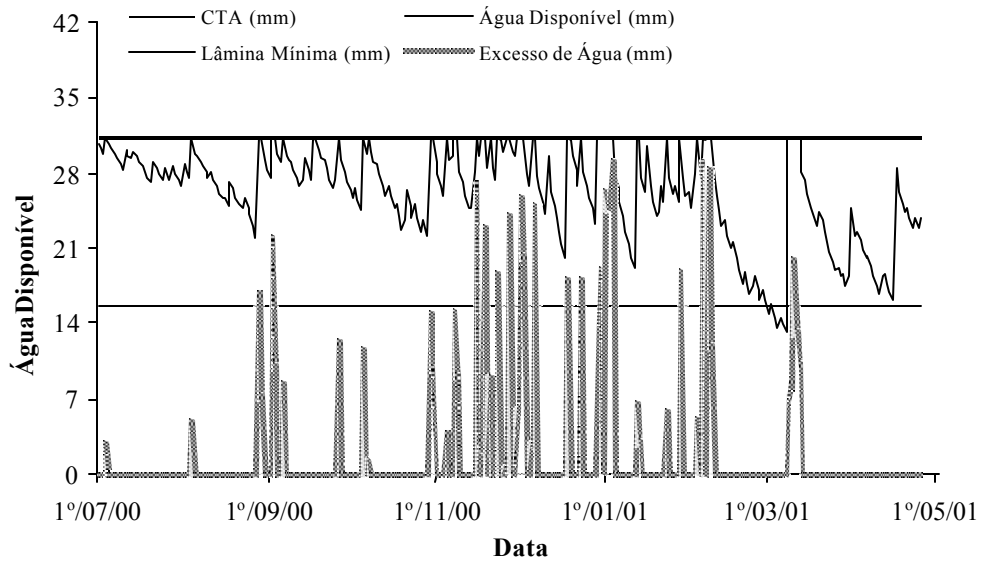


Figura 11 – Balanço de água no solo para o tratamento lâmina 30% da necessidade de reposição da umidade à capacidade de campo (L₂).

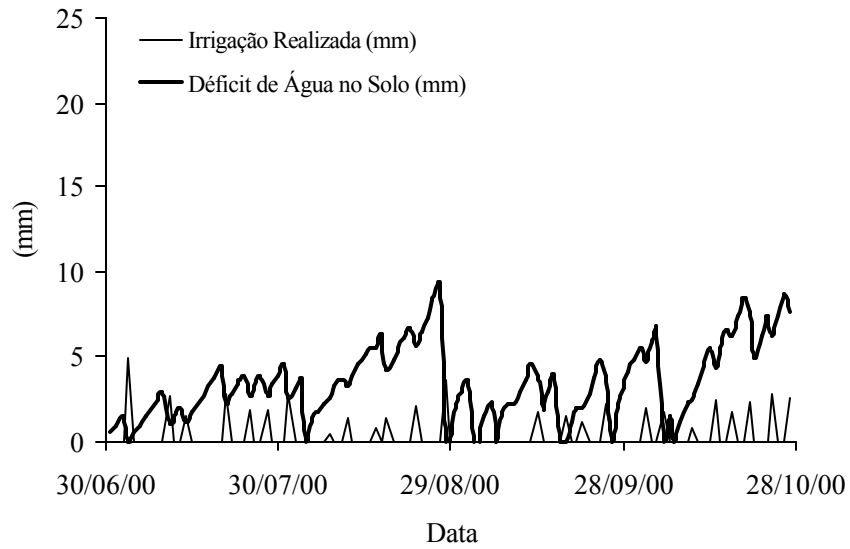


Figura 12 – Irrigações realizadas durante a fase de crescimento vegetativo da cultura para o tratamento lâmina 30% (L₂).

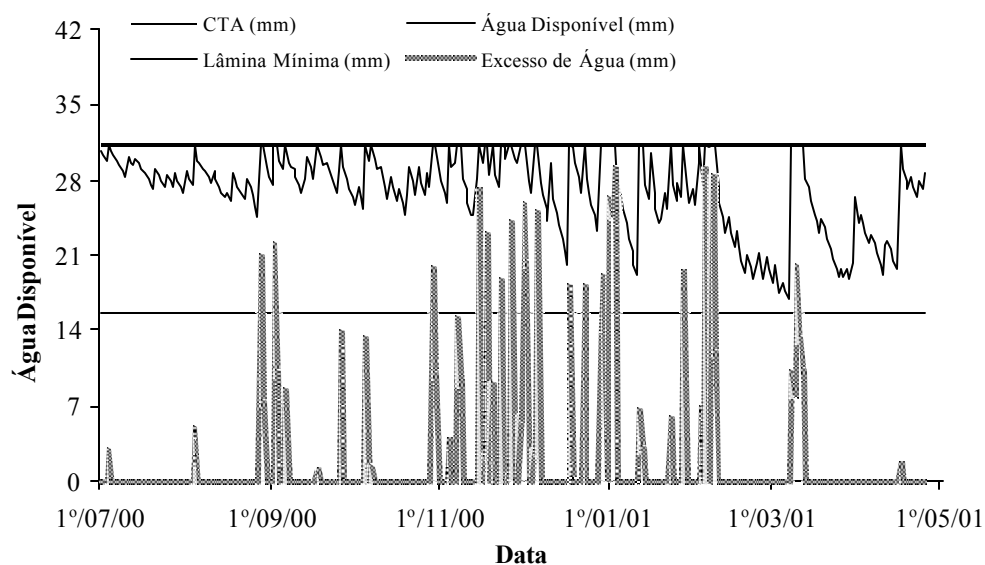


Figura 13 – Balanço de água no solo para o tratamento lâmina 60% da necessidade de reposição da umidade à capacidade de campo (L_3).

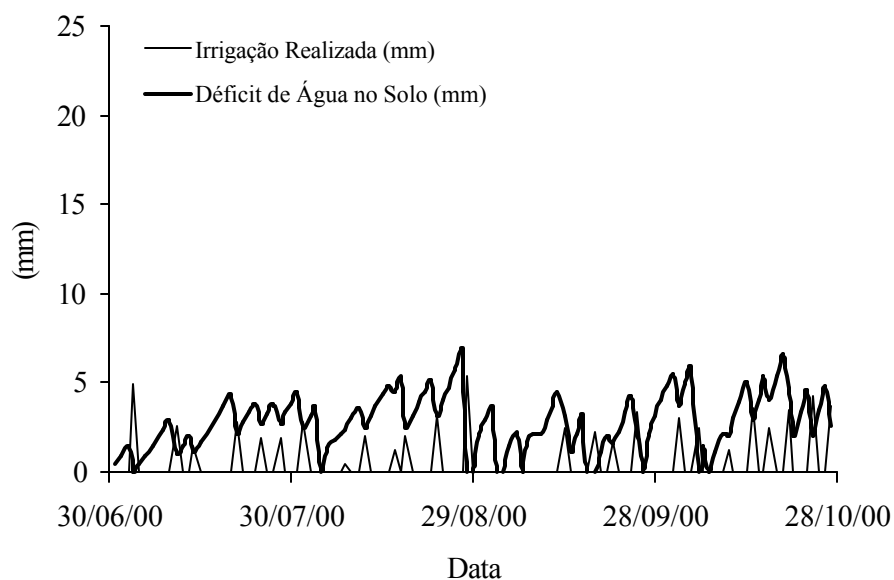


Figura 14 – Irrigações realizadas durante a fase de crescimento vegetativo da cultura para o tratamento lâmina 60% (L_3).

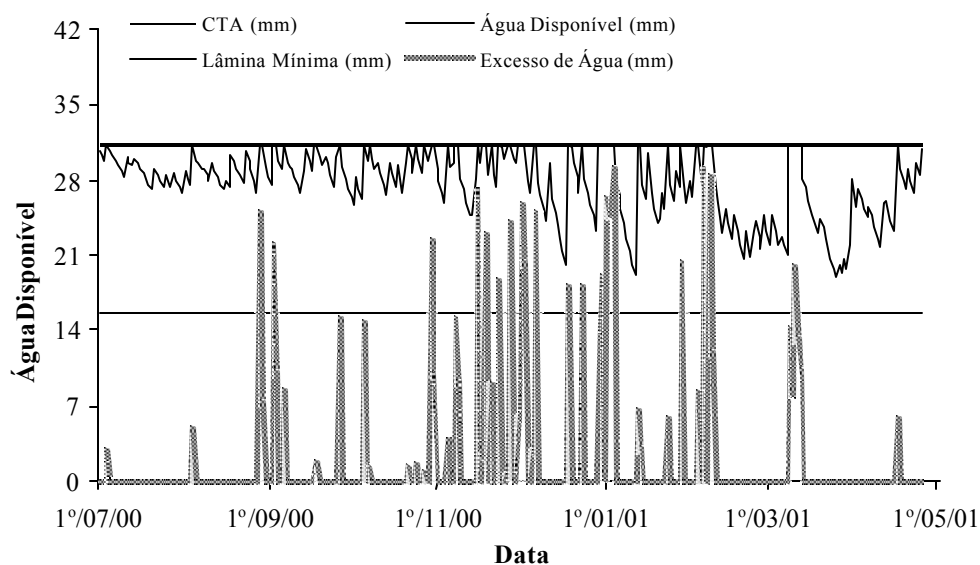


Figura 15 – Balanço de água no solo para o tratamento lâmina 100% da necessidade de reposição da umidade à capacidade de campo (L₄).

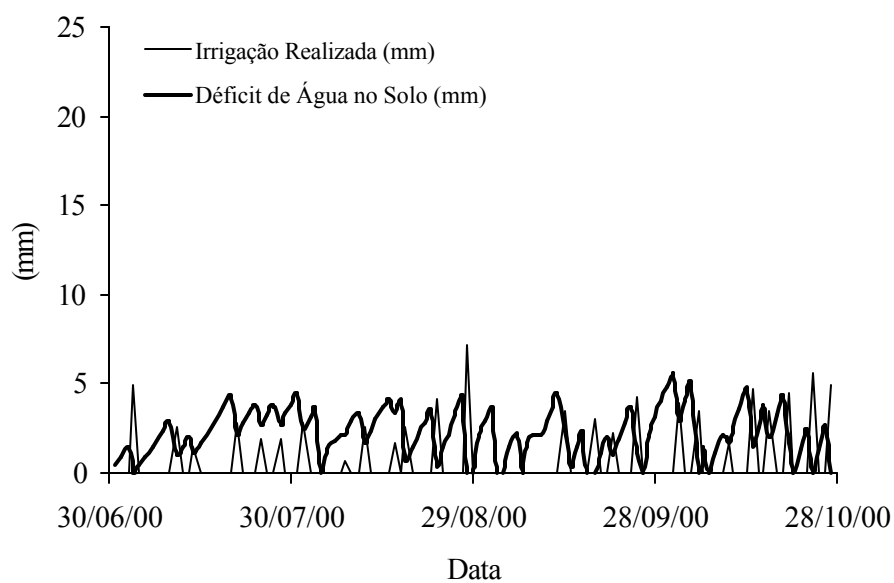


Figura 16 – Irrigações realizadas durante a fase de crescimento vegetativo da cultura para o tratamento lâmina 100% (L₄).

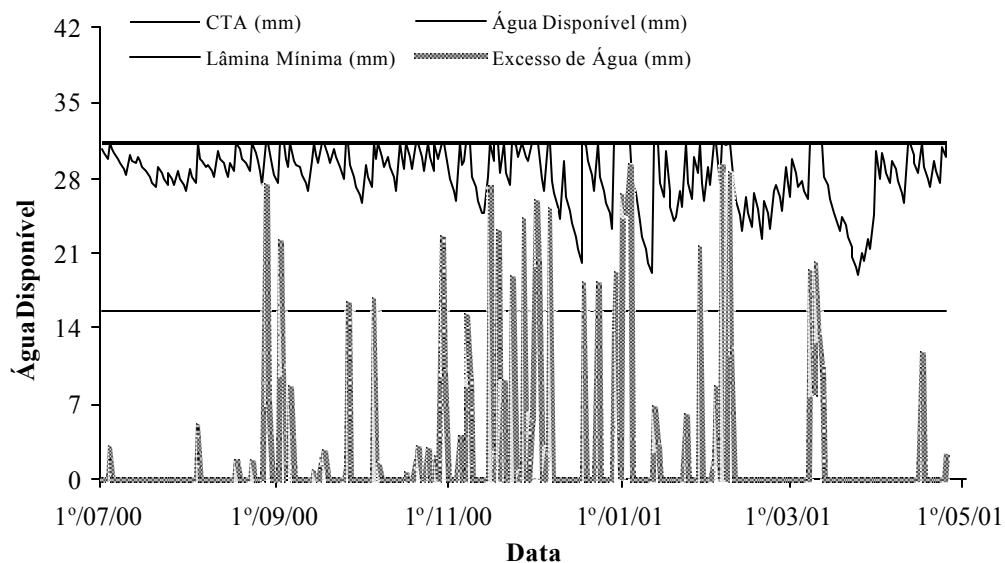


Figura 17 – Balanço de água no solo para o tratamento lâmina 140% da necessidade de reposição da umidade à capacidade de campo (L₅).

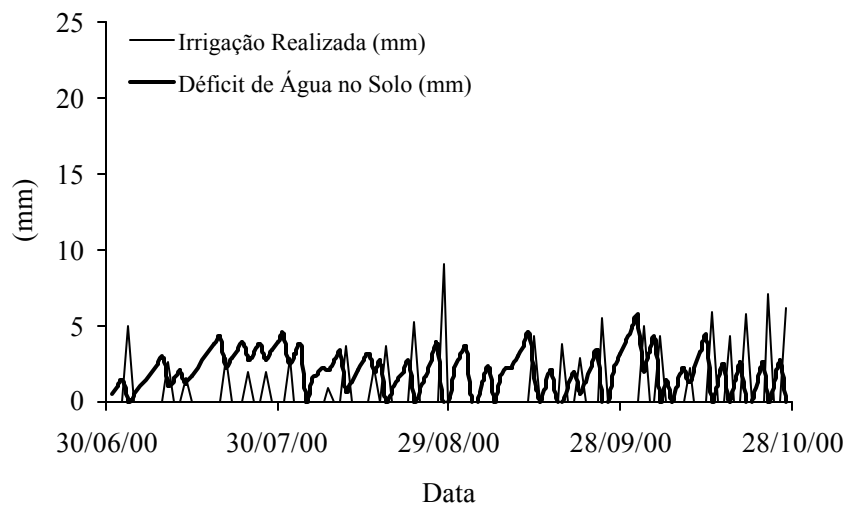


Figura 18 – Irrigações realizadas durante a fase de crescimento vegetativo da cultura para o tratamento lâmina 140% (L₅).

No tratamento lâmina 100% (L₄), pode-se observar que os valores da umidade do solo mantiveram-se acima da umidade mínima recomendada, durante praticamente todo o experimento, enquanto as irrigações realizadas durante a fase de crescimento vegetativo da cultura proporcionaram redução do déficit de água no solo a valores próximos de zero ou iguais a zero (Figuras 15 e 16). No balanço de água do solo para o tratamento lâmina 140% (L₅), pode-se observar que a disponibilidade de água no solo se manteve na capacidade de campo, ou acima desta, durante praticamente todo o experimento, exceto no início dos meses de fevereiro, março e abril/01, devido a problemas operacionais do sistema de irrigação (Figuras 17 e 18). Devido a problemas operacionais no início de fevereiro, de março e abril de 2001, ocorreu redução na umidade do solo. Entretanto, de modo geral, o manejo de irrigação foi adequado (Figuras 15 e 17).

De acordo com MENZEL et al. (1986), o perfil de umidade no solo próximo da capacidade de campo durante o período de floração e frutificação, proporcionado pelo tratamento lâmina 100% (L₄), é o mais indicado para obtenção de maiores produtividades em pomares de maracujazeiro.

4.2. Produtividade e qualidade de frutos para a 1ª safra do maracujazeiro amarelo

Foram analisados, no experimento de maracujazeiro amarelo, o efeito dos tratamentos sobre a produção e seus componentes para o período de colheita (1ª safra). No Quadro 8, apresenta-se o resumo dos resultados das análises de variância das características produtividade (kg ha⁻¹), número de frutos por hectare, peso médio dos frutos (g) e número de frutos tipo A por hectare, bem como os coeficientes de variação (%), os desvios e as respectivas médias das variáveis para o período de produção na 1ª safra da cultura. No Quadro 8B, encontram-se os resultados da análise de variância das variáveis em estudo.

Pode-se observar, no Quadro 8, que o incremento de nitrogênio acima de 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ não proporcionou efeito significativo na produção e nos componentes de produção do maracujazeiro. Resultados experimentais de HAAG et al. (1973) evidenciaram que quantidades aplicadas de nitrogênio

Quadro 8 – Resumo da análise de variância dos dados de produtividade (kg/ha), número de frutos por hectare, peso médio de frutos (g) e número de frutos tipo A no 1º ano de produção (1ª safra) da cultura do maracujazeiro nas condições experimentais

Período de Colheita entre Dezembro/2000 e Abril/2001 (1ª Safra)					
Causas de Variação	GL	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Número de Frutos Totais	Peso Médio de Frutos (g)	Nº Frutos Tipo A
Lâminas (L)	4	166749775 ^{**}	3059792222 ^{**}	2201,6 ^{ns}	1344132500 ^{**}
Nitrogênio (N)	3	40699133 ^{ns}	126226133 ^{ns}	3299,6 ^{ns}	204601066 ^{ns}
L x N	12	32566550 ^{ns}	811965833 ^{ns}	1135,99 ^{ns}	254773000 ^{ns}
Fat. X Adicional	1	248588900 ^{**}	144695600 ^{ns}	24591,82 ^{**}	204243800 ^{ns}
CV (%)	-	28	35	21	40
Média (s)	-	14.351	77.297	185	29.710
Desvio (+/-)	-	5.805	30.396	44	15.626

^{ns} Valores não-significativos.

* Valores significativos a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Valores significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F.

acima de 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ são suficientes para a produção potencial da cultura. A aplicação de 175 kg ha⁻¹ de nitrogênio + adubação orgânica durante o período de crescimento vegetativo da cultura pode ter proporcionado quantidades suficientes de nitrogênio para satisfazer a necessidade da planta, durante o período do experimento.

O teor de matéria orgânica de 2,8% (Quadro 5B) encontrado no solo anteriormente às aplicações diferenciadas de nitrogênio também é outro fator que pode ter contribuído para a falta de resposta do maracujazeiro ao incremento de nitrogênio. Segundo ANGHINONI (1984), os rendimentos relativos de diversas culturas foram satisfatórios, na ordem de 60 a 90% da produção máxima em solos com teores de matéria orgânica entre 2,5 e 5%.

Com relação às lâminas efetivas de água, apenas o peso médio de frutos não apresentou significância por meio do teste F, indicando que a irrigação, juntamente com a precipitação, apresentaram maior importância no incremento da produção e nos componentes de produção do maracujazeiro em relação às doses de nitrogênio (Quadro 8).

Utilizando nível de significância de 1% pelo teste F, pode-se observar, no Quadro 8, que as lâminas efetivas de água aplicadas no maracujazeiro

proporcionaram, em relação à testemunha, diferença de produtividade por meio do incremento no peso médio de frutos da cultura. As aplicações das lâminas de água não proporcionaram aumentos no número de frutos produzidos e número de frutos tipo A em relação à testemunha.

4.2.1. Análise das variáveis em função das lâminas efetivas de água

4.2.1.1. Produtividade

No Quadro 9 são apresentados os valores de produtividade em função dos tratamentos aplicados.

Quadro 9 – Produtividade média (kg ha⁻¹) obtida na 1ª safra da cultura do maracujazeiro amarelo

Doses de N kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	Lâmina Efetiva (Irrigação + Precipitação) em mm Testemunha* (444)
D ₀ (225)	5.468

Doses de N kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	Lâmina Efetiva (Irrigação + Precipitação) em mm					Média
	L ₁ (477)	L ₂ (501)	L ₃ (520)	L ₄ (533)	L ₅ (571)	
D ₁ (275)	7.838	10.859	17.999	18.273	13.497	13.693
D ₂ (375)	7.546	13.331	13.026	16.496	17.893	13.658
D ₃ (475)	11.808	11.608	11.608	28.180	20.243	17.245
D ₄ (575)	10.645	14.022	14.022	17.869	15.763	14.017
Média	9.459	12.591	14.164	20.205	16.849	14.795

*Tratamento adicional ou absoluto.

Observa-se, na Figura 19, que as lâminas de água influenciaram a produtividade, em nível de significância de 1%, ajustando-se a uma função de segundo grau (equação 7), com R² de 0,78.

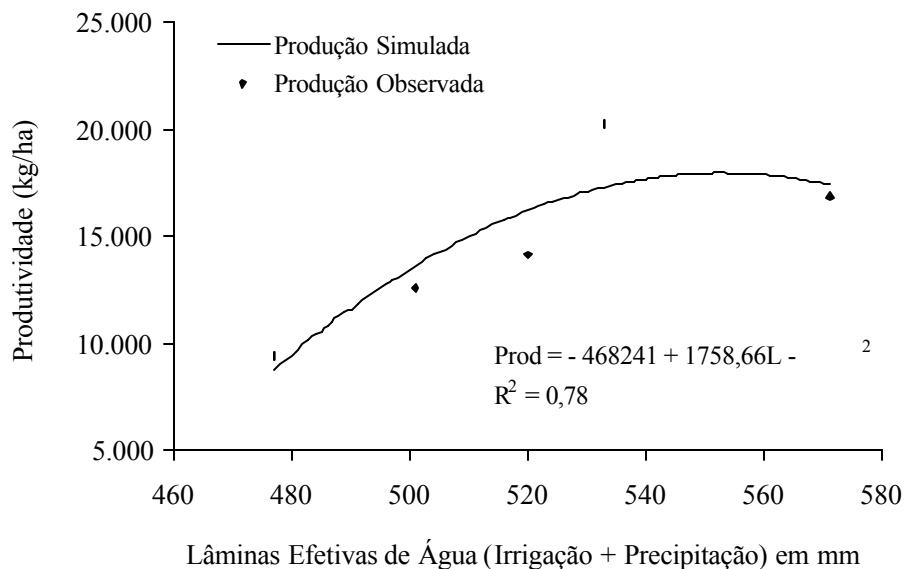


Figura 19 – Efeito das lâminas efetivas de água na produtividade (1^a safra) do maracujazeiro amarelo.

$$Y = -468241 + 1758,66L - 1,59048L^2 \quad (7)$$

O ponto de máxima produtividade simulada pelo modelo foi atingido com a lâmina de 553 mm, correspondente à produtividade média de 17.915 kg ha⁻¹, 141% acima da produtividade média regional, que é de 7.419 kg ha⁻¹.

A produtividade de 28.180 kg ha⁻¹ (Quadro 9), obtida com a lâmina de 533 mm e dose de nitrogênio de 475 kg ha⁻¹ ano⁻¹, está bem acima da média da produtividade nacional, de 10.000 kg ha⁻¹ (RUGGIERO e NOGUEIRA FILHO, 1994) e da mineira, de 7.419 kg ha⁻¹, bem como entre a produtividade dos pomares irrigados da região do Triângulo Mineiro, de 20.120 kg ha⁻¹, e a do norte de Minas, de 31.904 kg ha⁻¹ (Epamig, 2000).

Esses resultados também indicaram produtividades médias superiores às encontradas por MARTINS (1998) de 3.701 kg ha⁻¹, na 1^a safra, em Campos dos Goytacazes, RJ.

Ainda no Quadro 9, observa-se que a redução da produtividade dos tratamentos-testemunha, L₁, L₂ e L₃ em relação a L₄, ocorreu, possivelmente, devido ao aumento do déficit de água e à diminuição da umidade do solo a

valores de potencial matricial próximos a -10 atm, durante o período compreendido entre agosto e outubro de 2000 (Figuras 7 a 14). Por meio de observações de campo durante os períodos de menor disponibilidade de água no solo, ocorrida no final da fase de crescimento vegetativo e durante a fase de produção da cultura para os tratamentos-testemunha, L₁, L₂ e L₃, detectaram-se menor produção e crescimento de ramos produtivos na cultura em relação ao tratamento L₄. Esses resultados indicam que, durante o crescimento vegetativo (agosto a novembro/00) e o período de floração e maturação de frutos (fevereiro a abril/01), a cultura mostrou-se sensível ao déficit de água no solo abaixo do proporcionado pela lâmina 60% (Figuras 7 a 14). A cultura mostrou-se, também, sensível ao volume de água acima da capacidade de armazenamento do solo proporcionado pela lâmina 140% (Figuras 17 e 18). O excesso de água no solo, ocorrido no tratamento L₅, provocou diminuição de produtividade da cultura em relação ao tratamento L₄ (Quadro 9), exceto quando se utilizou a dose D₂ (375 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N). Tais resultados são semelhantes aos encontrados por MARTINS (1998).

Na Figura 20 são apresentadas as produtividades da cultura do maracujazeiro em dois períodos de produção, além da produtividade total da 1^a safra, para cada tratamento.

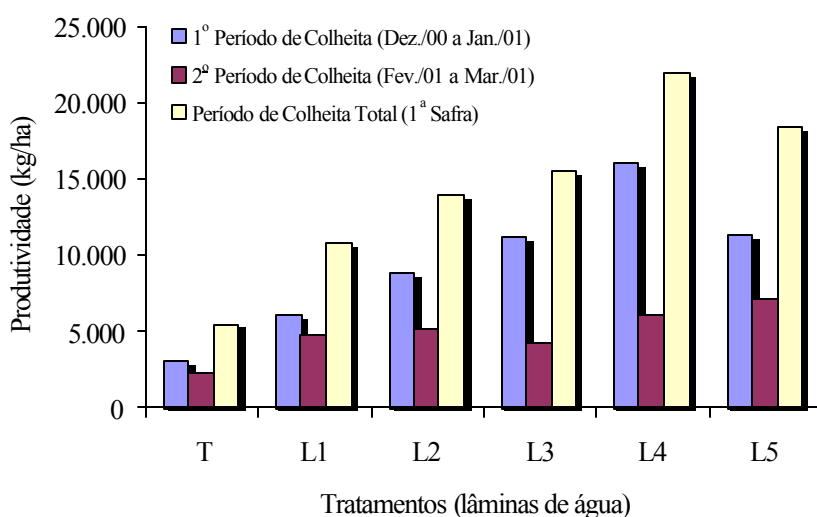


Figura 20 – Produtividade total e em dois períodos de colheita, em função dos tratamentos na 1^a safra da cultura.

De acordo com a Figura 20, no 1º período avaliado (Dez./00 a Jan./01), pode-se observar aumento contínuo de produtividade com a elevação das lâminas de água aplicadas, exceto para a lâmina L₅ s, em virtude da influência das diferentes lâminas de irrigação aplicadas durante o período compreendido entre agosto e outubro de 2000 (Quadro 7).

Durante o 2º período de colheita, compreendido entre os meses de fevereiro e março/01, pôde-se observar certa oscilação da produtividade entre os tratamentos. A redução da produtividade ocorrida nos tratamentos foi, possivelmente, resultado da alta incidência de chuvas durante os meses de novembro/00 e janeiro/01 (Quadro 7), coincidindo com o 2º e 3º períodos de florescimento da cultura. As precipitações ocorridas nos meses de novembro/00 a janeiro/01 também foram, possivelmente, responsáveis pela redução da diferença das produtividades dos tratamentos. Durante esse período, a umidade do solo manteve-se próximo à capacidade de campo em todos os tratamentos (Figuras 7, 9, 11, 13, 15 e 17), proporcionando, dessa forma, recuperação das plantas que estavam com crescimento vegetativo comprometido por causa do efeito dos tratamentos com déficit de água no solo. A receita líquida do maracujazeiro em função das lâminas totais efetivas de água é apresentada na Figura 21.

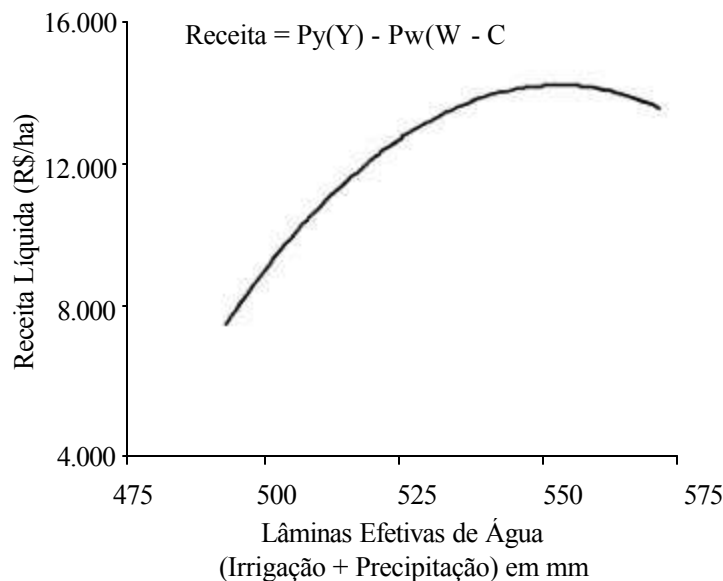


Figura 21 – Receita líquida do maracujazeiro (R\$/ha) na 1ª safra.

De acordo com a Figura 21, com a aplicação da lâmina de 477 mm, obteve-se produtividade de 8.760 kg ha⁻¹, proporcionando receita líquida de R\$4.017,00. Aplicando lâmina de 553 mm, obteve-se receita líquida máxima de R\$14.357,00/ha, correspondendo à produtividade de 17.915 kg ha⁻¹, igual à que resultou na máxima produtividade física onde também se aplicou lâmina de 553 mm.

Os valores iguais de produtividade encontrados para o maracujazeiro amarelo para as lâminas que resultaram em maior retorno econômico e melhor produtividade física contrariaram os resultados encontrados por OLIVEIRA (1993) para a cultura do milho, Esse autor afirmou que a produtividade ótima econômico, geralmente, não corresponde à máxima produtividade física quando se utiliza irrigação conjuntamente com a adubação.

No Quadro 10 são apresentados os valores da eficiência de uso de água em função das lâminas efetivas de água aplicadas durante a condução do experimento do maracujazeiro amarelo.

Quadro 10 – Eficiência de uso de água (*Efic*), em kg de frutos/m³/ha, em função das lâminas efetivas de água para a cultura de maracujazeiro amarelo

Lâminas Efetivas de Água		Produtividade (kg/ha)	Eficiência de Uso de Água	
(mm)	(m ³ /ha)		kg de Frutos/ m ³ /ha	g de Frutos/ Planta/m ³
477	4.770	8.759	1,83	1,10
501	5.010	13.636	2,72	1,63
520	5.200	16.196	3,11	1,87
533	5.330	17.915	3,36	2,01
571	5.710	17.392	3,04	1,82

O modelo de segundo grau para a eficiência do uso de água em função das lâminas efetivas de água e o respectivo valor do coeficiente de determinação (R^2) são apresentados na Figura 22.

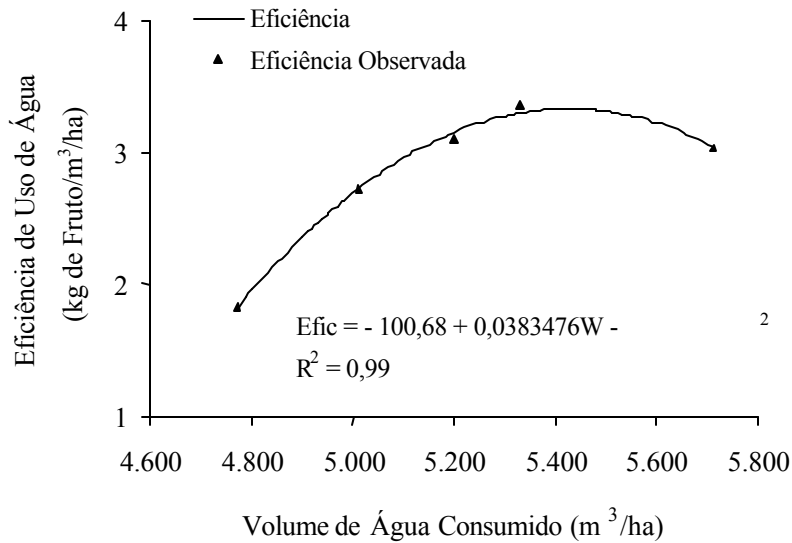


Figura 22 – Eficiência de uso da água, em kg de frutos/m³/ha, em função das lâminas efetivas de água para a cultura do maracujazeiro amarelo.

Pode-se observar na Figura 22 que o volume de água aplicado na cultura de 5.425 m³/ha resultou em maior eficiência de uso da água (3,31 kg de fruto/m³/ha) em relação ao volume de água aplicado de 4.770 m³/ha (1,83 kg de fruto/m³/ha), decrescendo a eficiência a partir da lâmina efetiva, que resultou na maior eficiência de uso da água.

4.3.1.2. Número total de frutos

No Quadro 11, apresenta-se uma estimativa do número total de frutos colhidos por hectare, em função das lâminas efetivas de água e das doses de nitrogênio.

A análise de regressão indicou que as lâminas totais de água influenciaram o número total de frutos, em nível de significância de 1%, ajustando-se a função de segundo grau (equação 8), com R² de 0,86 (Figura 23).

Quadro 11 – Número total de frutos colhidos por hectare (frutos ha⁻¹) na 1ª safra da cultura do maracujazeiro amarelo

Doses de N kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	Lâminas Efetivas (Irrigação + Precipitação) em mm					
	Testemunha* (444)					
D ₀ (225)	56.088					

Doses de N kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	Lâminas Efetivas (Irrigação + Precipitação) em mm					
	L ₁ (477)	L ₂ (501)	L ₃ (520)	L ₄ (533)	L ₅ (571)	Média
D ₁ (275)	51.091	67.751	96.628	103.847	67.751	77.414
D ₂ (375)	45.815	60.531	69.417	57.199	102.737	67.140
D ₃ (475)	57.199	78.857	68.861	128.282	96.628	85.965
D ₄ (575)	74.970	69.417	75.525	99.960	93.581	82.691
Média	57.269	69.139	77.608	97.322	90.174	79.301

* Tratamento adicional ou absoluto.

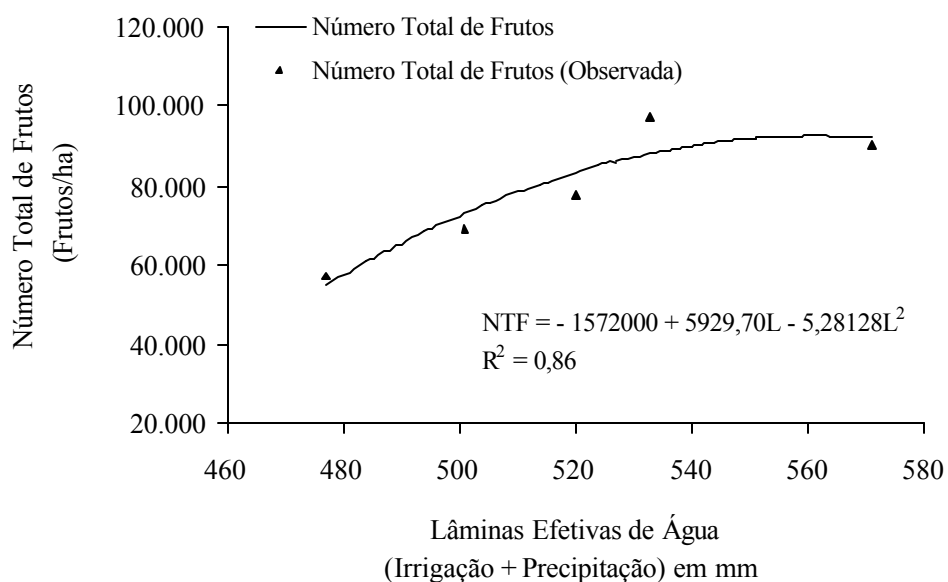


Figura 23 – Efeito das lâminas efetivas de água no número de frutos por hectare, na 1ª safra do maracujazeiro amarelo.

$$NTF = -1572000 + 5929,70L - 5,28128L^2 \quad (8)$$

em que

NTF = número total de frutos (1ª safra) por hectare; e

L = lâminas efetivas (irrigação + precipitação), em mm.

O ponto de máxima produção de frutos simulada pelo modelo foi atingido com lâmina efetiva de água de 561 mm, correspondente à produção de frutos de 92.432 frutos.ha⁻¹ (Figura 23).

Os resultados obtidos de aumento do número de frutos colhidos por hectare com a elevação da lâmina efetiva de água até o valor de 561 mm assemelham-se aos encontrados por ANDRADE et al. (1998).

4.3.1.3. Peso médio de frutos

No Quadro 12 são apresentados os valores de peso médio de frutos em função das lâminas efetivas de água e das doses de nitrogênio.

De acordo com o Quadro 8 e a Figura 24, pode-se observar que as lâminas efetivas de água não influenciaram o peso médio de frutos em nível de significância de 1%, pelo teste F. Entretanto, o peso médio de 216 g, obtido com a lâmina L₄ (533 mm), apresentou maior valor absoluto em relação às demais lâminas (Quadro 12).

O peso médio de frutos de 190 g (Figura 37), obtido nas parcelas irrigadas, foi superior ao valor de 175 g, utilizado como peso-padrão do experimento acima do qual os frutos são classificados como tipo A; foi superior, também, aos valores médios encontrados por MARTINS (1998), de 158 g; por Oliveira e colaboradores, citados por RUGGIERO et al. (1996), de 80 g; aos citados por TREVAS FILHO (1971), de 176 g; e por Silva, citado por PIZA JÚNIOR (1998), de 145 g.

Quadro 12 – Peso (gramas) médio dos frutos colhidos na 1ª safra da cultura do maracujazeiro amarelo, em função das lâminas efetivas de água

Doses de N kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	Lâminas Efetivas (Irrigação + Precipitação) em mm					
	Testemunha* (444)					
D ₀ (225)	97,5					

Doses de N kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	Lâminas Efetivas (Irrigação + Precipitação) em mm					
	L ₁ (477)	L ₂ (501)	L ₃ (520)	L ₄ (533)	L ₅ (571)	Média
D ₁ (275)	153	160	186	176	199	175
D ₂ (375)	165	220	188	288	174	207
D ₃ (475)	206	182	169	220	209	197
D ₄ (575)	142	170	186	179	168	169
Média	167	183	182	216	188	190

*Tratamento adicional ou absoluto.

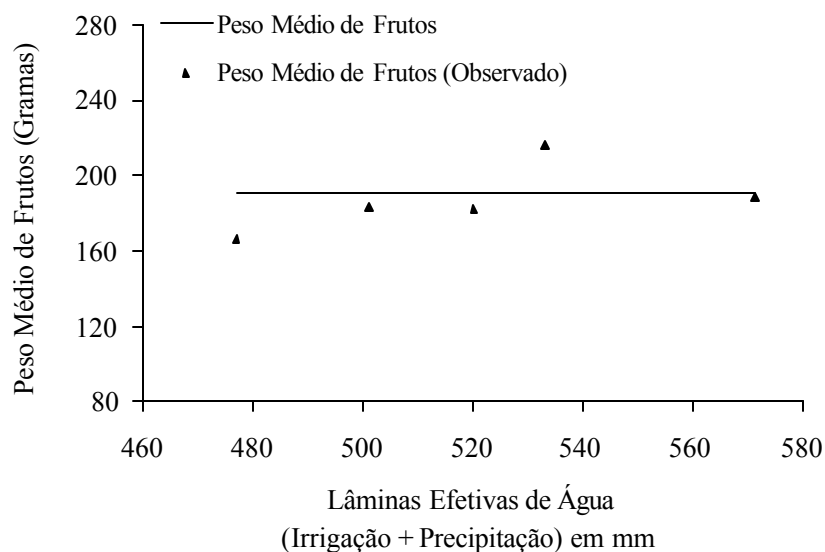


Figura 24 – Peso (gramas) médio dos frutos colhidos na 1ª safra, em função das lâminas efetivas de água.

4.3.1.4. Número de frutos tipo A

No Quadro 13 são apresentados os valores do número total de frutos tipo A, em função das lâminas efetivas de água e das doses de nitrogênio.

Quadro 13 – Número total de frutos tipo A colhidos por hectare na 1ª safra da cultura do maracujazeiro amarelo

Doses de N kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	Lâminas Efetivas (Irrigação + Precipitação) em mm					
	Testemunha* (444)					
D ₀ (225)	21.658					

Doses de N kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	Lâminas Efetivas (Irrigação + Precipitação) em mm					
	L ₁ (477)	L ₂ (501)	L ₃ (520)	L ₄ (533)	L ₅ (571)	Média
D ₁ (275)	21.658	14.994	41.650	34.431	33.875	29.322
D ₂ (375)	17.771	26.101	34.986	33.875	30.543	28.655
D ₃ (475)	13.883	24.435	27.767	70.527	25.545	32.431
D ₄ (575)	24.435	26.656	33.320	41.095	22.769	29.655
Média	19.437	23.047	34.431	44.982	28.183	30.404

* Tratamento adicional ou absoluto.

A análise de regressão indicou que as lâminas efetivas de água influenciaram o número total de frutos tipo A, em nível de significância de 1%, ajustando-se a uma função de segundo grau (equação 9), com R² de 0,70 (Figura 25).

$$NTFA = -1745600 + 6656,54L - 6,21181L^2 \quad (9)$$

em que

NTFA = número total de frutos tipo A (1ª safra) por hectare; e

L = lâminas efetivas (irrigação + precipitação), em mm.

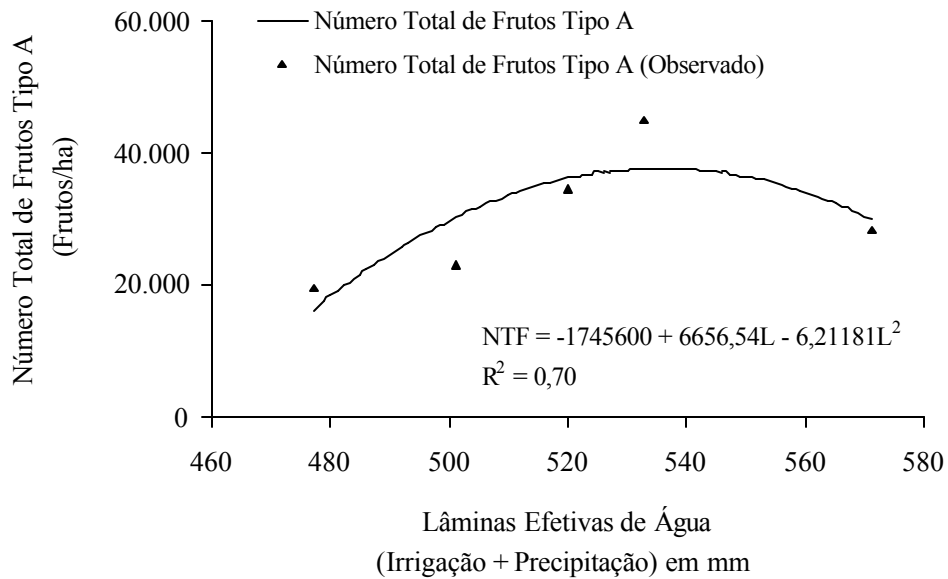


Figura 25 – Efeito das lâminas efetivas de água no número de frutos tipo A colhidos na 1ª safra da cultura.

O ponto de máxima produção de frutos tipo A simulada pelo modelo foi atingido com lâmina total de 536 mm, correspondente à produção de frutos tipo A de 37.677 frutos ha⁻¹ (Figura 25).

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental da Sementeira, pertencente à Universidade Federal de Viçosa, situada no Município de Visconde do Rio Branco, MG, latitude 21° 47' S, longitude 42° 50' W e altitude de 352 m, em solo Podzólico Vermelho-Amarelo argiloso, por meio de um experimento instalado em 6 de março de 2000 com a cultura de maracujazeiro, com a finalidade de determinar o efeito da irrigação e da adubação nitrogenada na produtividade e nos componentes de produção do maracujazeiro amarelo. Foi determinada, ainda, a função de produção, em função das variáveis estudadas (produção e componentes da produção), além das viabilidades técnica e econômica da irrigação na cultura do maracujazeiro na região de Visconde do Rio Branco, MG.

Nas condições em que o experimento foi conduzido, chegou-se às seguintes conclusões:

- A produção e os componentes de produção do maracujazeiro foram afetados significativamente pelas lâminas efetivas de água aplicadas, proporcionando aumento de produtividade, de número de frutos totais e de número de frutos tipo A até valores de lâminas de 553, 561 e 536 mm, respectivamente.

- A produção e os componentes de produção da cultura do maracujazeiro não foram afetados significativamente pelo acréscimo de nitrogênio e pela interação nitrogênio *versus* lâmina efetiva de água.
- A utilização da irrigação, na região de Visconde do Rio Branco, resultou em viabilidade técnica para o maracujazeiro amarelo, proporcionando incremento de produtividade por meio do aumento do peso médio de frutos.
- O manejo da irrigação realizado para manter o perfil da umidade do solo próximo à condição de capacidade de campo é o mais indicado para proporcionar maiores produtividades à cultura do maracujazeiro amarelo.
- A utilização da irrigação, na região de Visconde do Rio Branco, resultou em viabilidade econômica para o maracujazeiro amarelo, proporcionando uma receita líquida máxima de R\$14.357,00/ha, aplicando-se lâmina efetiva de água de 553 mm.

RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de fazer uma análise técnica e econômica da cultura do maracujazeiro amarelo, por meio do efeito da irrigação e da adubação nitrogenada, para a região de Visconde do Rio Branco, MG, além da determinação da necessidade térmica e da verificação da adequação dos coeficientes da cultura (K_c), encontrados na literatura.

Na primeira etapa do trabalho, determinaram-se a necessidade térmica e também a adequação dos coeficientes da cultura (K_c), sugeridos por BERNARDO (1995) e MILLO e CUNHA (1982), para o maracujazeiro amarelo.

A necessidade térmica, medida em graus-dia, foi determinada, utilizando-se uma estação meteorológica automática para coleta dos valores de temperatura do ar. Utilizou-se, também, o software SISDA versão 3.0, para converter os valores diários de temperatura em graus-dia acumulados, empregando-se o método residual, por meio das temperaturas basais mínimas (T_b) e máximas (T_B) de crescimento para o maracujazeiro entre 8 °C e 27 °C. Foi contabilizado, durante 420 dias, um total de 6.545 graus-dia, do plantio até a poda de renovação dos ramos, para que a cultura completasse o ciclo de produção da 1ª safra.

Utilizando-se a metodologia de MACIEL et al. (1994) e por meio de observações de campo, quatro fases fenológicas distintas foram obtidas. As fases de crescimento inicial, de crescimento vegetativo apical e de crescimento

vegetativo lateral e as fases de floração e maturação de frutos apresentaram, respectivamente, necessidades de 575, 925, 995, 4.050 graus-dia, com durações de 30, 60, 90 e 240 dias. Durante esse período, observou-se também que a região de Visconde do Rio Branco apresentou condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento do maracujazeiro amarelo.

Para verificar a adequação dos coeficiente da cultura (K_c) do maracujazeiro, encontrados na literatura, utilizou-se um sistema de irrigação por gotejamento, com a finalidade de manter o perfil da umidade do solo próxima à capacidade de campo. A evapotranspiração da cultura foi determinada por meio do balanço de água no solo, considerando-se a inexistência de percolação profunda, escoamento superficial, escoamento subsuperficial e contribuição do lençol freático. A evapotranspiração de referência (E_{To}) foi determinada por meio do método de Penman-Monteith (1990), corrigida para a evapotranspiração da cultura em condições de irrigação localizada.

A umidade do solo simulada utilizando o software SISDA versão 3.0, com valores K_c de 0,4 para o crescimento inicial e 0,8 para a fase de floração e maturação de frutos, foi comparada com a umidade no solo, verificada através do método termogravimétrico, observando-se grande coerência desses valores, o que indicou que os valores de K_c adotados são representativos da situação de campo, embora correções periódicas na umidade do solo simulada pelo programa sejam sempre recomendadas.

Na segunda etapa, o experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, constituído de tratamentos com cinco lâminas de irrigação (15, 30, 60, 100 e 140% da lâmina necessária à reposição da umidade à capacidade de campo), combinadas com quatro doses de nitrogênio, na ordem de 275, 375, 475 e 575 kg ha⁻¹, correspondentes a, respectivamente, 165, 225, 285 e 345 g de N por planta. Aplicaram-se, em todos os tratamentos, 175 kg ha⁻¹ de nitrogênio durante o período de crescimento vegetativo da cultura e o restante, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹, aplicado de acordo com o tratamento, durante o período de produção.

Utilizou-se também uma testemunha, que não foi irrigada durante o período de produção, mas que recebeu 175 kg ha⁻¹ de nitrogênio, no período de crescimento vegetativo, e 50 kg ha⁻¹ durante o período de produção da

cultura. Os resultados indicaram que a utilização da irrigação proporcionou efeito significativo na produção e nos componentes de produção do maracujazeiro em relação à testemunha, por meio do aumento do peso médio de frutos. O manejo da irrigação realizado para manter o perfil da umidade do solo próximo à condição de capacidade de campo é o mais indicado para proporcionar maiores produtividades para a cultura do maracujazeiro amarelo.

Observou-se, também, que as lâminas efetivas de água, constituídas das lâminas de irrigação, juntamente com a precipitação, proporcionaram aumento da receita líquida do maracujazeiro até uma lâmina de 553 mm. A receita líquida máxima obtida com a cultura para as condições de 1ª safra na região foi de R\$14.357,00/ha, através de uma produtividade de 17.915 kg ha⁻¹.

As funções de produção obtidas das variáveis produtividade, número de frutos totais e número de frutos tipo A apresentaram coeficientes de determinação (R^2) de 0,78; 0,86; e 0,70, respectivamente. A produção e os componentes de produção do maracujazeiro não foram afetados, significativamente, pelo incremento de nitrogênio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL 2000 – **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo, SP: FNP – Consultoria & Comércio. 2000. Disponível em: www.fnp.com.br
- ALLEN, R.G. Penman for all seasons. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 112, n. 4, p. 348-368, 1986.
- ANDRADE, C. de L.T.; VASCONCELOS, L.F.L. Efeito do espaçamento na produção do primeiro ano de maracujazeiro amarelo cultivado sob condições de irrigação localizada e sequeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DO MARACUJÁ, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal, SP: [s. n.], 1998. p. 330-333.
- ANGHINONI, I. Adubação nitrogenada dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: SIMPÓSIO SOBRE ADUBAÇÃO NITROGENADA NO BRASIL, Ilhéus, BA. **Anais...** Ilhéus, BA: [s. n.], 1984. p. 1-16.
- ANTUNES, R.C.B. Manejo da irrigação em cafeeiros novos e em produção utilizando o software SISDA 3. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, n. 4, p. 78-83, 2001.
- ARAÚJO, C.M.; GAVA, A.J.; ROBBS, P.G.; NEVES, J.F.; MAIA, P.C.B. Características industriais do maracujá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) e maturação do fruto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília: n. 9, p. 65-69, 1974.
- AZEVEDO, H.M. Irrigação localizada. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n. 139, p. 40-53, bimestral, 1986.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 1989. 247 p.

- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa, MG: UFV, 1995. 657 p.
- BORGES, H.Q. **Avaliação do SISDA para manejo de irrigação na região de Aracuaí-MG**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1999. 116 f. (Tese M.S.).
- CAMARGO, M.E. **Exigências bioclimáticas e estimativa da produtividade para quatro cultivares de soja no Estado de São Paulo**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1984. 96 f. (Tese M.S.).
- CANÇADO JÚNIOR, ESTANISLAU, M.L.L.; PAIVA, B.M. Aspectos econômicos da cultura do maracujá. In: —. **A cultura do maracujá**. [S. l.]: EPAMIG, 2000. 88 p. (Informe Agropecuário, 206).
- CARDOSO, H.E.A.; MANTOVANI, E.C.; COSTA, L.C. As águas da agricultura. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 27-28, 1998.
- CARVALHO, J. A. **Coefficientes de cultura, avaliação econômica da produção e análise do crescimento da cenoura (*Daucus carota L*) irrigada**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1995. 76 f. (Tese D.S.).
- CARVALHO, S.L.C. Estudo da distribuição do sistema radicular do maracujazeiro amarelo. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE FRUTICULTURA, Campinas, 1987. **Anais...** Campinas: [s. n.], 1987. v. 2, p. 609-612.
- CHANG, J. **Climate and agriculture**. 2. ed. Chicago: Aldine Publishing Company, 1971. 296 p.
- COSTA, E.L.; SOUSA, V. F.; NOGUEIRA, L. C. SATURNINO, H. M. Irrigação da cultura do maracujazeiro. In: **A cultura do maracujá**, Belo Horizonte, EPAMIG, v. 21, p. 59-66, bimestral, 2000. (Informe Agropecuário, 206).
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1975. 144 p. (FAO, irrigation and drainage paper, 24).
- FERGUSON, C. E. **Teoria micro-econômica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Editora Forense-Universitária, 1988. 609 p.
- FIGUEIREDO, R.W.; SESSA, M.C.M.; HOLANDA, L.F.F.; MAIA, G.A.; OLIVEIRA, G.S.F. Estudo das características físicas e do rendimento do maracujá amarelo. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE FRUTICULTURA, Campinas, 1987. **Anais...** Campinas, 1987. v. 2, p. 613-617.
- FORTES J.M. **Efeitos de duas épocas de plantio em diferentes pesos de mudas e espaçamentos sobre o peso médio dos frutos de abacaxi da cultivar Smooth Cayenne (*Ananas comosus*, I Merrill) na Zona da Mata Mineira**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, 1981. 81 f. (Tese de D. S.).

- FRIZZONE, J.A. **Função de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso de nitrogênio e lâminas de irrigação**. Piracicaba: ESALQ, 1986. 122 p. (Tese D.S.).
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – FIBGE. **Anuário Estatístico do Brasil**, Rio de Janeiro, v. 57, 1997.
- HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D.; BORDUCCHI, A. S.; SARRUGE, J.R. Absorção de nutrientes por duas variedades de maracujá. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 30, p. 267-279, 1973.
- HEXEM, R.W.; HEADY, E. O **Water production function for irrigated agriculture**. Iowa: The Iowa State University Press, 1978. 215 p.
- HOEHNE, F.C. **Frutas indígenas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 1946. p. 62-65.
- JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and Irrigation water requirements**. New York: ASCE. 1990. 332 p. (Manuals and reports on engineering practice, 70).
- JENSEN, M.E.; PESEK, J. Generalization of yield of equation in two or more variables. I. Theoretical considerations. **Agronomy Journal**, v. 51, p. 255-259, 1959.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990. 649 p.
- LOPES, A.C. **Coefficiente de cultura e relação ET_r/ET_c para a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1989. 73 f. (Tese M.S.).
- MACIEL, N.; BAUTISTA, D.; AULAR, J. Crecimiento, desarrollo y arquitectura de *Passiflora edulis f. flavicarpa*. **Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.**, Campeche, n. 38, p. 133-138, 1994.
- MALAVOLTA, E. **Nutricion y fertilizacion del maracuya**. Quito: INPOFOS, 1994. 52 p.
- MANICA, I. **Fruticultura tropical 1: maracujá**. São Paulo: Ceres, 1981. 151 p.
- MANTOVANI, E. C. **Manejo da irrigação**. Brasília, DF: ABEAS, 1998. 81 p. (Curso de Engenharia de Irrigação – módulo 8).
- MARTINS, D. P. **Resposta do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sins var. *flavicarpa* Deg.) a lâminas de irrigação e doses de nitrogênio e potássio**. Campos dos Goytacazes: UENF, 1998. 84 f. (Tese D.S.).

- MEDINA, J.C.; GARCIA, J.L.M.; LARA, J.C.C.; TOCHINI, R.P.; HASHIZUME, T.; MORETTI, V.A.; CANTO, W.L. **Maracujá: da cultura ao processamento e comercialização**. Campinas: ITAL, 1980. 195 p. (ITAL. Frutas Tropicais, 9).
- MENZEL, C.M.; HAYDON, G.F.; DOOGAN, V.J.; SIMPSON, D.R. New standard leaf nutrient concentrations for passionfruit based on seasonal phenology and leaf composition. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 66, n. 6, p. 689-702, 1991.
- MENZEL, C.M.; SIMPSON, D.R.; DOWLING, A.J. Water relations in passionfruit: effect of moisture stress on growth, flowering and nutrient up take. **Scientie Horticulture**, Amsterdam, v. 29, n. 3, p. 239-249, 1986.
- MENZEL, C.M.; SIMPSON, D.R.; PRINCE, G.H. Effect of foliar applied nitrogen during winter on growth, nitrogen content and production of passionfruit. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 28, p. 339-346, 1994.
- MILLO, J. L.; CUNHA, J. B. **Manual do sistema de irrigação xique-xique (Elaboração e Implantação de Projetos)**. Recife: PE, Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), 1982. 121 p.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Maracujá**. Brasília: 2000. (Frutiséries 4).
- MOTA, F.S. **Meteorologia agrícola**. 7. ed. São Paulo: Nobel, 1986. 376 p.
- NUNEZ, J.G.O. **Caracterização das fases fenológicas de três cultivares de milho, utilizando o conceito de graus-dia**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1986. 54 f. (Tese M.S.).
- OLIVEIRA, F.K.D.; DANTAS, J.P.; SILVA, A.Q.; LIMA, E.M.; CAVALCANTE, L.F. Produtividade e estado nutricional em plantas de maracujá amarelo. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DO MARACUJÁ, Jaboticabal. 1998, **Anais...** Jaboticabal, 1998. p. 337-338.
- OLIVEIRA, S. L. **Funções de resposta do milho doce ao uso de irrigação e nitrogênio**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1993. 91 f. (Tese D.S.).
- OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 440 p.
- PEREIRA, P. M. **Determinação do coeficiente de cultura para o trigo (*Triticum aestivum* L.) irrigado**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1984. 52 f. (Tese M.S.).
- PIZA JÚNIOR, C de T. A cultura do maracujá na região sudeste do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DO MARACUJÁ, Jaboticabal, 1998. **Anais...** Jaboticabal: [s. n.], 1998. p. 20-45.

- PIZA JÚNIOR, C. T. **Cultura do maracujá**. Campinas: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1991. 71 p.
- PIZA JÚNIOR, C. T.; QUAGGIO, J.A.; SILVA, J.R.; KAVATI, R.; MELETTI, L.M.M.; SÃO JOSÉ, A.R. Adubação do maracujá. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p. 148-149.
- QUAGGIO, J. A.; PIZA JÚNIOR, C. de T. Nutrição mineral e adubação da cultura do maracujá. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DO MARACUJÁ, Jaboticabal, **Anais...** Jaboticabal, 1998. p. 130–156.
- RUGGIERO, C. (Ed.) **Cultura do maracujazeiro**. Ribeirão Preto: Legis Summa, 1987. 250 p.
- RUGGIERO, C.; NOGUEIRA FILHO, G.C. Evolução da cultura do maracujazeiro no Brasil. In: SÃO JOSÉ, A.R. (Ed.). **Maracujá: produção e mercado**. Vitória da Conquista: UESB-DFZ, 1994. p. 197-205.
- RUGGIERO, C.; SÃO JOSÉ, A.R.; VOLPE, C.A.; OLIVEIRA, J.C. de; DURIGAN, J.F.; BAUMGARTNER, J.G.; SILVA, J.R. da; NAKAMURA, K.; FERREIRA, M.E.; KAVATI, R.; PEREIRA, V. de P. **Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 64 p. (Publicações Técnicas FRUPEX, 19).
- SACRAMENTO, C. K. Pesquisas sobre o maracujazeiro na região sudeste da Bahia. In: SÃO JOSÉ, A.R. (Ed.). **Maracujá: produção e mercado**. Vitória da Conquista: UESB-DFZ, 1994. p. 178-183.
- SANTOS, J. R. M. Irrigar é preciso. **Agroanalysis**, v. 18, n. 3, p. 29-34, 1998.
- SEDIYAMA, G. C. **Estudos de métodos para estimativa da evapotranspiração potencial em Viçosa**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1972. 43 f. (Tese M.S.).
- SEDIYAMA, G. C. **Necessidade de água para os cultivos**. Brasília: ABEAS, 1996. 143 p (Curso de Engenharia de Irrigação – módulo 2).
- SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; LEAL, B. G. Relações clima-água-plantas. In: **Manejo de irrigação**. FARIA, M. A.; SILVA, E. L.; VILELA, L. A. A.; SILVA, A. M. (Eds.). Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p. 46-85.
- SENTELHAS, P.C.; PIZA JÚNIOR, C. de T.; SIGRIST, J.M.M.; KAVATI, R.; PARODI, M.T. Temperatura letal para diferentes plantas frutíferas tropicais. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 2, p. 231-235, 1996.
- SILVA, A.C.; SÃO JOSÉ, A.R. Classificação botânica do maracujazeiro. In: SÃO JOSÉ, A.R. (Ed.). **Maracujá: produção e mercado**. Vitória da Conquista: UESB-DFZ, 1994. Cap.1., p. 1-5.

- SMITH, M.; SEGEREN, A.; PEREIRA, L. S.; PERRIER, A.; ALLEN, R. **Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guideline for prediction of crop water requirements**. Rome: FAO, 1991. 45 p.
- STAVELEY, G.W.; WOLSTENHOLME, N.N. Effects of water stress on growth and flowering of *Passiflora edulis* (Sims) grafted to *P. caerulea* L. **Acta Horticulturae**, v. 275, p. 551-558, 1990.
- TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. São Paulo: Livraria e Editora Agropecuária, 1997. 245 p.
- TREVAS FILHO, V. Informações tecnológicas sobre o processamento de sucos (caju, maracujá e abacaxi). **Pesquisa Agropecuária do Nordeste**, v. 3, n. 2, p. 49-52, 1971.
- VALLINI, P. C.; RUGGIERO, C.; LAM-SANCHES, A.; FERREIRA, F.R. Studies on the flowering period of yellow passion fruit – *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. – in the region of Jaboticabal, São Paulo. **Acta Horticulture**, Wagenengen, v. 57, p. 233-236, 1976.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 2000. 509 p.
- VASCONCELLOS, M.A.S.; CEREDA, E. O cultivo do maracujá doce. In: SÃO JOSÉ, A.R. (Ed.). **Maracujá: produção e mercado**. Vitória da Conquista - Ba: UESB-DFZ, 1994. p. 71-83.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Quadro 1A – Umidade do solo simulada pelo SISDA (%), precipitação (mm), valores de Kc por fase fenológica e área sombreada da cultura do maracujazeiro amarelo

Data	Umidade do Solo (%)	Precipitação (mm)	Kc	AS (%)
12/03/00	34,20	5,00	0,40	5,07
13/03/00	34,20	15,00	0,40	5,13
14/03/00	33,20	0,00	0,40	5,20
15/03/00	32,80	0,00	0,40	5,27
16/03/00	34,20	13,00	0,40	5,33
17/03/00	34,20	3,00	0,40	5,40
18/03/00	34,20	20,00	0,40	5,47
19/03/00	34,20	31,00	0,40	5,53
20/03/00	33,18	0,00	0,40	5,60
21/03/00	34,20	0,00	0,40	5,67
22/03/00	33,80	0,00	0,40	5,73
23/03/00	33,37	0,00	0,40	5,80
24/03/00	33,83	0,00	0,40	5,87
25/03/00	33,37	0,00	0,40	5,93
26/03/00	32,97	0,00	0,40	6,00
27/03/00	32,52	0,00	0,40	6,07
28/03/00	32,12	0,00	0,40	6,13
29/03/00	34,20	20,00	0,40	6,20
30/03/00	34,20	3,00	0,40	6,27
31/03/00	33,79	0,00	0,40	6,33
01/04/00	33,38	0,00	0,40	6,40
02/04/00	32,99	0,00	0,40	6,47
03/04/00	32,66	0,00	0,40	6,53
04/04/00	33,20	0,00	0,40	6,60
05/04/00	32,83	0,00	0,40	6,67
06/04/00	32,47	0,00	0,40	6,73
07/04/00	32,08	0,00	0,40	6,80
08/04/00	31,75	0,00	0,40	6,87
09/04/00	31,37	0,00	0,40	6,93
10/04/00	31,00	0,00	0,40	7,00
11/04/00	34,20	10,00	0,41	7,05
12/04/00	33,25	0,00	0,41	7,10
13/04/00	32,86	0,00	0,42	7,15
14/04/00	33,34	0,00	0,42	7,20
15/04/00	34,20	43,00	0,43	7,25
16/04/00	33,16	0,00	0,43	7,30
17/04/00	32,80	0,00	0,44	7,35

Quadro 1A, Cont.

Data	Umidade do Solo (%)	Precipitação (mm)	Kc	AS (%)
18/04/00	33,32	0,00	0,44	7,40
19/04/00	32,93	0,00	0,45	7,45
20/04/00	34,20	20,00	0,45	7,50
21/04/00	33,30	0,00	0,46	7,55
22/04/00	32,90	0,00	0,46	7,60
23/04/00	32,51	0,00	0,47	7,65
24/04/00	32,11	0,00	0,47	7,70
25/04/00	32,61	0,00	0,48	7,75
26/04/00	32,21	0,00	0,48	7,80
27/04/00	31,80	0,00	0,49	7,85
28/04/00	33,17	0,00	0,49	7,90
29/04/00	32,77	0,00	0,50	7,95
30/04/00	32,37	0,00	0,50	8,00
01/05/00	32,01	0,00	0,50	8,05
02/05/00	31,67	0,00	0,51	8,10
03/05/00	31,26	0,00	0,51	8,15
04/05/00	30,88	0,00	0,52	8,20
05/05/00	32,24	0,00	0,52	8,25
06/05/00	31,81	0,00	0,53	8,30
07/05/00	31,39	0,00	0,53	8,35
08/05/00	34,20	10,00	0,54	8,40
09/05/00	33,27	0,00	0,54	8,45
10/05/00	32,95	0,00	0,55	8,50
11/05/00	32,58	0,00	0,55	8,55
12/05/00	32,22	0,00	0,56	8,60
13/05/00	31,86	0,00	0,56	8,65
14/05/00	33,28	0,00	0,57	8,70
15/05/00	32,89	0,00	0,57	8,75
16/05/00	32,46	0,00	0,58	8,80
17/05/00	32,02	0,00	0,58	8,85
18/05/00	31,59	0,00	0,59	8,90
19/05/00	32,95	0,00	0,59	8,95
20/05/00	32,51	0,00	0,60	9,00
21/05/00	32,16	0,00	0,60	9,05
22/05/00	31,86	0,00	0,61	9,10
23/05/00	31,49	0,00	0,61	9,15
24/05/00	31,10	0,00	0,62	9,20
25/05/00	30,72	0,00	0,62	9,25
26/05/00	32,10	0,00	0,63	9,30
27/05/00	31,64	0,00	0,63	9,35
28/05/00	32,62	3,00	0,64	9,40
29/05/00	32,27	0,00	0,64	9,45
30/05/00	31,86	0,00	0,65	9,50
31/05/00	31,42	0,00	0,65	9,55
01/06/00	32,37	3,00	0,66	9,60

Quadro 1A, Cont.

Data	Umidade do Solo (%)	Precipitação (mm)	Kc	AS (%)
02/06/00	34,20	5,00	0,66	9,65
03/06/00	33,11	0,00	0,67	9,70
04/06/00	32,67	0,00	0,67	9,75
05/06/00	32,28	0,00	0,68	9,80
06/06/00	31,91	0,00	0,68	9,85
07/06/00	31,53	0,00	0,69	9,90
08/06/00	31,15	0,00	0,69	9,95
09/06/00	32,47	0,00	0,70	10,00
10/06/00	32,03	0,00	0,70	10,20
11/06/00	31,63	0,00	0,70	10,40
12/06/00	31,19	0,00	0,70	10,60
13/06/00	30,76	0,00	0,70	10,80
14/06/00	30,33	0,00	0,71	11,00
15/06/00	29,91	0,00	0,71	11,20
16/06/00	31,24	0,00	0,71	11,40
17/06/00	30,81	0,00	0,71	11,60
18/06/00	30,37	0,00	0,71	11,80
19/06/00	29,94	0,00	0,71	12,00
20/06/00	29,52	0,00	0,71	12,20
21/06/00	29,12	0,00	0,71	12,40
22/06/00	28,76	0,00	0,71	12,60
23/06/00	30,12	0,00	0,72	12,80
24/06/00	29,73	0,00	0,72	13,00
25/06/00	29,28	0,00	0,72	13,20
26/06/00	28,81	0,00	0,72	13,40
27/06/00	28,35	0,00	0,72	13,60
28/06/00	27,94	0,00	0,72	13,80
29/06/00	27,54	0,00	0,72	14,00
30/06/00	28,88	0,00	0,72	14,20
01/07/00	33,98	0,00	0,72	14,40
02/07/00	33,75	0,00	0,73	14,60
03/07/00	33,53	0,00	0,73	14,80
04/07/00	34,20	0,00	0,73	15,00
05/07/00	33,97	0,00	0,73	15,20
06/07/00	33,74	0,00	0,73	15,40
07/07/00	33,52	0,00	0,73	15,60
08/07/00	33,29	0,00	0,73	15,80
09/07/00	33,06	0,00	0,73	16,00
10/07/00	32,84	0,00	0,73	16,20
11/07/00	33,67	0,00	0,74	16,40
12/07/00	33,43	0,00	0,74	16,60
13/07/00	33,20	0,00	0,74	16,80
14/07/00	33,57	0,00	0,74	17,00
15/07/00	33,33	0,00	0,74	17,20
16/07/00	33,09	0,00	0,74	17,40

Quadro 1A, Cont.

Data	Umidade do Solo (%)	Precipitação (mm)	Kc	AS (%)
17/07/00	32,85	0,00	0,74	17,60
18/07/00	32,60	0,00	0,74	17,80
19/07/00	32,36	0,00	0,74	18,00
20/07/00	32,12	0,00	0,75	18,20
21/07/00	33,01	0,00	0,75	18,40
22/07/00	32,76	0,00	0,75	18,60
23/07/00	32,51	0,00	0,75	18,80
24/07/00	32,25	0,00	0,75	19,00
25/07/00	32,76	0,00	0,75	19,20
26/07/00	32,49	0,00	0,75	19,40
27/07/00	32,23	0,00	0,75	19,60
28/07/00	32,74	0,00	0,75	19,80
29/07/00	32,47	0,00	0,76	20,00
30/07/00	32,19	0,00	0,76	20,20
31/07/00	31,92	0,00	0,76	20,40
01/08/00	32,81	0,00	0,76	20,60
02/08/00	32,53	0,00	0,76	20,80
03/08/00	32,24	0,00	0,76	21,00
04/08/00	34,20	9,00	0,76	21,20
05/08/00	33,55	0,00	0,76	21,40
06/08/00	33,36	0,20	0,76	21,60
07/08/00	33,15	0,20	0,77	21,80
08/08/00	33,14	0,00	0,77	22,00
09/08/00	32,82	0,00	0,77	22,20
10/08/00	32,58	0,20	0,77	22,40
11/08/00	33,32	0,00	0,77	22,60
12/08/00	33,00	0,00	0,77	22,80
13/08/00	32,70	0,00	0,77	23,00
14/08/00	32,39	0,00	0,77	23,20
15/08/00	32,18	0,20	0,77	23,40
16/08/00	32,51	0,00	0,78	23,60
17/08/00	32,16	0,00	0,78	23,80
18/08/00	33,65	1,60	0,78	24,00
19/08/00	33,36	0,20	0,78	24,20
20/08/00	32,99	0,00	0,78	24,40
21/08/00	32,73	0,20	0,78	24,60
22/08/00	32,43	0,20	0,78	24,80
23/08/00	33,75	0,00	0,78	25,00
24/08/00	33,32	0,00	0,78	25,20
25/08/00	32,97	0,20	0,79	25,40
26/08/00	32,48	0,00	0,79	25,60
27/08/00	32,00	0,00	0,79	25,80
28/08/00	34,20	23,80	0,79	26,00
29/08/00	34,20	9,20	0,79	26,20
30/08/00	33,18	0,00	0,79	26,40

Quadro 1A, Cont.

Data	Umidade do Solo (%)	Precipitação (mm)	Kc	AS (%)
31/08/00	32,81	0,00	0,79	26,60
01/09/00	32,51	0,20	0,79	26,80
02/09/00	34,20	33,00	0,79	27,00
03/09/00	34,20	11,80	0,80	27,20
04/09/00	33,52	0,60	0,80	27,40
05/09/00	33,14	0,00	0,80	27,60
06/09/00	34,20	12,00	0,80	27,80
07/09/00	33,40	0,20	0,80	28,00
08/09/00	33,18	0,40	0,80	28,00
09/09/00	33,12	0,80	0,80	28,00
10/09/00	32,79	0,20	0,80	28,00
11/09/00	32,46	0,20	0,80	28,00
12/09/00	32,07	0,00	0,80	28,00
13/09/00	32,99	0,00	0,80	28,00
14/09/00	33,94	3,00	0,80	28,00
15/09/00	33,44	0,00	0,80	28,00
16/09/00	33,00	0,20	0,80	28,00
17/09/00	34,20	4,80	0,80	28,00
18/09/00	34,20	0,00	0,80	28,00
19/09/00	33,67	0,00	0,80	28,00
20/09/00	33,29	0,20	0,80	28,00
21/09/00	33,70	0,00	0,80	28,00
22/09/00	33,32	0,20	0,80	28,00
23/09/00	32,87	0,00	0,80	28,00
24/09/00	32,42	0,00	0,80	28,00
25/09/00	33,64	0,00	0,80	28,00
26/09/00	34,20	17,00	0,80	28,00
27/09/00	33,21	0,20	0,80	28,00
28/09/00	32,79	0,00	0,80	28,00
29/09/00	32,33	0,00	0,80	28,00
30/09/00	32,01	0,20	0,80	28,00
01/10/00	31,66	0,20	0,80	28,00
02/10/00	32,81	0,00	0,80	28,00
03/10/00	32,27	0,00	0,80	28,00
04/10/00	31,85	0,20	0,80	28,00
05/10/00	34,20	17,80	0,80	28,00
06/10/00	33,52	1,20	0,80	28,00
07/10/00	34,20	3,40	0,80	28,00
08/10/00	33,67	0,00	0,80	28,00
09/10/00	33,18	0,00	0,80	28,00
10/10/00	33,43	0,20	0,80	28,00
11/10/00	33,00	0,20	0,80	28,00
12/10/00	32,54	0,20	0,80	28,00
13/10/00	32,05	0,00	0,80	28,00
14/10/00	33,48	0,00	0,80	28,00

Quadro 1A, Cont.

Data	Umidade do Solo (%)	Precipitação (mm)	Kc	AS (%)
15/10/00	32,97	0,00	0,80	28,00
16/10/00	32,40	0,00	0,80	28,00
17/10/00	33,27	0,00	0,80	28,00
18/10/00	32,71	0,00	0,80	28,00
19/10/00	32,15	0,00	0,80	28,00
20/10/00	33,42	0,00	0,80	28,00
21/10/00	34,20	4,00	0,80	28,00
22/10/00	33,60	0,00	0,80	28,00
23/10/00	33,03	0,00	0,80	28,00
24/10/00	34,20	0,00	0,80	28,00
25/10/00	33,60	0,00	0,80	28,00
26/10/00	32,98	0,00	0,80	28,00
27/10/00	34,20	0,00	0,80	28,00
28/10/00	33,55	0,00	0,80	28,00
29/10/00	34,20	29,60	0,80	28,00
30/10/00	34,20	12,40	0,80	28,00
31/10/00	33,18	0,20	0,80	28,00
01/11/00	32,71	0,00	0,80	28,00
02/11/00	32,24	0,00	0,80	28,00
03/11/00	31,73	0,00	0,80	28,00
04/11/00	34,20	10,20	0,80	28,00
05/11/00	33,22	1,40	0,80	28,00
06/11/00	33,40	1,80	0,80	28,00
07/11/00	34,20	18,00	0,80	28,00
08/11/00	34,20	12,00	0,80	28,00
09/11/00	32,79	0,00	0,80	28,00
10/11/00	32,31	0,00	0,80	28,00
11/11/00	31,78	0,00	0,80	28,00
12/11/00	31,28	0,00	0,80	28,00
13/11/00	31,23	1,00	0,80	28,00
14/11/00	32,68	4,40	0,80	28,00
15/11/00	34,20	60,00	0,80	28,00
16/11/00	33,47	1,00	0,80	28,00
17/11/00	34,20	5,00	0,80	28,00
18/11/00	34,20	31,80	0,80	28,00
19/11/00	32,94	0,00	0,80	28,00
20/11/00	34,20	12,80	0,80	28,00
21/11/00	32,95	0,20	0,80	28,00
22/11/00	32,44	0,00	0,80	28,00
23/11/00	34,20	23,60	0,80	28,00
24/11/00	34,10	3,20	0,80	28,00
25/11/00	33,59	0,20	0,80	28,00
26/11/00	34,20	3,00	0,80	28,00
27/11/00	34,20	30,80	0,80	28,00
28/11/00	33,63	1,80	0,80	28,00

Quadro 1A, Cont.

Data	Umidade do Solo (%)	Precipitação (mm)	Kc	AS (%)
29/11/00	33,37	0,80	0,80	28,00
30/11/00	34,20	9,00	0,80	28,00
01/12/00	34,20	48,00	0,80	28,00
02/12/00	34,20	23,40	0,80	28,00
03/12/00	32,71	0,00	0,80	28,00
04/12/00	32,16	0,00	0,80	28,00
05/12/00	34,20	8,40	0,80	28,00
06/12/00	34,20	43,80	0,80	28,00
07/12/00	32,64	0,00	0,80	28,00
08/12/00	32,05	0,00	0,80	28,00
09/12/00	31,52	0,00	0,80	28,00
10/12/00	30,95	0,00	0,80	28,00
11/12/00	33,34	6,50	0,80	28,00
12/12/00	31,90	0,00	0,80	28,00
13/12/00	31,29	0,00	0,80	28,00
14/12/00	30,75	0,00	0,80	28,00
15/12/00	30,21	0,00	0,80	28,00
16/12/00	29,65	0,00	0,80	28,00
17/12/00	29,09	0,00	0,80	28,00
18/12/00	34,20	40,50	0,80	28,00
19/12/00	34,06	3,20	0,80	28,00
20/12/00	33,44	0,00	0,80	28,00
21/12/00	32,81	0,00	0,80	28,00
22/12/00	32,22	0,00	0,80	28,00
23/12/00	34,20	25,60	0,80	28,00
24/12/00	32,81	0,00	0,80	28,00
25/12/00	32,24	0,00	0,80	28,00
26/12/00	31,70	0,00	0,80	28,00
27/12/00	31,17	0,00	0,80	28,00
28/12/00	30,60	0,00	0,80	28,00
29/12/00	34,20	23,40	0,80	28,00
30/12/00	34,20	22,20	0,80	28,00
31/12/00	34,20	3,80	0,80	28,00
01/01/01	34,20	39,80	0,80	28,00
02/01/01	34,20	43,00	0,80	28,00
03/01/01	34,20	64,00	0,80	28,00
04/01/01	32,72	0,00	0,80	28,00
05/01/01	32,08	0,00	0,80	28,00
06/01/01	31,48	0,00	0,80	28,00
07/01/01	30,86	0,00	0,80	28,00
08/01/01	30,23	0,00	0,80	28,00
09/01/01	29,68	0,00	0,80	28,00
10/01/01	29,16	0,00	0,80	28,00
11/01/01	28,65	0,00	0,80	28,00
12/01/01	34,20	19,60	0,80	28,00

Quadro 1A, Cont.

Data	Umidade do Solo (%)	Precipitação (mm)	Kc	AS (%)
13/01/01	34,20	6,40	0,80	28,00
14/01/01	32,56	0,00	0,80	28,00
15/01/01	31,88	0,00	0,80	28,00
16/01/01	33,83	5,60	0,80	28,00
17/01/01	32,15	0,00	0,80	28,00
18/01/01	31,50	0,00	0,80	28,00
19/01/01	30,90	0,00	0,80	28,00
20/01/01	31,00	1,60	0,80	28,00
21/01/01	32,14	4,00	0,80	28,00
22/01/01	31,46	0,00	0,80	28,00
23/01/01	34,20	13,00	0,80	28,00
24/01/01	32,53	0,06	0,80	28,00
25/01/01	31,84	0,00	0,80	28,00
26/01/01	33,06	0,00	0,80	28,00
27/01/01	32,37	0,00	0,80	28,00
28/01/01	34,20	31,80	0,80	28,00
29/01/01	32,49	0,20	0,80	28,00
30/01/01	31,75	0,00	0,80	28,00
31/01/01	32,65	0,00	0,80	28,00
01/02/01	31,95	0,00	0,80	28,00
02/02/01	34,07	3,40	0,80	28,00
03/02/01	34,20	9,80	0,80	28,00
04/02/01	32,51	0,20	0,80	28,00
05/02/01	34,20	65,00	0,80	28,00
06/02/01	34,13	3,40	0,80	28,00
07/02/01	34,20	51,00	0,80	28,00
08/02/01	34,20	15,80	0,80	28,00
09/02/01	32,43	0,20	0,80	28,00
10/02/01	31,76	0,00	0,80	28,00
11/02/01	31,10	0,00	0,80	28,00
12/02/01	30,47	0,00	0,80	28,00
13/02/01	31,44	0,00	0,80	28,00
14/02/01	30,83	0,06	0,80	28,00
15/02/01	30,20	0,00	0,80	28,00
16/02/01	31,17	0,00	0,80	28,00
17/02/01	30,50	0,00	0,80	28,00
18/02/01	29,85	0,00	0,80	28,00
19/02/01	29,28	0,00	0,80	28,00
20/02/01	30,39	0,20	0,80	28,00
21/02/01	29,88	0,20	0,80	28,00
22/02/01	29,30	0,00	0,80	28,00
23/02/01	30,45	0,00	0,80	28,00
24/02/01	30,81	2,00	0,80	28,00
25/02/01	30,23	0,00	0,80	28,00
26/02/01	29,69	0,00	0,80	28,00

Quadro 1A, Cont.

Data	Umidade do Solo (%)	Precipitação (mm)	Kc	AS (%)
27/02/01	31,04	0,00	0,80	28,00
28/02/01	30,45	0,00	0,80	28,00
01/03/01	29,86	0,00	0,80	28,00
02/03/01	31,04	0,00	0,80	28,00
03/03/01	30,42	0,00	0,80	28,00
04/03/01	29,84	0,00	0,80	28,00
05/03/01	30,18	2,00	0,80	28,00
06/03/01	29,79	0,40	0,80	28,00
07/03/01	29,39	0,40	0,80	28,00
08/03/01	34,20	31,60	0,80	28,00
09/03/01	34,20	11,40	0,80	28,00
10/03/01	34,20	25,20	0,80	28,00
11/03/01	34,20	16,20	0,80	28,00
12/03/01	34,20	13,20	0,80	28,00
13/03/01	32,74	0,20	0,80	28,00
14/03/01	32,39	0,60	0,80	28,00
15/03/01	31,82	0,00	0,80	28,00
16/03/01	31,26	0,00	0,80	28,00
17/03/01	30,92	0,40	0,80	28,00
18/03/01	30,51	0,20	0,80	28,00
19/03/01	30,99	2,20	0,80	28,00
20/03/01	30,64	0,40	0,80	28,00
21/03/01	30,20	0,20	0,80	28,00
22/03/01	29,71	0,00	0,80	28,00
23/03/01	29,31	0,20	0,80	28,00
24/03/01	28,90	0,20	0,80	28,00
25/03/01	28,51	0,20	0,80	28,00
26/03/01	29,05	0,00	0,80	28,00
27/03/01	28,75	0,40	0,80	28,00
28/03/01	29,26	0,00	0,80	28,00
29/03/01	28,79	0,00	0,80	28,00
30/03/01	29,84	0,00	0,80	28,00
31/03/01	32,70	7,20	0,80	28,00
01/04/01	31,56	0,20	0,80	28,00
02/04/01	32,18	0,20	0,80	28,00
03/04/01	31,80	0,20	0,80	28,00
04/04/01	31,40	0,20	0,80	28,00
05/04/01	31,00	0,20	0,80	28,00
06/04/01	31,52	0,00	0,80	28,00
07/04/01	31,12	0,20	0,80	28,00
08/04/01	30,64	0,00	0,80	28,00
09/04/01	30,16	0,00	0,80	28,00
10/04/01	29,72	0,00	0,80	28,00
11/04/01	31,63	0,00	0,80	28,00
12/04/01	31,72	1,10	0,80	28,00

Quadro 1A, Cont.

Data	Umidade do Solo (%)	Precipitação (mm)	Kc	AS (%)
13/04/01	31,30	0,00	0,80	28,00
14/04/01	30,88	0,00	0,80	28,00
15/04/01	30,49	0,00	0,80	28,00
16/04/01	34,20	11,60	0,80	28,00
17/04/01	33,14	0,00	0,80	28,00
18/04/01	32,71	0,00	0,80	28,00
19/04/01	32,29	0,00	0,80	28,00
20/04/01	33,09	0,00	0,80	28,00
21/04/01	32,63	0,00	0,80	28,00
22/04/01	32,21	0,00	0,80	28,00
23/04/01	33,34	0,00	0,80	28,00
24/04/01	32,90	0,00	0,80	28,00
25/04/01	34,04	0,00	0,80	28,00

APÊNDICE B

Quadro 1B – Características químicas do solo da área experimental

Características ⁽¹⁾						
Profundidade (cm)	pH ⁽²⁾	M. O (%)	Al	H + Al	Ca	Mg
Cmolc/dm ³						
0 – 20	5,5	0,0	0,1	4,8	3,1	1,1
20 – 40	5,9	0,0	0,0	3	2,8	1,2
Profundidade (cm)	P ⁽³⁾	K	Na	SB	CTC (t)	CTC
Mg/dm ³						
0 – 20	5,9	104	14	4,5	4,6	9,3
20 – 40	0,6	22	12	4,1	4,1	7,0
Profundidade (cm)	V	Cu	S	Fe	Zn	Mn
Mg/dm ³						
0 – 20	48,4	1,6	0,0	26,20	6,7	14,6
20 – 40	57,8	1,2	0,0	47,30	2,0	3,9

⁽⁴⁾ Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da UFV.

⁽⁵⁾ pH em H₂O (1:25).

⁽⁶⁾ Fósforo extraído pelo Mehlich-1.

Quadro 2B – Características físico-hídricas do solo da área experimental

Sub Área	Profundidade (cm)	Granulometria (%)			Teor de H ₂ O (% em Peso)		Massa Específica ⁽³⁾ (g, cm ⁻³)
		Areia	Silte	Argila	CC ⁽¹⁾	PM ⁽²⁾	
1	0 – 40	45	17	38	35	22	1,24
2	0 – 40	45	17	38	34,2	19,8	1,24
3	0 – 40	42	16	42	44,6	28,7	1,25

⁽¹⁾ Determinado em laboratório a uma tensão de -0,3 bar.

⁽²⁾ Determinado em laboratório a uma tensão de -15 bar.

⁽³⁾ Determinada a partir de amostras coletadas em cilindros Uhland.

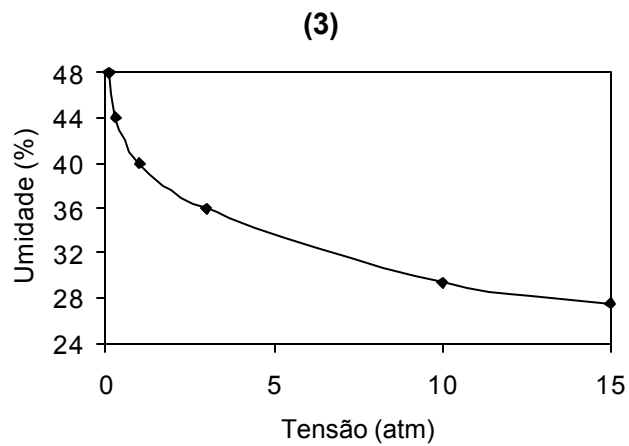
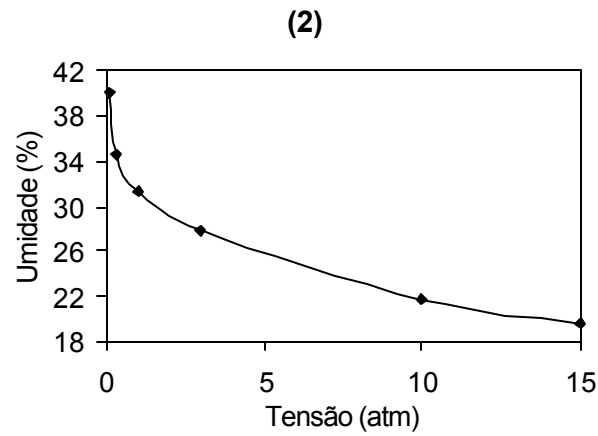
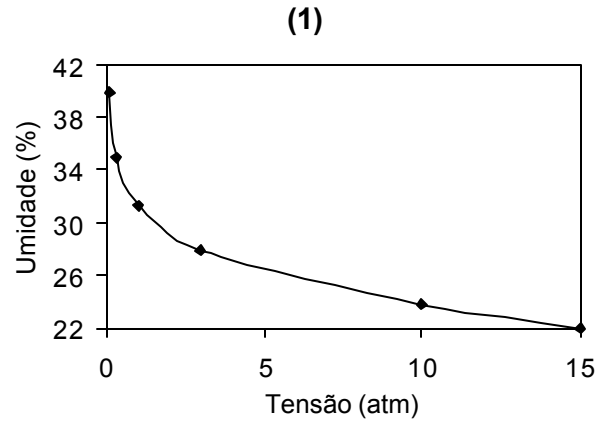


Figura 1B – Apresentação, por bloco experimental (1), (2) e (3), das curvas características de retenção de água no solo obtidas na área experimental para a profundidade de 0 – 40 cm.

Quadro 3B – Dados médios mensais de temperatura média do ar (T_{med}), umidade relativa (UR), precipitação (Prec.) e evapotranspiração potencial de referência (ETo) estimada pelo método de Hargreaves – Samani

Dados*				
Mês	T_{med} (°C) (1988 – 1995)	UR (%) (1988 – 1995)	Precipitação (mm) (1970 – 1995)	ETo (mm/dia) (1988 – 1995)
Janeiro	27,6	86,9	233,7	7,06
Fevereiro	27,8	86,3	124,4	6,77
Março	27,3	86,3	148	5,65
Abril	25,4	85,5	82	4,78
Maio	23,3	86,6	40,2	3,80
Junho	20,7	86,1	22,7	3,44
Julho	20,6	85,4	22,4	3,87
Agosto	21,9	85,4	16,5	4,75
Setembro	23,9	84,9	63,4	5,06
Outubro	24,9	87,5	113,7	5,91
Novembro	25,5	88,7	206,8	6,55
Dezembro	26,7	86,1	206,8	6,99

* Dados obtidos de abrigo meteorológico.

Quadro 4B – Dados médios mensais de temperatura média do ar (T_{med}), umidade relativa (UR), precipitação (Prec.) e evapotranspiração potencial de referência (ETo) estimada pelo método de Penman – Monteith, ocorridas durante a condução do experimento no ano de 2000

Valores de Dados do Ano de 2000				
Mês	T_{med} (°C)	UR (%)	Precipitação (mm)	ETo (mm/dia)
Janeiro ¹	26,90	87,20	229,60	6,30
Fevereiro ¹	28,04	85,90	151,80	6,70
Março ¹	26,77	85,29	168,00	5,59
Abril ¹	25,90	87,00	73,00	5,12
Maio ¹	23,00	84,30	13,00	3,95
Junho ¹	21,38	83,40	8,00	3,67
Julho ²	18,30	85,80	17,00	2,90
Agosto ²	19,90	80,50	45,20	3,54
Setembro ²	21,88	86,45	85,20	4,58
Outubro ²	25,62	78,80	69,60	5,76
Novembro ²	24,80	90,60	252,20	6,20
Dezembro ²	26,27	88,50	248,80	6,16

¹ Dados obtidos de abrigo meteorológico.

² Dados obtidos de estação meteorológica automática.

Quadro 5B – Características químicas da amostra de solo da área experimental, em agosto de 2000

Características⁽¹⁾						
Profundidade (cm)	pH⁽²⁾	M.O (%)	Al	H + Al	Ca	Mg
			Cmolc/dm³			
0 – 20	5,5	2,8	0,0	3,5	6,0	1,5
20 – 40	5,8	1,46	0,0	2,6	5,0	1,3
Profundidade (cm)	P⁽³⁾	K	Na	SB	CTC (t)	CTC
		Mg/dm³				
0 – 20	115	300	14	8,27	8,27	11,77
20 – 40	99	260	12	6,7	6,96	9,56
Profundidade (cm)	V	Cu	S	Fe	Zn	Mn
		Mg/dm³				
0 – 20	70	2,6	0,0	98,5	14	96,7
20 – 40	73	2,4	0,0	94	7,8	49,7

⁽¹⁾ Análises realizadas no Laboratório de Análises do Solo de Viçosa Ltda.

⁽²⁾ pH em H₂O (1:25).

⁽³⁾ Fósforo extraído pelo Mehlich-1.

Quadro 6B – Atividades desenvolvidas no experimento de maracujazeiro amarelo em área de 0,5 hectare

Atividades	Quant.	Unid.	Realização
1) Preparo de Solo	08	-	Janeiro
Aração e Gradagem	08	Hora/máq.	Janeiro
2) Plantio	86	-	Março
Marcação das covas	04	Horas	Fevereiro
Coveamento	02	Hora/máq.	Fevereiro
Adubação de fundação	08	Horas	Fevereiro
Plantio	12	Horas	Março
Espaldeiramento	60	Horas	Abril
3) Tratos Culturais	164	-	-
Trator c/ enxada rotativa (capinas)	24	Hora/máq.	Março. a maio
Aplicação de defensivos	30	Horas	Mensal
Adubação de cobertura	40	Horas	Mensal
Coroamento	20	Horas	Abril a junho
Tutoramento com barbante	6	Horas	Maio
Polinização artificial	4	Hora/dia	A partir de setembro
Poda de condução/formação	40	Horas	A partir de maio
4) Colheita	200	-	-
Colheita, Seleção e Classificação	200	Horas	A Partir de Novembro
5) Insumos	-	-	-
Mudas	300	Plantas	-
Esterco de ave	1,2	Tonelada	-
Defensivos	05	Litros	-
Herbicida	10	Litros	-
Arame liso nº 12	1.000	Metros	-
Sacolas de colheita	300	Sacos	-
Mourões de 2,6 m	250	Estacas	-
Barbante	700	Metros	-
Arame e prego	05	Quilos	-



Figura 2B – Tomada de pressão de serviço (PS) do sistema e registro globo.



Figura 3B – Componentes (motobomba e componentes de filtragem) do sistema de irrigação utilizados na condução do experimento de maracujazeiro amarelo.

Quadro 7B – Planilha para o cálculo dos custos de irrigação do sistema

◆ Características, por Setor, do Sistema de Irrigação	
Volume de água máximo, por planta, aplicado num turno de rega de 3 dias (litros)	84
Tempo de irrigação por setor (horas)	7,0
Número de setores	12
Número de plantas por setor	200
Vazão do setor (litros/hora)	2280
Potência instalada (cv)	1,5
◆ Custo de Energia e Preço do Fator Água	
Consumo do motor monofásico de 1,5 cv (kWh/h)	2,6
Quantidade aplicada por hora da irrigação (mm)	1,9
Consumo de energia por mm de água aplicado (kWh)	0,73
Preço do kWh (sem taxa de ICMS inclusa de 18%) referente ao custo da energia rural no mês de março de 2001 (R\$)	0,12
Custo do mm de água aplicado (R\$)	0,087
Demanda referente a 10% do consumo (R\$)	0,008
Custo total da energia por mm aplicado (R\$)	0,095
◆ Custo com Mão-de-Obra	
Necessidade de mão-de-obra (homem/dia)	1
Valor da diária rural de trabalho referente ao mês de março de 2001 (R\$)	0
Quantidade de água aplicada por dia de irrigação em quatro setores (mm)	7
Custo da mão-de-obra por mm de água aplicado (R\$)	0,18
Manutenção e reparos (10% do valor do custo da mão-de-obra) (R\$)	0,018
◆ Custo da Água por mm Aplicado (R\$)	
Custo total da energia por mm aplicado (R\$)	0,095
Custo da mão-de-obra por mm de água aplicado (R\$)	0,180
Manutenção e reparos (10% do valor do custo da mão-de-obra) (R\$)	0,018
Custo da água por mm aplicado em 1,5 hectare (R\$)	0,293
Custo da água por mm aplicado em 1,0 hectare (R\$)	0,195

Quadro 7B, Cont.

◆ Custo Fixo da Irrigação ou Valor de Investimento	
Preço médio de aquisição de um sistema de irrigação por gotejamento (R\$/ha)	2.000,00
◆ Custo Anual Fixo da Irrigação (CAF)	
Custo Anual Fixo (valor de resgate do equipamento adotando 10%) – (R\$/ha)	288,00

$$CAF = (C - R)FRC$$

em que

CAF = custo anual fixo, em R\$;

C = valor do investimento, em R\$;

R = valor de resgate do equipamento no final de sua vida útil (%); e

FRC = fator de recuperação do capital.

$$FRC = \frac{(1+i)^n i}{(1+i)^n - 1}$$

em que

i = taxa anual de juros, em decimal; e

n = vida útil do equipamento, em anos.

Adotaram-se uma taxa anual de juros de 10% e um valor de vida útil do sistema de 10 anos de utilização.

$$FRC = 0,16$$

$$CAF = 288 \text{ reais}$$

◆ Custo de Instalação e Manutenção da Cultura	
Custo de instalação da cultura (em R\$/ha)	4,250,00
Custo de manutenção da cultura (em R\$/ha)	1,250,00
Custo total (em R\$/há) para o 1º ano de produção	5,500,00

Fonte: Manual Orçamentário Agropecuário do Banco do Nordeste (CENOP-CDE/1997).

Quadro 8B – Resultados da análise de variância das variáveis produtividade, número de frutos totais (NFT), número de frutos tipo A (NFTA) e peso médio de frutos (PMF)

VARIÁVEL (PRODUTIVIDADE)				
Fonte de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	F
Lâminas (L)	4	666999100	166749775	10,21**
Nitrogênio (N)	3	122097400	40699133	2,49 ^{ns}
L x N	12	390798600	32566550	1,99 ^{ns}
Tratamentos Fatoriais	(19)	1179895100	62066742	
Fatoriais vs. Totais	1	248588900	248588900	15,22**
Tratamentos Totais	(20)	1428484000	71424200	
Blocos	2	-	-	
Resíduo	40	653138500	16328462,5	

VARIÁVEL (NÚMERO DE FRUTOS TOTAIS)				
Fonte de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	F
Lâminas (L)	4	12239160000	3059790000	4,12**
Nitrogênio (N)	3	3786784000	1262261333	1,70 ^{ns}
L x N	12	9743590000	811965833,3	1,09 ^{ns}
Tratamentos Fatoriais	(19)	25769534000	1356291263	
Fatoriais vs. Totais	1	1446956000	1446956000	1,95 ^{ns}
Tratamentos Totais	(20)	27216490000	1360824500	
Blocos	2	-	-	
Resíduo	40	29727980000	743199500	

VARIÁVEL (NÚMERO DE FRUTOS TIPO A)				
Fonte de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	F
Lâminas (L)	4	5376530000	1344132500	9,29**
Nitrogênio (N)	3	613803200	204601066,7	1,41 ^{ns}
L x N	12	3057276000	254773000	1,76 ^{ns}
Tratamentos Fatoriais	(19)	9047609200	476189957,9	
Fatoriais vs. Totais	1	204243800	204243800	1,41 ^{ns}
Tratamentos Totais	(20)	9251853000	462592650	
Blocos	2	-	-	
Resíduo	40	5788223000	144705575	

VARIÁVEL (PESO MÉDIO DE FRUTOS)				
Fonte de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	F
Lâminas (L)	4	8805,38	2201,6	1,39 ^{ns}
Nitrogênio (N)	3	9899,03	3299,6	2,08 ^{ns}
L x N	12	13543,96	1135,99	0,72 ^{ns}
Tratamentos Fatoriais	(19)	32349,37	1702,6	
Fatoriais vs. Totais	1	24591,82	24591,82	15,50**
Tratamentos Totais	(20)	56941,19	2847,06	
Blocos	2	-	-	
Resíduo	40	53474,13	1585,85	

Quadro 3 – Fases fenológicas do maracujazeiro amarelo, em dias e em graus-dia, nas condições edafoclimáticas locais

Fases Fenológicas da Cultura	Limites Observados em Campo das Fases Fenológicas da Cultura	Caracterização
	(Início)	Plantio (mudas com 60 dias)
Crescimento Vegetativo Inicial	(Término)	Lançamento dos primeiros vegetativos
	(Início)	
Crescimento Vegetativo Apical	(Término)	Alcance de aproximadamente de comprimento do ramo principal de condução
	(Início)	
Crescimento Vegetativo Lateral	(Término)	Formação dos ramos terciários
	(Início)	início da 1ª florada
Fase de Floração e Maturação de Frutos	(Término)	Poda de renovação dos terciários
Total