

LUIZ FABIANO PALARETTI

**ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO TOMATEIRO EM  
DOIS SISTEMAS DE CONDUÇÃO**

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2003

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

T

P154e  
2003

Palaretti, Luiz Fabiano, 1977-

Estimativa da evapotranspiração do tomateiro em dois sistemas de condução / Luiz Fabiano Palaretti. – Viçosa : UFV, 2003.

xi, 75f. : il. ; 28cm.

Inclui apêndice.

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

Referências bibliográficas: f. 62-72

1. Evapotranspiração. 2. Tomate - Irrigação. 3. Tomate - Espaçamento. 4. Tomate - Produtividade. 5. Tomate - Desenvolvimento. 6. Tomate - Fisiologia. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 20.ed. 630.2515

LUIZ FABIANO PALARETTI

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO TOMATEIRO EM  
DOIS SISTEMAS DE CONDUÇÃO

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

APROVADA EM: 22 de dezembro de 2003.

---

Prof. Derly José H. da Silva  
(conselheiro)

---

Prof. Paulo José Hamakawa

---

Prof. Luiz Cláudio Costa

---

Prof. Maurício B. Coelho

---

Prof. Everardo C. Mantovani  
(orientador)

A Deus, e aos bons espíritos pela luz na caminhada;  
Ao meu avô, Luiz Palaretti (“*in memoriam*”) e minha avó Ruth pela lição de vida e  
por se fazerem presentes;



**“Ainda que não possa marchar livremente com teu fardo, avança com ele pra frente, mesmo que seja um milímetro por dia”.**

(Emmanuel)

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Meteorologia Agrícola e Engenharia Agrícola pela oportunidade concedida;

À FAPEMIG, pela concessão da bolsa de estudos e pelo apoio financeiro;

Ao Professor e amigo Everardo Chartuni Mantovani por me receber e confiar em meu potencial conduzindo-me com destreza e sabedoria ao título de mestre e pelo sentimento de amizade e cumplicidade com que trata seus orientados;

Ao Professor Derly, pela paciência e por me acolher em seu ambiente de trabalho e conduzir-me ao êxito nesse meu objetivo;

Ao Professor Cecon, pela paciência e aconselhamentos durante o desenvolvimento do trabalho;

As empresas Agroshop, Sakata Seed Sudamerica, Kemira GrowHow Brasil, Ihara Brás e Petroisa, pelos insumos cedidos, pelo apoio técnico prestado e pelo respeito durante a execução do experimento de tese.

A todo o pessoal de campo da empresa Agrotech, pelo apoio na condução da lavoura, pela amizade e companheirismo ao longo da execução do experimento de tese.

Aos meus companheiros do grupo café e Gesai;

A minha mãe, Maria Tereza pelos dias de luta e sofrimento e pelo apoio em minhas decisões;

Aos meus irmãos, Ricardo, Vanessa, Veridiana e Franciele pelo amor e carinho dedicado;

Aos meus irmãos “Os Cavalos Deitados” (Rodrigão, Traia, Renatão, Ferreira, Carça, PH, Tele Junior, Daniel, Yuri, Igão, Brunão, Marcelão, Ildo, Brunelo, Rubiana, Tita); pela irmandade, pelas “cachaçadas”, companheirismo e fidelidade durante os anos;

Ao amigo e companheiro Tião Carreiro, pela inspiração e companhia nas noites em claro;

À todo o pessoal do laboratório de hidráulica e água do DEA, pelo empréstimo dos equipamentos e serviços prestados;

Aos meus amigos de república (Cristiano, Serginho, Luizinho, Costelinha, Marcius, Tibu, Tiago e Tarabau) pelo companheirismo e ajuda nas horas de necessidade;

Aos meus tios, Estanislau e Neuza, pela oportunidade concedida a mim que acarretou a conclusão de mais essa etapa em minha vida;

A todos os meus tios, tias e primos, por acreditarem e rezarem por mim;

Ao meu cunhado Marcio por, na minha ausência, fazer de minha família uma de suas responsabilidades;

Aos meus alunos da Eng 340 que aprendendo comigo e me fizeram aprender;

A família Oliveira Lima, por confiar em meus princípios e permitir que eu fizesse parte de sua história;

A todas as pessoas que fizeram parte da minha vida e contribuíram para a minha formação profissional e intelectual durante os anos em que estive na UFV cursando a graduação e o mestrado;

A uma pessoal especial para a qual a palavra “Obrigada” não expressa a minha gratidão e alegria de hoje ser um Mestre. Agradeço a você por isso, Pollyana.

## BIOGRAFIA

Luiz Fabiano Palaretti, filho de Maria Teresa Gomes Castanheira e Luiz Roberto Palaretti, nasceu em 20 de setembro de 1977 em Ribeirão Preto, Estado de São Paulo.

Iniciou o curso de Agronomia no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa – MG no ano de 1996, colando grau em agosto de 2001.

De agosto de 2001 a março de 2002 atuou como consultor técnico na área de projetos e manejo de irrigação, prestando assistência a diversas fazendas do ramo.

Em março de 2002 iniciou o curso de Pós-graduação em Meteorologia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em 23 de dezembro de 2003.

## ÍNDICE

	Página
<b>EXTRATO</b>	ix
<b>ABSTRACT</b>	xi
<b>1. INTRODUÇÃO.</b>	01
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b>	04
2.1. Cultivo de tomate em condições de campo	04
2.2. Distúrbios fisiológicos	06
2.2.1 Podridão apical do tomateiro	06
2.3. Sistema de condução da cultura	07
2.4. O uso de filmes plásticos na agricultura	08
2.5. Irrigação e necessidade hídrica da cultura do tomate em condições de campo	10
2.5.1. Estimativa da evapotranspiração da cultura (Etc)	13
2.5.2. Evapotranspiração da cultura ajustada em função da variação da umidade do solo (ks) e da forma de molhamento (kl)	15
2.5.3. Medição da evapotranspiração da cultura (Etc)	20
2.6. Técnicas de manejo de irrigação	22
2.6.1. Manejo de irrigação pelo método do balanço de água do solo utilizando o software IRRIGA juntamente com a estação meteorológica.	23
2.7. Determinação do tempo térmico (graus dias) das culturas	25
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	27
3.1 Caracterização da área e do ensaio experimental	27
3.2. Estimativa dos coeficientes de cultura	33
3.3. Determinação da lâmina de irrigação nas variedades Sheila e Débora em dois sistemas de condução cultivados no solo sob cobertura plástica.	35
3.4. Determinação do tempo térmico (graus dias) do tomateiro	36
3.5. Manejo de irrigação pelo método do balanço de água no solo utilizando o software IRRIGA em conjunto com a estação meteorológica.	37
3.6. Definição dos tratamentos	38
3.6.1. Detalhamento dos experimentos 1 e 2	38
3.6.2 Detalhamento do experimento 3	39
3.7. Avaliação do desenvolvimento vegetativo	40
3.8. Avaliação quantitativa e qualitativa da produção	40

<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>41</b>
4.1. Comportamento dos elementos climáticos durante o ciclo de desenvolvimento.	41
4.2. Necessidade hídrica da cultura do tomateiro	43
4.3. Avaliação das características das plantas	46
4.4. Graus dias	56
4.5. Valor do coeficiente de cultura (kc) determinado para o tomateiro em dois sistemas de cultivo.	56
4.6. Efeito da cobertura plástica no desenvolvimento da cultura.	58
<b>5. CONCLUSÕES</b>	<b>61</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>62</b>
<b>7. APÊNDICE</b>	<b>73</b>
7.1 Tabela de quantidade produzida de tomate para o Brasil, as regiões e as principais cidades produtoras.	73
7.2 Tabela da área plantada com tomate para o Brasil, as regiões e as principais cidades produtoras.	74
7.3. Dados climáticos para a região de Pará de Minas – MG nos meses de cultivo do experimento	75

## RESUMO

PALARETTI, Luiz Fabiano, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2003. **Estimativa da evapotranspiração do tomateiro em dois sistemas de condução**. Orientador: Everardo Chartuni Mantovani. Conselheiros: Paulo Roberto Cecon e Derly José Henriques da Silva.

Este trabalho foi desenvolvido na área experimental da empresa Agrotech, situada na cidade de Pará de Minas -MG, durante os meses de junho a novembro. A área experimental possui 2500 m<sup>2</sup> e foi cultivada com tomate. Foram transplantadas 1880 mudas de tomate da variedade Sheila e 1640 mudas da variedade Débora. O trabalho teve como objetivos o estudo da evapotranspiração e necessidades hídricas do tomateiro em condições de campo, utilizando-se dois sistemas de condução da cultura; Estudar a lâmina de irrigação nas variedades Sheila e Débora; Estudar a interferência da lâmina de irrigação na incidência do distúrbio fisiológico conhecido Podridão apical (“fundo preto”); Comparar dois sistemas de condução, em relação ao desenvolvimento e a produtividade: (1) espaçamento de 0,80 metros entre plantas, com duas hastes por planta; (2) espaçamento de 0,40 metros entre plantas com uma haste por planta; Determinar o coeficiente de cultura (Kc) para os sistemas de produção citados em condições de canteiros com e sem cobertura plástica; Determinar os valores de graus dias para a cultura do tomateiro. A lâmina de irrigação que proporcionou os melhores resultados de produtividade e uma menor incidência de podridão apical foi a de

696 mm para as duas variedades. A incidência de podridão apical foi maior na lâmina de 463 mm. Não houve interação significativa para a relação condução x lâmina aplicada. Observou-se um maior número de frutos totais, comerciais e não comerciais para o sistema de condução 1 em relação ao 2. Observou-se uma maior incidência de podridão apical no sistema de condução 1 em relação ao 2, fato explicado pela maior quantidade de frutos de um em relação a outro. O sistema de condução 2 apresenta frutos com maior peso em relação ao sistema de condução 1. Pode-se concluir que embora o sistema 2 apresente menos frutos que o sistema 1, a sua superioridade em relação a produtividade foi da ordem de 33 t/ha. Para adoção desse novo sistema de condução se faz necessário um estudo da relação custo benefício levando em conta um maior custo inicial com aquisição de mudas. O ciclo total da cultura foi de 148 dias, totalizando 1548 graus dias para essas condições de cultivo, considerando uma temperatura basal de 10° C. O software IRRIGA apresentou-se como uma excelente ferramenta para a realização do manejo da irrigação propiciando um rigoroso gerenciamento da quantidade de água a ser aplicada e o momento exato da aplicação. O efeito da cobertura do solo acarretou um aumento na demanda hídrica da cultura, no vigor vegetativo e no desenvolvimento das raízes. Percebeu-se também que o sistema de condução com 0,4 metros entre plantas com uma haste/planta teve uma maior demanda hídrica, fato que pode estar relacionado com o stand de plantas/ha. Os valores de Kc encontrados para o sistema de condução 0,8 metros entre plantas com duas hastes/planta para os canteiros com cobertura plástica foram de 0,75; 1,10; 1,15 e 0,86 e 0,53; 0,80; 1,08 e 0,73 para os canteiros sem cobertura nos respectivos estádios de desenvolvimento (floração, frutificação, colheita 1 e colheita 2). Os valores de Kc encontrados para o sistema de condução 0,4 metros entre plantas com uma haste/planta para os canteiros sem cobertura plástica foram de 0,80; 1,05; 1,12 e 0,85 e 0,92; 1,17; 1,22 e 1,03 para os canteiros com cobertura plástica.

## ABSTRACT

PALARETTI, Luiz Fabiano, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December of 2003. **Estimative of the evapotranspiration of the tomato plant in two conduction systems.** Adviser: Everardo Chartuni Mantovani. Committee Members: Paulo Roberto Cecon and Derly José Henriques da Silva.

This work was developed in the experimental area of the company Agrotech, located in the city of Pará de Minas - MG, during the months of June to November year 2003. The experimental area has 2500 m<sup>2</sup> and it was cultivated with tomato. 1880 seedlings of tomato of the variety Sheila were transplanted and 1640 seedlings of the variety Débora. The work had as objectives the study of the evapotranspiration and water needs of the tomato plant in field conditions, using two conduction systems of the culture; To study the irrigation lamina in the varieties Sheila and Débora; To study the interference of the irrigation lamina in the incidence of the disturbance known physiologic blossom-end rot a ("black bottom"); to Compare two conduction systems, in relation to the development and the productivity: (1) spacing of 0,80 meters between plants, with two stems for plant; (2) spacing of 0,40 meters among plants with one stem for plant; To determine the culture coefficient (kc) for the production systems mentioned in conditions of bedding with and without mulching; To determinate the values of degrees days for the culture of the tomato. The irrigation lamina that provided the best productivity results and a smaller incidence of blossom-end rot was the one of 696 mm for the two varieties. The incidence of blossom-end rot was larger in the lamina of 463

mm. There was not significant interaction for the relationship conduction x applied lamina. Was observed a larger total number of fruits, commercial and not commercial for the system of conduction 1 in comparatively to the 2. A larger incidence of blossom-end rot was observed in the system of conduction 1 in relation to the 2, fact explained by the largest amount of fruits of one in relation to other. The system of conduction 2 presents fruits with larger weight in relation to the system of conduction 1. It can be concluded that although the system 2 presents less fruits than the system 1, its superiority in relation to productivity was of the order of 33 t/ha. To adoption of that new conduction system is made necessary a study of the relationship cost by benefits taking into account a larger initial cost with acquisition of seedlings. The total cycle of the culture was of 148 days, totaling 1548 degrees days for those cultivation conditions, considering a basal temperature of 10° C. The software IRRIGA came as an excellent tool for the policy of the irrigation, providing a rigorous administration of the amount of water to be applied and the exact moment of the application. The effect of the covering of the soil brought an increase in the demand hídrica of the culture, in the vegetative vitality and in the development of the roots. It was also noticed that the transport system with 0.4 meters between plants with one stem/plant had a larger water demand, fact that can be related with the number of plants/ha. The values of kc found for the system of conduction 0,8 meters between plants with two stem/plant for the beding with mulching were of 0,75; 1,10; 1,15 and 0,86 and 0,53; 0,80; 1,08 and 0,73 for the beding without covering in the respective development stadiums (flowering, fructification, harvest 1 and harvest 2). The values of kc found for the system of conduction 0,4 meters between plants with a stems/plant for the beding without mulching were of 0,80; 1,05; 1,12 and 0,85 and 0,92; 1,17; 1,22 and 1,03 for the beding with mulching.

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novos equipamentos, a adoção de novas modalidades de cultivo e de novas estratégias de manejo das culturas, se faz necessárias para o êxito no processo produtivo.

Novas tecnologias são desenvolvidas e sua implantação na agricultura tem como principal finalidade a busca de respostas ao desafio de produzir alimentos de maneira competitiva e sustentável, elevando a produtividade e qualidade dos produtos, aumentando a lucratividade com o mínimo de impacto ao meio ambiente.

Dentre os diversos insumos utilizados na agricultura, a água aplicada por meio de sistemas de irrigação, tem sido um fator decisivo para o aumento da produtividade. Em função da limitação na disponibilidade e escassez de água em muitas regiões, a sustentabilidade deste sistema de produção exige a otimização do uso da água, adotando-se um manejo adequado e racional, sendo necessárias medidas tanto fora como no âmbito da propriedade.

As ações fora da propriedade cabem aos comitês de bacias e aos órgãos governamentais que regulamentam o uso dos recursos hídricos seguindo as diretrizes da lei nacional de recursos hídricos (Lei 9433/97). No âmbito da propriedade as ações devem permitir a otimização do seu uso através do manejo racional no dia a dia, implantando-se sistemas de decisão que permitam otimizar a produtividade sem o uso perdulário dos recursos hídricos.

Na adoção de um sistema de produção irrigado bem como na implantação do sistema de manejo, é importante considerar aspectos técnicos e operacionais, levando-se em conta as diversidades e possibilidades específicas das lavouras irrigadas. Assim, estudos destinados a investigar a influência do microclima na prática de irrigação e da condução das lavouras são cada vez mais indispensáveis no sucesso da atividade agrícola.

A produção de olerícolas no Brasil vem crescendo anualmente, expandindo não só em termos de área, mas também em produtividade. São plantas com grande possibilidade de agregação de valores permitindo atingir mercados distintos, definidos, geralmente, pela qualidade do produto.

Existem diversos tipos de sistemas de produção para as olerícolas, em ambientes controlados ou no campo, no solo ou soluções hidropônicas, em canteiros descobertos ou com cobertura.

Dentre as hortaliças cultivadas no Brasil, o tomate é a segunda de maior importância socioeconômica, sendo superada apenas pela batata. A área plantada é de aproximadamente 62 mil hectares, com produção de 3,6 milhões de toneladas, sendo plantado no país inteiro. As áreas tradicionais de plantio, em ordem decrescente de produção são GO, SP, MG, BA, PE, PR, RJ, SC, ES, CE e MS (Fonte: IBGE - Produção Agrícola Municipal, 2002),

O tomateiro é uma planta herbácea, cultivada em todo o mundo. Os cultivares comerciais mais produtivos alcançam 140 t/ha com um ciclo de 120 a 180 dias. O fruto é constituído por 93 a 95% de água sendo uma das olerícolas mais sensíveis a estresses por excesso ou déficit de água, necessitando, na maioria das vezes, da utilização de sistemas de irrigação. Pequenas falhas no fornecimento de água para a cultura poderá causar significativa redução de produtividade e conseqüentemente na rentabilidade.

Para o controle da quantidade de água a ser aplicada se faz necessária a implementação de um sistema de manejo de irrigação, que possibilite a aplicação da quantidade de água certa e na hora certa.

Outro problema encontrado nas lavouras de tomate e que está indiretamente ligado à disponibilidade de água para a planta é o aparecimento do distúrbio fisiológico conhecido como fundo prETo (“podridão apical”) que tem sua ocorrência atribuída à falta de cálcio nos tecidos da planta. Essa disponibilidade de cálcio é afetada diretamente pela quantidade de água, devido esta ser o seu veículo de translocamento.

O trabalho teve como objetivos gerais o estudo da evapotranspiração e necessidades hídricas do tomateiro em condições de campo, utilizando-se diferentes sistemas de condução da cultura.

Com objetivos específicos

(a) Estudar a lâmina de irrigação nas variedades Sheila e Débora; (b) Estudar a interferência da lâmina de irrigação na incidência do distúrbio fisiológico conhecido Podridão apical (“fundo prETo”); (c) Comparar dois sistemas de condução, em relação ao desenvolvimento e a produtividade: (1) espaçamento de 0,80 metros entre plantas, com duas hastes por planta; (2) espaçamento de 0,40

metros entre plantas com uma haste por planta; Avaliar o coeficiente de cultura ( $K_c$ ) para os sistemas de produção citados em condições de canteiros com e sem cobertura plástica; Determinar os valores de graus dias para a cultura do tomateiro.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Cultivo de tomate em condições de campo

No cultivo em campo a lavoura está exposta a todo o momento às variações do ambiente. A interferência dos fatores climáticos é expressiva no que diz respeito ao requerimento de água pela planta, pois é a combinação desses fatores que vão definir a taxa evapotranspirométrica da cultura.

Segundo DAVIES & ROBSON, 1981 e DORAIS et.al., 2001, a qualidade do fruto do tomateiro é determinada geneticamente e pode sofrer influência do ambiente de cultivo em função, principalmente, da luminosidade, temperatura e umidade do ar.

Segundo LOPES & STRIPARI, (1998) o tomateiro é uma planta de clima tropical de altitude podendo adaptar-se a quase todos os tipos de clima. A faixa de temperatura ideal para o seu desenvolvimento é de 18 a 25 °C. HEUVELINK, (1995) cita a temperatura como o fator mais importante, para a cultura do tomateiro, pois afeta a habilidade dos órgãos da planta em competir por fotoassimilados e controla a velocidade das reações químicas na planta. Ainda atua promovendo o aumento da atividade metabólica do fruto, da importação de carbono e água resultando na expansão e aumento da sua massa (COCKSUSHULL, 1992 e WALKER & HO, 1977). A temperatura é importante para o crescimento vegetativo da cultura como um todo. Na fase reprodutiva, a temperatura está intrinsecamente ligada ao florescimento, quantidade de pólen produzida, polinização, fixação e pegamento de frutos, produção de sementes, tamanho, concentração de sólidos solúveis (sabor) e coloração dos frutos (LOPES & STRIPARI, 1998).

A elevação da temperatura promove, ainda, a aceleração no crescimento das plantas, no florescimento e amadurecimento do fruto, favorecendo a precocidade da produção. No entanto, caso a temperatura se eleve à faixa de 35 °C durante o dia e 25 °C durante a noite poderá haver maior abortamento floral e menor número de frutos por cacho, comparadas às temperaturas ideais para as plantas (22 °C de dia e 18 °C à noite) (LOPES & STRIPARI, 1998).

Embora o tomateiro não seja sensível ao fotoperíodo, em determinadas condições pode sofrer estresse sobre prolongada exposição luminosa (acima de 16 horas). As plantas que crescem em condições de baixa luminosidade tornam-se mais sensíveis ao fotoperíodo (MINAMI & HAAG, 1980). Em cultivos realizados no inverno a redução da radiação deve ser tal que não provoque aumento de abortamento floral e má formação de frutos.

No processo de transpiração a umidade relativa é fator importante, interferindo na condutância estomática e, indiretamente, na turgescência dos tecidos, afetando vários processos metabólicos da planta (ANDRIOLO,2000). A umidade relativa tem um efeito indireto na expansão da área foliar, pois em condições de umidade relativa baixa e temperaturas altas, havendo suprimento de água no solo, a turgescência das células promove o alongamento da célula e por consequência seu crescimento. BACKKER (1990), MULHOLLAND et. al.,(2001) citados por CALIMAN (2003) relatam a ocorrência de deficiências locais de cálcio em função da redução da corrente transpiratória, já que este elemento é exclusivamente translocado via xilema.

Os fatores de ordem biótica também têm sua expressividade frente ao cultivo de tomate. Diversas doenças podem interferir no processo produtivo da cultura, reduzindo a produtividade e a qualidade dos frutos. CALIMAN, (2003) relata perdas na produtividade da ordem de 30% devido ao ataque de *Phytophthora infestans* e de 80% devido ao ataque da broca dos frutos, e cita que GALLO et al., (2002) constatou que os prejuízos oriundos da broca podem ser da ordem de 50%, ficando os frutos atacados com a polpa destruída e inadequada para consumo.

A qualidade e a quantidade dos frutos do tomateiro são afetadas por dois importantes fatores, manejo de irrigação e de nutrientes (PHENE et. al.,1990); e sensibilidade da cultura ao estresse hídrico (SATER, 1954; KANGAR et al.,1980). FEDDES et al.,(1978) e WACQUANT et al., (1975) relatam que uma aplicação de água em excesso na zona radicular pode causar danos às plantas e redução no desenvolvimento da cultura.

Devido a grande sensibilidade da cultura do tomateiro ao estresses hídrico a técnica da irrigação vem sendo amplamente utilizada pelos tomaticultores, buscando-se evitar perdas de produção tanto quantitativamente como qualitativamente.

## 2.2 Distúrbios fisiológicos

### 2.2.1 Podridão apical do tomateiro

Uma das primeiras referências sobre esta anomalia cabe a Plowright (1981), na Inglaterra. Esse distúrbio fisiológico é caracterizado pelo aparecimento de tecido necrosado na parte distal do fruto (FONTES, 2003) sendo conhecido popularmente como “fundo prETo” (Figura 01).

Sua ocorrência se dá, geralmente nas primeiras semanas após o transplante e seu aparecimento é correlacionado com a deficiência de cálcio (Saure, 2001 citado por FONTES, 2003).



Figura 01: Fruto do tomateiro com ocorrência de podridão apical (“fundo prETo”)

Segundo CASTELLANE (1988), os sintomas de deficiência de cálcio ocorrem tanto em plantas crescendo em solo com disponibilidade aparente elevada, bem como onde seu conteúdo é baixo. Isto é devido a vários fatores que afetam a absorção e o acúmulo de cálcio nas plantas.

CASTELLANE (1988), aponta como indutores da incidência de podridão apical fatores como a umidade do solo, disponibilidade elevada de N, K, Mg ou Na, menor potencial hídrico no substrato de crescimento, uso de fontes de N – NH<sub>4</sub>, maior intensidade de transpiração foliar e cultivar utilizado.

NONAMI et al., (1995) atribuíram a ocorrência desse distúrbio à existência de um gene expressivo em condições de estresses e não diretamente ligado a deficiência de cálcio.

Segundo SAURE (2001) a ocorrência da anomalia é devido ao somatório de dois fatores: (i) maior susceptibilidade a diversos níveis de estresses devido ao

aumento na concentração de giberelina, resultando num decréscimo na concentração de cálcio aumentando, portanto, a permeabilidade das membranas celulares; (ii) ocorrência de algum estresse (hídrico, concentração salina, temperatura) que provocará a deterioração das membranas das células do fruto, principalmente os recém formados, com subsequente redução de turgor e vazamento do líquido celular.

Alguns cuidados podem ser tomados a fim de minimizar a ocorrência do distúrbio. Como o cálcio está envolvido no processo metabólico da planta, a nível celular (membranas, estrutura dos cromossomos e ativação de enzimas) (RIGNEY & WILLS, 1981), constantes pulverizações, com produtos a base de cálcio, são realizadas a fim de minimizar as perdas por esse distúrbio assim que se detecta o aparecimento do problema. Segundo RIGNEY & WILLS (1981) a aplicação de cálcio inibe o aparecimento de doenças e previne contra a ocorrência de distúrbios fisiológicos.

Outros cuidados podem ser as escolhas de cultivares menos susceptíveis (Grupo Santa Clara), evitar o uso excessivo de nitrogênio e dar preferência ao uso de fertilizantes N-NO<sub>3</sub> e manejo da irrigação.

Este tipo de distúrbio fisiológico ainda é pouco conhecido, necessitando de mais estudos. Sua exata compreensão é dificultada devido à maior susceptibilidade de alguns cultivares e a determinadas práticas culturais e condições de ambiente que predispõem o tomateiro à desordem (SAURE,2001).

### **2.3 Sistema de condução da cultura**

Visando otimizar o potencial produtivo da cultura do tomate, diferentes alternativas no manejo da cultura vem sendo testadas. A condução da planta pode ser feita com uma ou duas hastes, cinco, seis ou mais cachos. A redução do número de hastes por planta e a poda apical para um número definido de cachos nas hastes são práticas alternativas na produção de tomates para consumo “in natura” de modo a obter-se frutos com maior valor comercial (OLIVEIRA et al., 1996; SILVA et al.,1997 e CAMARGOS, 1998).

No cultivo de tomate tutorado, o espaçamento, o tipo de tutoramento e o número de hastes são os principais fatores que determinam maior ou menor incidência de problemas com pragas e doenças (BOFF, 1992).

O particionamento dos nutrientes absorvidos pelas plantas são dependentes de fatores abióticos e bióticos (SILVA et al., 2001), destacando-se as podas (PELÚZIO, 1991), o sistema de plantio (FONTES & FONTES, 1991) e fontes e doses de nutrientes (FONTES & FONTES, 1992).

SILVA et al., (2001), constatou que a utilização de plantio adensado, associado à prática da poda, permitiu elevar a eficiência na utilização de fertilizante fosfatado. No mesmo experimento verificou que a produção de frutos por planta teve influência significativa quando se utilizou o composto gesso, o elemento fósforo e principalmente do sistema de condução das plantas.

No sistema de produção podado e adensado onde a redução do número de frutos/planta é associada com maior densidade de plantio, pode ocorrer aumento significativo da produtividade (SILVA et. al., 2001).

Considerando a interferência do sistema de condução na produtividade do tomateiro, é preciso que sejam feitos estudos mais detalhados levando em conta não só aspectos de fitossanidade e fitotécnicos como também os relativos ao consumo de água pela planta.

## **2.4 O uso de filmes plásticos na agricultura**

A utilização dessa técnica, teve início, em 1951 no Japão, quando foi criado o primeiro filme de PVC. Em 1958, a França iniciou experimentos com abrigos e cobertura de solo usando filmes de polietileno de baixa densidade. Diante dessa perspectiva foi que surgiu a plasticultura, que estuda as aplicações do plástico na agricultura.

No Brasil a plasticultura é incentivada na produção de hortifrutigranjeiros crescendo em regiões produtoras de olerícolas. Na plasticultura, a técnica de cobertura do solo com lona plástica, vem se acentuando. Consiste em cobrir o solo com um filme plástico de polietileno enterrando suas bordas sendo feitas perfurações para a emergência das plantas.

Diversos são os tipos de filmes utilizados na agricultura para cobertura, sendo os mais comuns: prETO opaco; transparente; cinza; verde, marrom e prateado (SGANZERLA,1995).

Em um trabalho realizado com a cultura do pepino verificou-se uma antecipação da colheita em 7 dias, independente do tipo de cobertura utilizada (ARAUJO, et al.,1992).

STRECK et al., (1996), estudando o efeito da cor do plástico para a cobertura do solo verificou que a maior refletividade a radiação ocorreu nos plásticos de cor branca, amarela e verde. E que durante o dia as temperaturas a 5 cm da superfície do solo foram maiores nos plásticos prETo, azul e vermelho, ficando a temperatura mínima similar entre os plásticos estudados.

Segundo MIRANDA et al., (2003), esta prática visa aumentar a produção e qualidade dos frutos, antecipar a colheita, reduzir a infestação de pragas e doenças e melhorar o controle de plantas invasoras. JIMENÉZ & MARTÍN (1992) citam ainda, como benefícios tecnológicos a redução dos tratos culturais, economia de água e aumento do rendimento.

O uso dessa cobertura modifica todo o ambiente radicular, sendo a temperatura um desses fatores, visto que durante o dia o plástico transmite ao solo a energia absorvida do sol e durante a noite este calor é retido pelo plástico por um período mais prolongado, (SGANZERLA,1995). Segundo STRECK et al., (1996) a cobertura do solo com filme plástico prETo não só aumentou as temperaturas mínimas, médias e máximas do solo como também diminuiu a amplitude máxima da onda diária de temperatura no solo.

DIMITROV et al., (1991), demonstrou que o efeito da cobertura plástica altera o regime térmico do solo e do microclima, protegendo as plantas, acelerando o amadurecimento, aumentando o rendimento precoce.

Outro parâmetro afetado pela cobertura do solo é o teor de água, sabe-se que as coberturas plásticas conservam a umidade do solo por mais tempo do que o solo desnudo (BURIOL et al.,1996).

Devido ao uso da cobertura as condições de temperatura e umidade criadas no solo proporcionam economia de fertilizantes pela maior disponibilidade de nutrientes (MIRANDA et al.,2003), efeito também constatado por ALBREGTS & HOWARD (1972) em um cultivo de pimenta, sob plástico prETo, no qual o uso da cobertura plástica reduziu a lixiviação de nutrientes, em um solo arenoso.

Um estudo realizado com pinha revelou um efeito positivo da cobertura com filme plástico prETo, tanto no crescimento vegetativo como na porcentagem de diferenciação floral. Constatou-se também uma redução na duração do ciclo total,

aumento de 12% no rendimento final e no peso médio dos frutos (ARAÚJO et al., 1992).

JIMENÉZ & MARTÍN (1992) em trabalho realizado com cobertura plástica na cultura do tomate evidenciaram uma redução de 50 mm na lâmina de irrigação e um incremento na eficiência do uso da água de 12,2% devido a utilização da cobertura plástica do solo. Além disso foi constatado um incremento na característica altura de planta e produção de frutos não comerciais.

HERNÁNDEZ et al., (1992) concluíram que os tratamentos com cobertura apresentaram diâmetros de caule maiores que os sem cobertura na cultura da uva, bem como um incremento na produção. Em contrapartida, MIRANDA et al., (2003) relataram uma diminuição nos valores de firmeza depolpa de melão, que foi atribuída a maior retenção de água no solo coberto.

Estudos com algodão sob cobertura plástica tem mostrado inúmeras vantagens. PORTERO (1991) testou diversas densidades de plantio e concluiu que um aumento na densidade de plantio resulta na emergência de maior número de plantas sob solo coberto com filme plástico e que quando as perfurações são feitas no momento da emergência se induz uma maior precocidade e produção em relação aos tratamentos cujas perfurações foram feitas após a emergência.

BENOIT & CEUSTERMANS (1992) relatou que a utilização do filme plástico que refletia a luz teve uma influência positiva no controle da incidência de pragas, conseqüentemente a utilização de inseticidas na lavoura atribuindo-se a cobertura a função de proteção para as plantas.

Baseado no exposto tem-se verificado um aumento na utilização desta prática na cultura do tomateiro.

## **2.5 Irrigação e necessidade hídrica da cultura do tomate em condições de campo.**

O tomateiro é uma cultura extremamente sensível ao teor de água no solo, portanto o excesso ou a falta de umidade é altamente prejudicial. Nos cultivos convencionais o gotejamento vem ganhando destaque tendendo a substituir os outros métodos utilizados. Esta prática tem melhor eficiência economizando água devido à elevada eficiência de aplicação propiciada pelo método. Este aspecto adquire uma dimensão ainda maior devido aos conflitos pelo uso de recursos

hídricos, cada vez mais freqüentes e intensos (SGANZERLA, 1995), necessitando a otimização do uso de água e energia. MAROUELLI et al., (2001) concluíram que a irrigação por gotejamento aumenta a produtividade e reduz a percentagem de frutos podres, quando comparada com irrigação por aspersão. Além disso o gotejamento facilita o manejo integrado de pragas e doenças e otimiza a aplicação de fertilizantes através da água de irrigação.

A cultura apresenta um consumo hídrico acumulado variando de 400 a 600 mm por ciclo (DOORENBOS e KASSAM, 1979), dependendo da duração do ciclo, demanda evapotranspirométrica da região e da época de plantio.

MAROUELLI et al., (1986) afirmam que o potencial matricial de água no solo para obter o rendimento máximo, varia de -0,3 a -2,0 bar. Entretanto, MINAMI & HAAG (1980) encontraram um consumo de água de 2,5 a 7,0 mm por dia e de 400 a 700 mm durante todo o ciclo, mantendo-se a disponibilidade de água dentro da faixa de -0,8 a -0,2 bar. PHENE et al., (1985) encontraram valor de consumo de água pelo tomateiro de 658 mm durante todo o ciclo.

FAPOHUNDA (1992) em um estudo realizado na Nigéria verificou que o rendimento máximo do tomateiro, cultivar Rossol, foi de 20,9 t/ha para uma evapotranspiração média de 470 mm para todo o ciclo.

RUBINO & TARANTINO (1984) conduziram um experimento, em Bari, Itália, com tomateiro, cultivar Ventura durante três anos, buscando obter os resultados da evapotranspiração da cultura (Etc) utilizando lisímetros. Os valores médios encontrados foram de 3,2 mm/dia do transplantio ao florescimento, 6,6 mm/dia do florescimento à maturação e 2,8 mm/dia após a maturação. A Etc total foi de 431, 628 e 578 mm para o primeiro, segundo e terceiro anos.

LIMA et al., (1993) encontraram valores de Etc da ordem de 5,6 mm/dia no subperíodo reprodutivo valores bem próximos ao encontrados por outros pesquisadores.

Um dos novos desafios ao estudo de consumo de água está nos novos sistemas de cultivo onde é feita a cobertura do solo com um filme plástico agrícola visando, dentre outros aspectos, a conservação da umidade do solo. À medida que são desenvolvidos novos sistemas de produção a necessidade de uma padronização das medições para controle do uso da água se faz necessária, necessitando de mais pesquisas na área em questão.

Uma situação não comum em condições de campo devido à ocorrência de chuva, mas que pode vir a acontecer, dependendo da região de exploração, é a salinização do solo. A utilização da irrigação por gotejamento juntamente com a prática da fertirrigação, de forma indiscriminada, associadas ao potencial natural de salinização pela água utilizada, poderia levar à rápida salinização dos solos (TESTEZLAF & QUEIROZ, 2002). A maior concentração salina ocorre nos limites do bulbo molhado, principalmente na superfície do solo devido ao processo de evaporação. Para tanto, a condutividade elétrica da água de irrigação não deverá ultrapassar 2 dS/m. Valores de condutividade elétrica da solução do solo acima de 3 dS/m podem tornar o solo impróprio para o cultivo de hortaliças. Como prática preventiva, é fundamental o monitoramento dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e da solução do solo. Caso seja necessária, a aplicação de lâminas de lixiviação durante o devem ser realizadas. Outra opção seria o uso de altas lâminas de lixiviação nos intervalos entre cultivos, por exemplo 200 mm, utilizando aspersão ou inundação (MAROUELLI & SILVA, 1998).

O aprimoramento do conhecimento técnico a respeito das necessidades hídricas da cultura, os parâmetros envolvidos e metodologias mais viáveis para a condução racional da irrigação é de grande importância para elevar a margem de segurança no êxito da exploração.

As necessidades hídricas das culturas podem ser determinadas basicamente por três vias, planta, solo e clima (MANTOVANI, 2003).

A determinação via planta exige equipamentos caros e sofisticados tornando-se inviável ao produtor rural padrão. As determinações via solo exigem, na maioria das vezes equipamentos mais baratos, práticos, embora menos sensíveis, mas que se adaptam perfeitamente as condições das propriedades rurais. O manejo via clima é baseado nas condições climáticas e nas suas variações ao longo do dia, sendo um método prático, fácil, preciso e de grande adaptabilidade em condições de campo (MANTOVANI, 2003). Nessa última via são computadas a evaporação do solo mais a transpiração da planta, resultando na determinação da evapotranspiração da cultura (Etc), que varia conforme a espécie cultivada, o estágio e condições de desenvolvimento da cultura o clima do ambiente.

### 2.5.1. Estimativa da evapotranspiração da cultura (Etc)

Quando os estômatos estão abertos, permitem as trocas gasosas de CO<sub>2</sub>, vapor de água e O<sub>2</sub> entre a planta e a atmosfera mediante ao processo de transpiração. Esta perda de água é um custo que a planta deve pagar para produzir, e deve ser reposta por ela mediante a extração de água do solo pelas raízes. Esta quantidade de água, somada a evaporação da superfície do solo e chamada de evapotranspiração (Et) e deve ser reposta pela irrigação (FERNÁNDEZ et al., 2000).

Segundo FERNÁNDEZ et al., (2000) a evaporação é o nome do fenômeno que é a passagem da água do estado líquido para o gasoso, para isso necessita de uma grande quantidade de energia que é proporcionada pela radiação solar, Além disso, é necessário que se tenha um déficit de pressão de vapor d'água entre a superfície evaporante e o ar que a rodeia associada a ação do vento da temperatura, advecção e calor sensível.

A estimativa da Etc envolve um procedimento que se desenvolve em duas etapas. Na primeira, estima-se a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), geralmente utilizando modelo matemático. Na segunda, a Etc é obtida ao multiplicar ET<sub>o</sub> por um coeficiente de cultura (k<sub>c</sub>) que integra as características da cultura variando de acordo com a fase fenológica e do clima local (DOORENBOS e PRUITT, 1977) (equação 1).

$$ET_c = ET_o \times k_c \quad \text{equação (1)}$$

em que

*ET<sub>c</sub>* = evapotranspiração da cultura, mm/dia;

*ET<sub>o</sub>* = evapotranspiração de referência, mm/dia;

*k<sub>c</sub>* = coeficiente da cultura.

SMITH e ALLEN et al., (1992) propuseram um novo conceito para cultura de referência. A evapotranspiração de referência passou a ser definida como a evapotranspiração promovida por uma cultura hipotética que cobre todo o solo, em crescimento ativo, sem restrição hídrica nem nutricional, com altura de 0,12 m, albedo 0,23 e resistência da superfície ao transporte de vapor de 70 s/m. O modelo

utilizado como padrão para estimar a ETo passou a ser a equação de Penman-Monteith parametrizada pela FAO. Este método foi selecionado porque é o que mais se aproxima da ETo da grama no local avaliado, apresentando parâmetros físicos e incorporam implicitamente os parâmetros de resistências aerodinâmicas do dossel da cultura

O coeficiente da cultura ( $k_c$ ) varia conforme o estágio de desenvolvimento da mesma. DOORENBOS & PRUITT (1977) e DOORENBOS & KASSAN (1979) reuniram grande quantidade de informações a respeito das necessidades hídricas das culturas, apresentando um estudo amplo sobre  $k_c$  para a maioria das espécies cultivadas comercialmente. Nesse método o ciclo da cultura foi dividido em quatro fases de desenvolvimento sendo um  $k_c$  específico, para cada fase. ALLEN et al., (1998) atualizaram esta metodologia, propondo equações para ajustar os  $k_c$  em função de variações climáticas (Equação 02).

Os  $k_c$  são definidos considerando a velocidade do vento, umidade relativa e altura do dossel da cultura. O coeficiente da fase de produção citado diz respeito ao cultivo de tomate tutorado verticalmente (Quadro 1).

Quadro 1. Definição dos estádios de desenvolvimento e  $K_c$  da cultura do tomate cultivado sob manejo adequado, sem estresses, em clima sub-úmido, com umidade relativa mínima de 45% e velocidade do vento de 2,0 m/s (ALLEN et al., 1998)

Estádios	Definição	Kc tomate
Inicial	germinação até 10% cobertura vegetal	0,60
Desenvolvimento	Inicial até floração (75% cobertura vegetal)	0,90
Produção	floração até início da maturação	1,20
Maturação	Início da maturação até colheita	0,70 - 0,90

O  $k_c$  inicial está sujeito aos efeitos das variações das freqüências de umedecimento. Em umedecimentos freqüentes, tais como irrigação por aspersão ou chuva de alta freqüência, os valores do  $k_c$  inicial podem aumentar substancialmente (ALBUQUERQUE et al., 2002). SILVA & MAROUELLI (1998) recomendam, para condições de alta freqüência de irrigação, valores mais elevados para  $k_c$  inicial entre 0,70 – 0,90 para irrigações diárias e 0,60 a 0,80 para turno de rega de dois dias.

O cálculo dos kc da fase de produção e fase de maturação para cada situação climática que difira da situação padrão é feito através da equação 2.

$$kcfase = kcfase (tab) + [0,04 (u_2 - 2) - 0,004 (UR \text{ min} - 45) ] \left( \frac{h}{3} \right)^{0,3} \quad \text{equação (2)}$$

em que

$kcfase (tab)$  = coeficiente de cultura da fase específica (produção ou maturação), a ser ajustado em relação ao valor tabelado, adimensional;

$u_2$  = velocidade do vento média a 2 metros de altura, em m/s;

$UR \text{ min}$  = média da umidade relativa mínima diária, em %;

$h$  = altura da planta, em m;

Os valores apresentados são para culturas sem deficiência hídrica sob excelentes condições agrônomicas, condições consideradas propícias para produzir potencialmente (ALBUQUERQUE et al., 2002).

LIMA et al., (1993) encontraram, para a cultura do tomate, valores médios de kc 0,61; 0,95; 1,44; 0,95 respectivamente para as fases inicial, vegetativa, reprodutiva e de maturação. Da mesma maneira os valores de kc para estas fases, segundo MAROUELLI et al., (2001) são 0,6; 0,85; 1,15; 0,90.

No Quadro 01 apresentou-se a orientação é genérica e para cultivos anuais. Quando as culturas divergirem em sua dinâmica de produção deste padrão apresentado faz-se necessário adaptações oportunas para cada contexto. Para a cultura do tomate, quando há o transplântio da muda não é necessário considerar a primeira fase, como a planta não alcança a fase de maturação de todos os frutos ao mesmo tempo, a quarta fase também é desprezada para a realização do manejo de irrigação.

### **2.5.2. Evapotranspiração da cultura ajustada em função da variação da umidade do solo (ks) e da forma de molhamento (kl)**

O método apresentado para determinar a Etc (ALLEN et al., 1998) tem como objetivo a determinação da evapotranspiração da cultura, sendo o cultivo conduzido em ótimas condições de desenvolvimento, isto é, adequadamente manejado e sem estresses hídrico e nutricional. Intrinsecamente também se

pressupõe o suprimento de água na forma de precipitação ou irrigação total, ou seja, cobrindo toda a área.

A redução dos níveis da umidade do solo em períodos após a irrigação ou precipitação, mais evidenciada em cultivos irrigados com turnos de regas maiores, promove decréscimos do potencial hidráulico do solo, dificultando a absorção pelas plantas, que, mesmo em níveis pequenos, poderão estar em situação de estresse hídrico. Os efeitos do estresse hídrico na evapotranspiração da cultura podem ser descritos utilizando o coeficiente de redução da evapotranspiração em função da disponibilidade de água no solo, também chamado de coeficiente de estresse hídrico ( $k_s$ ) (ALLEN et al., 1998), o qual promoverá um ajuste na Etc.

O coeficiente de estresse hídrico ( $k_s$ ) promove o ajuste da evapotranspiração potencial para a evapotranspiração real da cultura em função do nível de umidade atual do solo ao longo do ciclo de desenvolvimento. Na literatura existem diversas proposições para o cálculo de  $k_s$ . A maioria dos pesquisadores acredita que o  $k_s$  é igual a 1 (evapotranspiração real se iguala à potencial) durante algum tempo após a irrigação, decrescendo rapidamente a partir de determinado valor de umidade do solo, segundo uma função exponencial negativa (BERNARDO, 1996).

➤  $k_s$  linear, a partir da equação:

$$k_s = \frac{(U_a - PM)}{(CC - PM)} \quad \text{equação (3)}$$

➤  $k_s$  logarítmico, a partir da equação:

$$k_s = \frac{\ln[(U_a - PM) + 1]}{\ln[(CC - PM) + 1]} \quad \text{equação (4)}$$

➤  $k_s$  unitário, utilizado quando a umidade for mantida sempre muito próxima da capacidade de campo (turnos de rega muito reduzidos):

$$k_s = 1 \quad \text{equação (5)}$$

em que

$k_s$  = coeficiente de estresse hídrico em função da umidade real do solo;

$U_a$  = umidade no solo, em % (peso);

$PM$  = ponto de murcha permanente, em % (peso);

$CC$  = capacidade de campo, em % (peso).

Na figura 02 pode-se visualizar o comportamento do  $k_s$  pelos modelos linear e logarítmico em função da disponibilidade de água no solo.

Para determinar a evapotranspiração em cultivos irrigados por métodos de irrigação localizada é necessário o uso de coeficiente de ajuste específico, o coeficiente de localização  $kl$ . Em média, a irrigação localizada molha apenas de 1/3 a 2/3 da área, reduzindo a evapotranspiração, na redução da evaporação direta em função da área sombreada pela cultura do decréscimo da área molhada. A magnitude da redução da evapotranspiração dependerá de várias características das partes transpirantes das plantas, como: massa foliar, superfície total das folhas, área da copa, dentre outras (HERNANDEZ ABREU et al., 1987; PIZARRO, 1990). Assim, na irrigação localizada, é necessário fazer uma correção na evapotranspiração da cultura (Etc) determinada para os demais sistemas de irrigação (SOARES, 1998). A correção devido à localização, consiste em multiplicar a Etc por um coeficiente de localização ( $kl$ ), cujo valor depende, sobretudo, da percentagem de área sombreada e, ou molhada do solo no decorrer do ciclo da cultura.

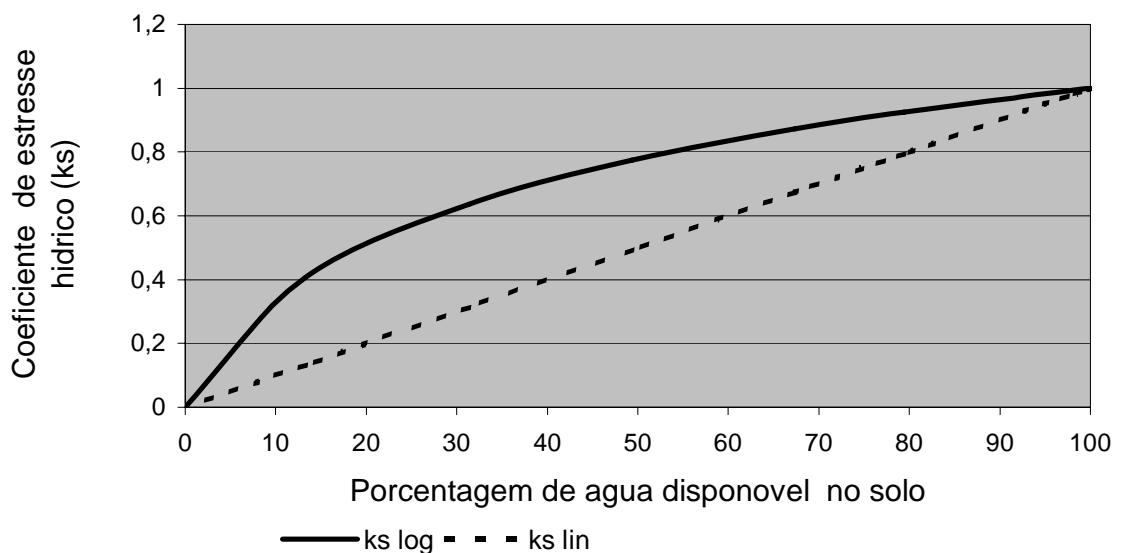


Figura 02: Curvas do coeficiente de estresse hídrico ( $k_s$ ) em função da percentagem da água disponível do solo. Modelos logarítmico e linear.

Vários autores propuseram equações ou modelos para determinar o coeficiente de localização. Os modelos mais práticos para determinar o  $kl$  são aqueles que baseados na percentagem de área sombreada, que é definida como a fração da superfície do solo sombreada pela cobertura vegetal ao meio-dia com sol no zênite local, em relação à superfície total (PIZARRO, 1990).

Entre os modelos que visam representar a relação entre  $kl$  e percentagem de área sombreada, alguns serão, a seguir apresentados:

1. KELLER (1978)

$$kl = 0,85P + 0,15 \quad \text{equação (6)}$$

2. KELLER e BLIESNER (1990)

$$kl = \sqrt{P} \quad \text{equação (7)}$$

3. KELLER e KARMELI (1975)

$$kl = \frac{P}{0,85} \quad \text{equação (8)}$$

4. FERERES (1981)

$$\text{Se, } P \geq 65\% \rightarrow kl = 1 \quad \text{equação (9)}$$

$$\text{Se, } 20\% < P < 65\% \rightarrow kl = 1,09P + 0,30 \quad \text{equação (10)}$$

$$\text{Se, } P \leq 20\% \rightarrow kl = 1,94P + 0,1 \quad \text{equação (11)}$$

5. ALJIBURY et al., (1974), citados por HERNANDEZ ABREU et al., (1987)

$$Kl = 1,34P \quad \text{equação (12)}$$

6. DECROIX, citado por VERMEIREN e JOBLING (1980)

$$Kl = 0,1 + P \quad \text{equação (13)}$$

7. HOARE et al., (1974), citados por HERNANDEZ ABREU et al., (1987)

$$Kl = P + 0,5(1 - P) \quad \text{equação (14)}$$

Em que, P (em decimal) representa ou percentagem de área molhada (PAM) ou percentagem de área sombreada (PAS).

Uma crítica que se pode fazer aos modelos anteriores, com exceção das propostas por FERERES (1981) e KELLER e BLIESNER (1990), é o aspecto linear da relação entre  $kl$  e P (PIZARRO, 1990). Trabalhos conduzidos no estado da Califórnia, EUA por FERERES (1981), com as culturas da amendoeira e pessegueiro, mostram que tais relações não se verificam, e que para pequenos valores de P, as necessidades calculadas podem ser menores que as reais.

Em síntese, a evapotranspiração ajustada da cultura ( $Etc_{adj}$ ) define a demanda de água pela cultura, sendo esta de fundamental importância para a determinação da lâmina de irrigação a ser aplicada. O programa IRRIGA, utilizado neste trabalho, faz uso da seguinte equação para cálculo da  $Etc_{adj}$  (MANTOVANI, 2003):

$$Etc_{adj} = ETo \times kc \times ks \times kl \quad \text{equação (15)}$$

em que

$Etc_{adj}$  = evapotranspiração ajustada da cultura.

$ETo$  = evapotranspiração de referência, em mm/dia;

$kc$  = coeficiente da cultura, de acordo com o estágio de desenvolvimento, adimensional;

$ks$  = coeficiente de estresse hídrico, em função da variação de umidade do solo, (0 a 1), adimensional;

$kl$  = coeficiente de localização, dependente da percentagem de área molhada e sombreada (0,2 a 1,0);

Dependendo de outros tipos de estresse como solo com elevada salinidade, deficiência nutricional, camada de impedimento ou encharcamento, pragas, doenças, a evapotranspiração ( $Etc$ ) poderá ser reduzida. Neste caso a  $Etc_{adj}$  deve

ser calculada ajustando-se o kc para esses outros tipos de estresse (ALBUQUERQUE et al., 2002).

### **2.5.3. Medição da evapotranspiração da cultura (Etc)**

As necessidades hídricas das culturas podem ser medidas direta e indiretamente. As medidas diretas podem ser mais acuradas, porém são de uso restrito da pesquisa devido ao seu maior custo e às difíceis condições de manejo (SILVA et al., 1999). Os principais métodos diretos são: os lisímetros, as parcelas experimentais, o controle de umidade do solo, o método da entrada-saída de água no solo em grandes áreas. São métodos com rápido tempo de resposta e difícil operacionalidade. Segundo (BERNARDO, 1996), o método do lisímetro é o mais preciso para tal determinação, desde que sejam instalados corretamente.

Lisímetros são caixas enterradas no solo utilizadas para mensurar a quantidade de água consumida. Nele se mede diretamente a quantidade de água evapotranspirada. São geralmente de volume conhecido e devem ser impermeáveis podendo ser construídos de diversos tipos de materiais como concreto, amianto, plástico e fibra de vidro. São preenchidos com terra e devem ser localizados para representar um ambiente específico. Podem apresentar superfície nua ou coberta por vegetação, para determinação da evaporação em solo exposto ou evapotranspiração de culturas conforme o caso (ABOUKHALED et al, 1982).

Segundo HOWELL et al., (1991) os lisímetros utilizados em pesquisas de evapotranspiração, usualmente, podem ser classificados em três categorias: com lençol freático de nível constante, com drenagem livre, utilizados em áreas de alta precipitação e pesáveis nos quais a variação da massa do sistema é determinada por um mecanismo de pesagem. A forma, volume e a área do lisímetro devem ser baseadas no tipo de cultura e no desenvolvimento radicular (HOWELL et al., 1991). Sua localização deve representar as condições de solo e plantas do ambiente de cultivo.

O lisímetro de drenagem é o mais simples e de uso mais difundido devido a sua simplicidade, porém apresenta restrições para obtenção de dados diários (SILVA et al., 1999). Já o lisímetro de pesagem possibilita a medição de valores de evapotranspiração em períodos curtos de tempo (horários e diários), pois é

apoiado sobre uma balança mecânica, de modo que toda variação de peso seja promovida por perda de água por evapotranspiração. Tem como inconveniente o alto custo de instalação (BERNARDO, 1996).

Segundo ASSIS (1978) o lisímetro de lençol freático constante foi proposto originalmente por Thornthwaite em 1945, e foi chamado de evapotranspirômetro de nível constante. Este tipo de lisímetro tem sido amplamente utilizado devido a sua boa precisão e facilidade para variar a profundidade do lençol freático no seu interior. Consiste em um tanque com profundidade entre 0,7 a 1,10 metros dotado de dispositivos de suprimento e percolação de água com o nível de água mantido por meio de um sistema de válvula e bóia. É utilizado para medida de evapotranspiração potencial e estudos de evaporação do solo (SILVA, 1996) e pode também ser adaptado para medir a evapotranspiração de culturas, desde que seja construído com profundidade adequada para o desenvolvimento radicular da cultura, uma vez que o original foi desenvolvido para grama, e que se faça um adequado manejo da profundidade freática para evitar a superestimação ou subestimação da Etc. Isto possibilita o uso de evapotranspirômetros para a determinação de  $k_c$ .

Neste tipo de lisímetro o lençol freático é mantido constante na parte inferior do tanque e em resposta ao consumo de água pela cultura, a água se desloca para a zona radicular por capilaridade (VILLA NOVA & REICHARDT, 1989). O abaixamento do nível freático é automaticamente compensado por um dispositivo que repõe a água, e a quantidade é medida em um reservatório de abastecimento (FERREIRA et al., 2001).

Embora os lisímetros de lençol freático de nível constante não permitam medidas com o mesmo grau de exatidão e em intervalos tão curtos quantos os lisímetros de pesagem, possuem custos de instalação e operação bem menores e também sendo bastante utilizados para a determinação da evapotranspiração máxima de cada fase de crescimento nas principais culturas, que é necessária para definição do valor do coeficiente da cultura por estágio de desenvolvimento. A determinação da Etc é feita a partir da lâmina média consumida no lisímetro, o que pode ser observado a partir de leitura diária em uma régua graduada adaptada no reservatório de abastecimento de cada lisímetro.

Como a movimentação da água no solo é relativamente lenta, as medições de evapotranspiração apresentam adequada precisão quando efetuadas em

intervalos de tempo semanal, quinzenal ou mensal (BERNARDO, 1996). SILVA e MAROUELLI (1998) realizaram estudos sobre o uso de dispositivos lisimétricos para o cálculo da evapotranspiração de referência e constatou que os coeficientes dos lisímetros de drenagem e de lençol freático constante foram baixos em relação ao de pesagem, fato explicado pelo autor como sendo causa da ausência de dispositivos de sensibilidade mais acurados para obtenção de valores diários.

## **2.6. Técnicas de manejo de irrigação**

A irrigação deve ser realizada para suprir de forma adequada as exigências hídricas da cultura, propiciando assim, condições ao seu pleno desenvolvimento. A quantidade de água a ser aplicada pelo sistema de irrigação deve ser tal que promova a elevação do teor de água do solo o mais próximo possível da capacidade de campo.

A eficiência do manejo de irrigação é avaliada pela capacidade do método detectar quando e quanto irrigar e promover aplicação de água na quantidade requerida pela cultura. Ao mesmo tempo é importante que o sistema de irrigação utilizado apresente elevada eficiência de aplicação, modo uniforme para que não haja aplicação em quantidades excessivas ou deficitárias, evitando elevação do custo de energia (elétrica ou diesel), perdas do recurso água por percolação profunda e degradação dos recursos naturais.

Para implantar um método de manejo de irrigação é fundamental que se avalie o funcionamento do sistema de irrigação utilizado. Testes de uniformidade de aplicação e determinação da eficiência de aplicação do sistema devem ser realizados utilizando metodologias apropriadas.

Para o manejo adequado da água de irrigação é necessário o controle rigoroso da umidade do solo e/ou da evapotranspiração durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura. Para tanto é indispensável o conhecimento de parâmetros relacionados às plantas, ao solo e ao clima, para determinar o momento oportuno de irrigar e a quantidade de água a ser aplicada (MAROUELLI et al., 1994). O manejo racional da água de irrigação visa minimizar o consumo de energia, maximizar a eficiência do uso da água e manter favoráveis as condições de umidade do solo e de fitossanidade das plantas. Pode ser baseada em critérios relacionados à energia da água no solo e nas plantas, taxa de evapotranspiração

da cultura ou na combinação de dois ou mais critérios ou parâmetros. Em alguns casos, o uso associado de dois métodos poderá aumentar a exatidão na determinação da necessidade hídrica da cultura. A escolha do método e critério dependerá da disponibilidade de informações e o nível tecnológico da produção (SILVA & MAROUELLI, 1998).

Existem vários métodos para realizar o manejo de irrigação, todos utilizados para informar quando e quanto irrigar. Os métodos mais utilizados em condições de campo são os baseados no turno de rega pré-calculado (baixa tecnologia), no balanço e na tensão da água no solo.

O método do turno de rega não realiza o manejo em tempo real. Há uma previsão de demanda de irrigação em função da evapotranspiração média mensal histórica, daí apresentando menor exatidão. Por ser de execução simples e de baixo custo é o mais utilizado. É recomendado quando não se dispõem de dados e, ou equipamentos que permitam a utilização de um método mais eficiente (MAROUELLI et al., 1994).

Dentre os que podem promover a determinação da lâmina de irrigação em tempo real com adequada exatidão, em ensaios experimentais e cultivos de campo, podem ser citados o manejo da irrigação utilizando lisímetros, tensiômetros o balanço de água do solo. Há recursos que podem ser utilizados para facilitar o uso do método do balanço hídrico do solo, como estações meteorológicas, planilhas de cálculo e softwares.

### **2.6.1. Manejo de irrigação pelo método do balanço de água no solo utilizando o software IRRIGA e a estação meteorológica.**

O IRRIGA, (Figura 03) é um sistema de apoio à decisão na área da agricultura irrigada composto por vários módulos voltados para o manejo, do sistema de irrigação (Manejo), da fertirrigação (NPK), na avaliação de sistemas de irrigação (Avalia), e da rentabilidade (Lucro) (Mantovani, 2003).

Segundo Mantovani (2003), o programa dispõe de uma base de dados e informações relacionadas com o clima, a planta, o solo, o sistema de irrigação, os equipamentos, que facilitam a utilização do mesmo para diversos interesses. É um sistema criado no âmbito do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa e teve seu desenvolvimento baseado no programa

SISDA (Sistema de Suporte à Decisão Agrícola), é um programa utilizado para gerenciamento da irrigação com possibilidade de muita precisão e operacionalidade.

O IRRIGA determina a demanda hídrica da cultura realizando o balanço hídrico diário, utilizando coeficientes de ajustes sobre a  $ET_o$ , e define a lâmina de irrigação em função da diferença entre demanda hídrica e precipitação efetiva (MANTOVANI & COSTA, 1998), gerando as lâminas de irrigação (Figura 04).

$$Li = \frac{ET_o \times kc \times ks \times kl}{Ea} - Pe \quad \text{equação (16)}$$

em que

$Li$  = lâmina de irrigação, em mm;

$ET_o$  = evapotranspiração de referência (Penman–Monteith), em mm/dia;

$kc$  = coeficiente da cultura, de acordo com o estágio de desenvolvimento, adimensional;

$ks$  = coeficiente de estresse, em função da variação de umidade no solo, (0 a 1), adimensional;

$kl$  = coeficiente de localização, em função da percentagem de área molhada e sombreada (0,2 a 1,0);

$Ea$  = eficiência de aplicação, em decimal;

$Pe$  = precipitação efetiva, em mm.

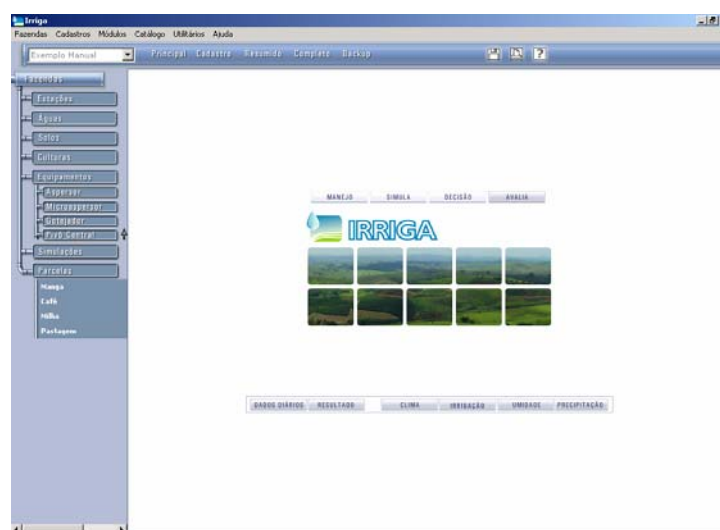


Figura 03. Tela principal do software IRRIGA 1.0

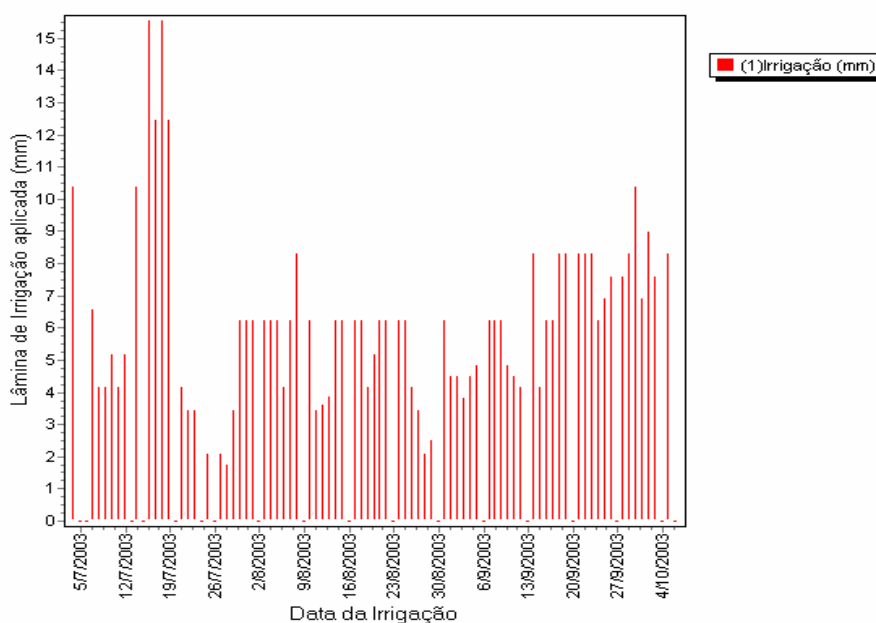


Figura 04. Valor da lâmina de irrigação calculada pelo software IRRIGA.

## 2.7. Determinação do tempo térmico (graus dias) das culturas.

O tempo térmico é um parâmetro estudado para fins de modelagem constituída por unidades térmicas (graus-dias). Consistem na estimativa da energia à disposição da planta, em cada dia (OMETTO, 1981). É um importante fator para ajuste da estimativa do ciclo da cultura em diversas épocas e regiões de plantio, que pode ser determinado a partir da temperatura basal do tomateiro ( $\approx 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), do levantamento diário da temperatura média e do tempo necessário para a mudança de estágio de desenvolvimento (INFELD et al., 1998), (equação 17). Sua utilização em olerícolas é de fundamental importância para minimizar os erros associados à variabilidade na duração dos estádios de desenvolvimentos.

Os métodos baseados na soma de graus-dia foram desenvolvidos para superar a inadequação do calendário diário na previsão de eventos fenológicos, na identificação de melhores épocas de semeadura, no escalonamento da produção e na programação do melhoramento genético (WARRINGTON & KANEMASU, 1983).

$$Gd = \sum (T_{média} - T_{basal}) \quad \text{equação (17)}$$

em que,

$T_{média}$  = Temperatura média diária do ar, °C.

$T_{basal}$  = Temperatura basal da cultura, °C.

Segundo INFELD et al., (1998), a técnica de estimar a duração de um subperíodo ou ciclo das plantas, através de graus-dias é usual em muitas culturas, tais como: alface, amendoim, arroz, aspargo, milho, soja e trigo essa técnica foi desenvolvida e testada por muitos pesquisadores do mundo, entre eles cita-se ARNOLD (1959), MILLS (1964) e STANSEL (1975) nos Estados Unidos, OWEN (1971) na Austrália, GAO et. al., (1992) na China e BERLATO et. al., (1978) no Brasil.

PRELA & RIBEIRO (2000) verificaram que à medida que diminui o ciclo da cultura, a quantidade de graus-dia diminui, sugerindo que outras variáveis além da temperatura podem estar afetando o ciclo da cultura.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área e do ensaio experimental

O ensaio experimental foi conduzido no período de junho a novembro de 2003 na área de pesquisa da empresa Agrotech, em Pará de Minas – MG, latitude de 19° 51' 35" S e longitude de 44° 36' 35" W com altitude de 792 metros. A área experimental possui 2500 m<sup>2</sup> para onde foram transplantadas 1880 mudas de tomate da variedade Sheila e 1640 mudas da variedade Débora.

A cultura foi transplantada em canteiros de 1,0 metro de largura por 47,0 metros de comprimento coberto com filme plástico agrícola preto. A área do experimento foi circundada por dois canteiros de bordadura, um com milho e outro com tomate (Figura 5).

O solo da área de cultivo possui textura muito argilosa (Quadro 02), fertilidade baixa e condutividade hidráulica de 0.93 cm/h e 6.07 cm/h para as respectivas camadas de 0-10 e 10-20 cm.

Utilizou-se um trado de anéis para amostras indeformadas (Uhland) na retirada de amostras de solo, nas camadas 0-20 e 20-40 cm, para determinação das características físico-hídricas (Quadro 03).

As características químicas do solo foram obtidas através da análise de solo, feita no laboratório de análises de solos da Universidade Federal de Viçosa, de amostras de solo deformadas retiradas da área experimental com um trado tipo holandês.

Quadro 02: Composição granulométrica e classificação do solo da área experimental.

Profundidade. da camada (cm)	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classificação textural
0-20	11	7	22	70	Muito argilosa
20-40	8	5	16	71	Muito argilosa



Figura 05: Canteiros cobertos com filme plástico agrícola (A) e bordadura da área experimental (B).

Quadro 03: Características físico hídricas do solo para as camadas de 0-20 e 20-40 cm.

Camadas	Capacidade de campo*	Ponto de Murcha Permanente**	Densidade aparente do solo
cm	% (peso)	% (peso)	g/cm <sup>3</sup>
0-20	43,3	24,2	1,25
20-40	41,6	23,7	1,20

\* Valores para uma tensão de -0,3 bar

\*\* Valores para uma tensão de -15 bar

Quadro 04: Resultado da análise química do solo da área de cultivo nas profundidades 0 – 20 e 20 – 40 cm.

Camadas	pH	P	K	Cu	Zn	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	CTC (T)	V	MO
Cm	H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>				cmolc/dm <sup>3</sup>				%	dag/kg	
0-20	4,65	4,40	10,00	0,92	1,19	1,16	0,37	1,10	1,56	15,06	10,40	3,63
20-40	4,71	0,70	6,00	0,71	0,50	0,31	0,17	1,50	0,50	10,90	4,60	2,55

No preparo do solo foram feitas duas operações, sendo uma gradagem a 0-20 cm profundidade e um cultivo com enxada rotativa, sob a palhada restante do plantio dirETO anterior. Na construção dos canteiros e incorporação de fertilizantes e corretivos, foram feitas duas operações com a roto-encanteiradora.

A adubação foi executada com base na 5<sup>a</sup> aproximação para recomendação de uso de fertilizantes para o estado de Minas Gerais (RIBEIRO et al.,1999). Na adubação mineral de plantio foram aplicados 3,0 Kg/canteiro de um fertilizante na forma de NPK (4:30:16), 3,0 Kg/canteiro do fertilizante Iorin para complementação do P e 2,2 Kg/canteiro de KCl.

A aplicação do restante dos fertilizantes foi feita de forma gradativa (Quadro 05), via fertirrigação após a segunda semana de transplante através de um injETor de fertilizantes do tipo venturi instalado na tubulação de irrigação.

Quadro 05: Nutrientes aplicados via fertirrigação na área experimental em função das necessidades da cultura.

Valores (em g) aplicados em cada dia nas semanas demarcadas								Semanas		
Fase/Fert.	Magnum	Uréia	NC	Fert. Nk	NK	NMg	Inkabor	1	2	3
1	82	410	0	328	0	0	41	x	x	
2	246	532	164	614	287	205	82	x	x	
3	287	410	450	1024	410	532	102	x	x	
4	287	328	328	1433	491	410	102	x	x	x
5	246	205	205	1638	819	287	82	x	x	x
6	82	0	82	819	328	0	41	x	x	
<b>Total/Kg</b>	17,94	25,80	17,94	88,70	35,87	21,38	6,51			

No plantio também foi aplicado 47 Kg/canteiro (equivalente a 10 m<sup>3</sup>/ha) de composto feito com cama de frango como fonte de adubo orgânico.

Na correção do solo foi aplicado 18 Kg/canteiro de calcário para corrigir o pH do solo e “cal virgem” (35% de Mg; 65% de Ca<sup>+2</sup> e PRNT de 135%) para elevar-se o teor de Ca para 60%; Mg 15% e K 5%, da saturação do solo.

As mudas foram formadas em bandejas semeadas em 09 de junho de 2003 e colocadas na estufa até serem transplantadas em 07 de julho do mesmo ano (Figura 6).

A primeira colheita foi feita dia 17 de setembro de 2003 e a última em 10 de novembro, tendo o ciclo uma duração de 150 dias após a semeadura.

A Sheila é planta do tipo longa vida pertencente ao grupo Salada, de crescimento indeterminado, uniforme, internódios curtos e frutos pesando em média 200-240 gramas. A variedade Débora é do tipo longa vida estrutural pertencente ao grupo Santa Cruz, sendo plantas vigorosas, também de crescimento indeterminado, com frutos pesando em média 130-140 gramas.

As plantas foram tutoradas verticalmente com bambu utilizando-se dois sistemas de condução, (i) espaçamento de 0,80 metros entre plantas, com duas hastes por planta e (ii) espaçamento de 0,40 metros entre plantas com uma haste por planta.

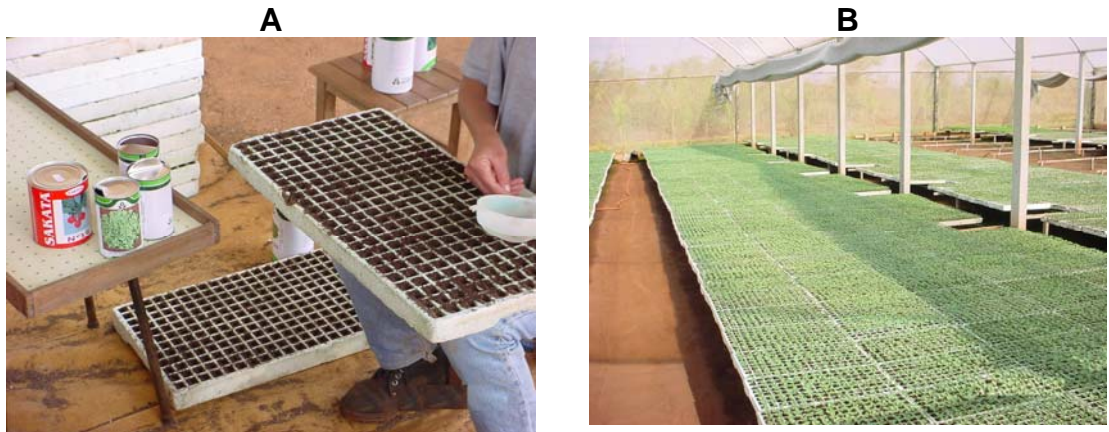


Figura 06: Cultura sendo semeada (A) e Estufa para germinação (B)

A cultura foi irrigada por sistema de gotejamento, através de fita gotejadora (Chapin<sup>®</sup>) com vazão de 3,43 L/h/m e pressão de serviço de 70 kPa. Os emissores espaçados de 20 cm na fita e as fitas espaçadas entre si de 1 metro. O sistema possui um cabeçal de controle contendo um filtro de areia e outro de disco e 5 válvulas reguladoras de pressão. Foram executados testes de uniformidade para determinação do coeficiente de Christiansen (CUC) no sistema utilizando-se a metodologia apresentada em KELLER e KARMELI (1975). O valor obtido do CUC foi de 92% de uniformidade.

As plantas foram distribuídas na área de cultivo em 12 subparcelas com 4 m de comprimento e o número de plantas foi igual a 20 para condução com uma haste e igual a 10 para condução com duas hastes, estando as subparcelas distribuídas nos canteiros em fileiras duplas. Foram escolhidas aleatoriamente seis plantas dentro de cada tratamento para serem avaliadas.

Para o controle de pragas e doenças foi realizado o sistema de manejo integrado quando indicado a sua necessidade, pela contagem de pragas, foram executadas as pulverizações adotando-se o rodízio de princípios ativos.

Foi instalada uma estação meteorológica automática, modelo Micrometros, ao lado da área experimental (Figura 07). Os dados médios diários registrados pela estação (velocidade do vento, radiação solar, umidade relativa, temperaturas e precipitação) foram utilizados para a determinação da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) diária e da lâmina de irrigação via programa IRRIGA<sup>®</sup>, e para os cálculos dos graus dias.



Figura 07: Estação meteorológica automática instalada próximo a área experimental, utilizada para o manejo da irrigação.

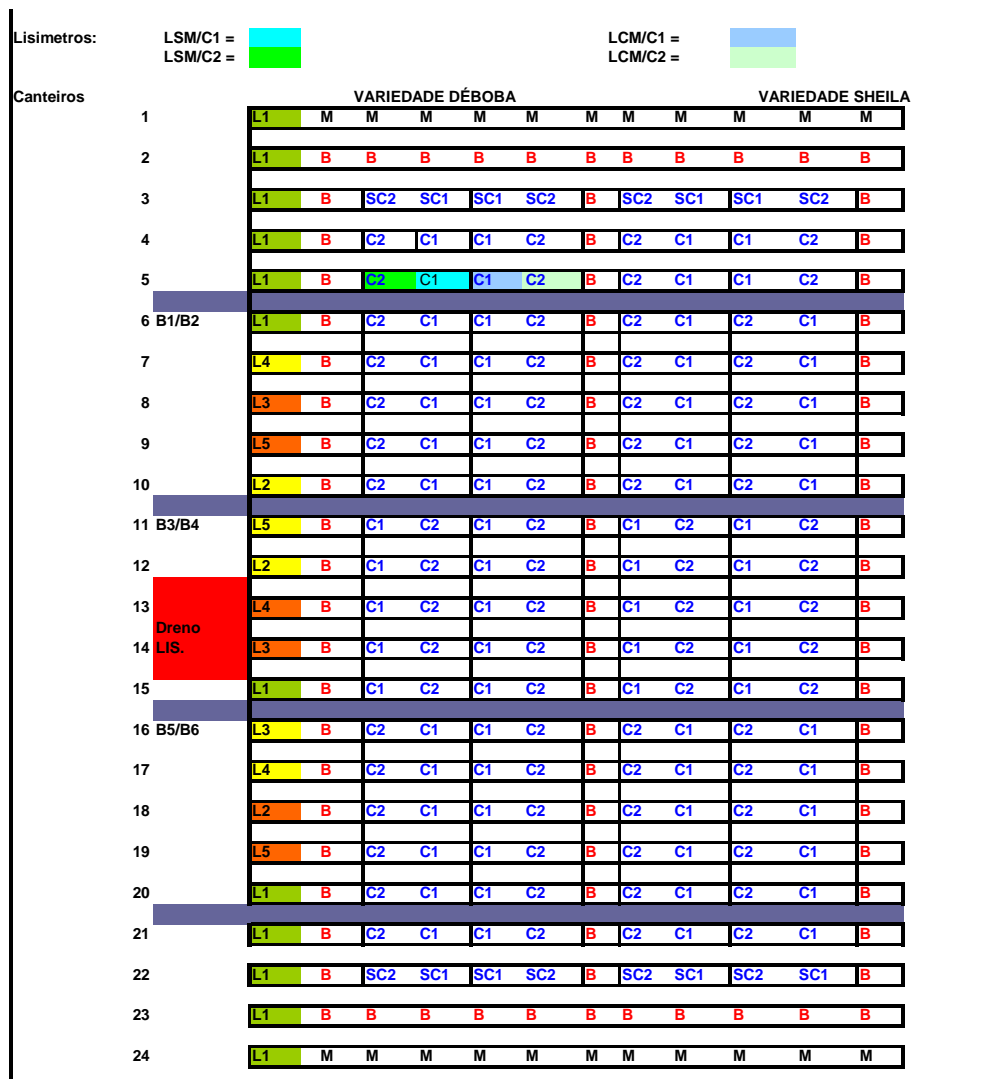
Em um dos canteiros foram instalados quatro lisímetros, para medida da evapotranspiração da cultura, caracterizados posteriormente, sendo na figura 8 apresentado o croqui da área experimental.

O experimento foi realizado segundo um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas cinco lâminas de irrigação e nas subparcelas dois sistemas de condução, no Delineamento Experimental em Blocos Casualizados (DBC), com seis repetições em duas variedades distintas. Cada unidade experimental foi composta por 6 plantas. A análise estatística desses parâmetros foi feita segundo um esquema de parcelas subdivididas, utilizando-se o teste de Duncan, considerando dois níveis de significância (1 e 5%), com auxílio do software Saeg.

O contraste das medias foi obtido pelo teste f, em função dos tratamentos (lâminas) e dos sistemas de condução considerando dois níveis de significância.

Os modelos de equações de regressão foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão

A análise estatística foi efetuada separadamente para as duas variedades.



Legenda	
<b>LSM/C1:</b>	Lisímetro sem mulching na condução 1 (0.80 m entre plantas)
<b>LSM/C2:</b>	Lisímetro sem mulching na condução 2 (0.40 m entre plantas)
<b>LCM/C1:</b>	Lisímetro com mulching na condução 1 (0.80 m entre plantas)
<b>LCM/C2:</b>	Lisímetro com mulching na condução 2 (0.40 m entre plantas)
<b>Numeração:</b>	Canteiros
<b>M</b>	Bordadura de milho
<b>B</b>	Bordadura de tomate (débora - espaçamento 0.80 m entre plantas)
<b>L1;L2;L3;L4;L5</b>	Laminas de irrigação
<b>C1</b>	Cultura conduzida no espaçamento de 0.80 m entre plantas na fileira com duas hastes/planta
<b>C2</b>	Cultura conduzida no espaçamento de 0.40 m entre plantas na fileira com uma haste/planta
<b>B1/B2</b>	Blocos-numero

Figura 08: Esquema da área experimental com definição dos diversos tratamentos e respectivas repetições

### 3.2. Estimativa dos coeficientes de cultura

Para a determinação do coeficiente de cultura ( $K_c$ ) foram instalados, nos dois sistemas de condução (0,80 e 0,40 m), quatro lisímetros de lençol freático constante na variedade Débora, sendo dois cobertos com filme plástico preto e dois descobertos.

Os lisímetros possuem dimensões 1,0 x 1,0 x 1,10 m e construídos em fibra de vidro e enterrados, apresentando área exposta evaporante de 1,0 m<sup>2</sup>. Os lisímetros foram interligados a 4 tambores de 50 litros, através de mangueiras de polietileno. Esses tambores são responsáveis pela reposição da água “perdida” pelos lisímetros, sendo os valores das lâminas consumidas lido em régua graduada fixadas na parede externa dos tambores. (Figura 9).

Esses recipientes foram calibrados em função da lâmina de água em relação a alteração da leitura em uma régua graduada, onde cada centímetro na régua equivalia a 0,5 mm de água adicionada no lisímetro.

Para que a reposição de água fosse constante, adaptou-se um sistema de bóia com uma haste que permitia a regulação do nível do lençol freático.

No fundo de cada lisímetro foi colocada uma rede de drenagem constituída de uma tubulação de PVC (25 mm) perfurada juntamente com mais dois elementos filtrantes, areia e brita, sendo os mesmos dispostos em camadas de 0,15 e 0,10 m de altura respectivamente. Esse sistema de drenagem foi interligado a uma mangueira de polietileno que por sua vez foi levada até um fosso coletor localizado ao lado da área, estando o registro fechado durante o experimento.

No enchimento dos lisímetros, foram colocadas nessa ordem as camadas de brita, areia e por último a terra. Para a colocação da terra reproduziu-se ao máximo a condição inicial do perfil original do solo, sendo, portanto necessária a separação desse solo em camadas (0-20; 20-40 e 40-100 cm Etc), desde a abertura da trincheira para a colocação do lisímetro.

Foram transplantadas seis mudas de tomate aos lisímetros com a condução 0,4 m e quatro mudas aos lisímetros com o sistema de condução 0,8 metros, registrando-se que as mudas foram transplantadas em fileiras duplas dentro dos lisímetros.

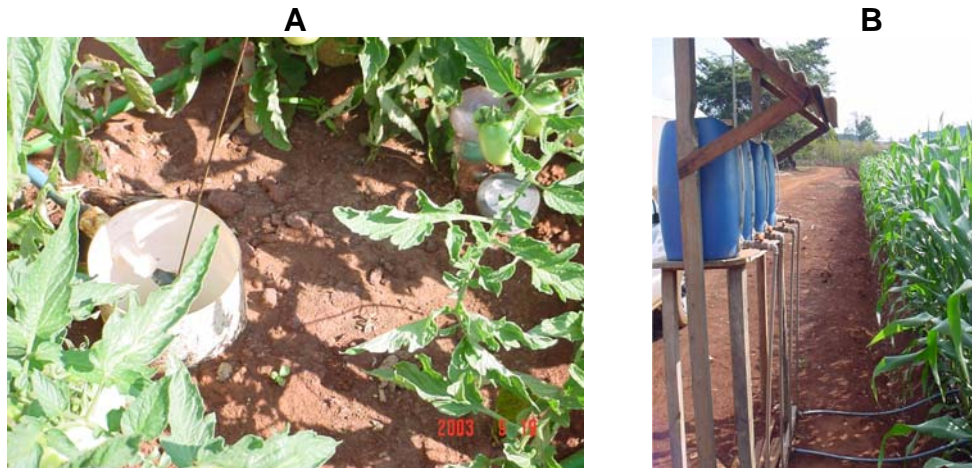


Figura 09: Vista do lisímetro de lençol freático constante, cultivado com tomate manejado com tensiômetros (A) e tambores de fornecimento de água (B).

Nos primeiros 40 dias, a partir do transplântio da cultura, o lençol freático, dentro dos lisímetros, foi mantido a 30 cm de profundidade (em relação a borda). Após este período a profundidade do lençol foi alterada gradualmente até atingir 50 cm.

A variação na profundidade do lençol freático foi definida em função da profundidade do sistema radicular da cultura do tomate (Quadro 06)

O  $K_c$  da cultura foi determinado a partir da lâmina consumida diariamente no lisímetro ( $E_{tc}$ ) dividida pela evapotranspiração de referência. O valor da referência foi calculado pelo software IRRIGA utilizando a equação de Penman-Monteith e os dados meteorológicos fornecidos pela estação agrometeorológica instalada no local.,

$$k_c = \frac{E_{tc}}{E_{to}} \quad \text{equação (18)}$$

em que,

$K_c$  = Coeficiente de cultura

$E_{tc}$  = Evapotranspiração da cultura; mm/dia

$E_{to}$  = Evapotranspiração de referência; mm/dia

Nas condições estabelecidas nos lisímetros (com ou sem cobertura) os valores de  $k_l$  (localização da irrigação) e  $k_s$  (coeficiente de variação da umidade de

solo) não interferem, pois são considerados igual a unidade, em função do modo de molhamento (sua área toda com a elevação do lençol freático) e umidade do solo constante na capacidade de campo.

Quadro 06: Diferentes profundidades efetivas em relação aos estádios fenológicos considerados para a cultura do tomate.

Estádio fenológico	Duração dias	Profundidade efetiva cm
Inicial	20	10
Pegamento	15	20
Desenvolvimento	40	25
Produção	50	35

### **3.3. Determinação da lâmina de irrigação nas variedades Sheila e Débora em dois sistemas de condução cultivados no solo sob cobertura plástica.**

Na realização do manejo da irrigação foi utilizado o método do balanço hídrico calculado através do programa IRRIGA juntamente com os dados climáticos, determinando-se a umidade do solo para aferição do programa pelo método padrão de estufa.

A diferenciação das lâminas de irrigação foi feita pela alteração no tempo de aplicação de água pelas fitas gotejadoras mediante o manejo dos registros de entrada de linha, tendo como parâmetro a lâmina 1, conforme descritos no quadro 07.

O tratamento L1, correspondente à lâmina de 100%, calculada pelo programa IRRIGA, utilizando os coeficientes para a cultura recomendados na literatura, e as informações locais relativas ao clima, solo, água, cultura e irrigação. As outras lâminas foram calculadas a partir desta e as irrigações foram realizadas diariamente, baseadas no pré-resultado do manejo via cálculo estimativo.

Para a análise da incidência da podridão apical, foram contados os frutos com este dano.

Para o cálculo da lâmina de evapotranspiração foi utilizado o coeficiente  $K_l$  proposto por Fereres (equação 10), com irrigações de alta frequência (turno de rega diário).

Quadro 07: Caracterização dos tratamentos de lâminas de irrigação para o experimento.

Tratamentos	Lâminas de irrigação (% $E_{c_{ajustada}}$ )
L1	100%
L2	115%
L3	130%
L4	85%
L5	70%

### 3.4 Determinação do tempo térmico (graus dias) do tomateiro

A determinação do tempo térmico do tomateiro, foi feita considerando os estádios de crescimento da cultura (Quadro 8), e seu valor calculado pela equação:

$$Gd = \sum (T_{média} - T_{basal})$$

em que,

$T_{média}$  = Temperatura média diária do ar, °C.

$T_{basal}$  = Temperatura basal da cultura, °C.

Os estádios de desenvolvimento foram definidos como:

- Pegamento: Efetivo estabelecimento da planta após o transplântio;
- Floração: Inicia no aparecimento das primeiras flores na planta;
- Frutificação: Inicia quando encontrado pelo menos um fruto de aproximadamente 2 cm de diâmetro;
- Colheita: A partir da primeira colheita realizada.

Quadro 08: Definição dos estádios de crescimento da cultura do tomate

Estádio	Períodos
Inicial	Da sementeira até o transplântio
Pegamento	Do transplântio até o final do pegamento
Desenvolvimento	Do final do pegamento até o final da frutificação
Produção	Do final da frutificação até a retirada da lavoura do campo

### 3.5. Manejo de irrigação pelo método do balanço de água no solo utilizando o software IRRIGA em conjunto com a estação meteorológica.

No IRRIGA<sup>®</sup> foi realizado todo o pré-cadastramento necessário, características de solo, água, equipamento de irrigação utilizado, culturas, estações climatológicas próximas ao experimento e da estação local (Figura 10).

Uma vez efetuado o cadastramento, procede-se a divisão da área em parcelas de acordo com a lâmina de irrigação a ser utilizada. Após isto, deu-se início ao manejo da irrigação. O IRRIGA<sup>®</sup> calculou as necessidades hídricas da cultura, bem como o tempo de irrigação para cada parcela através do cadastramento dos dados meteorológicos retirados da estação instalada no local do experimento.

Definiu-se o coeficiente de estresse hídrico ( $k_s$ ) como logarítmico devido a possibilidade da não ocorrência de irrigações nos finais de semana

O método utilizado pelo programa foi o do balanço de água no solo e a  $ETo$  foi calculada pela equação de Pennam-Monteith (Padrão – FAO).

Para o cálculo da evapotranspiração da cultura ( $Etc$ ) o programa considerou os valores dos coeficientes de cultura ( $k_c$ ) de acordo com o estágio de desenvolvimento (Quadro 09).

Na figura 11, pode-se ver o comportamento do coeficiente de cultura de acordo com os estádios de desenvolvimento da cultura.

O coeficiente de localização ( $k_l$ ) utilizado pelo programa para o manejo foi o de Fereres (Equação 10).

Quadro 9. Estádios de desenvolvimento, duração e coeficientes de cultura ( $k_c$ ) para a cultura do tomate

Estádios	Definição	Duração	$k_c$
Inicial	Semeio ao transplântio	25 dias	0,5
Pegamento	Transplântio ao desenvolvimento	15 dias	0,6
Desenvolvimento	Pegamento à floração	30 dias	0,80
Produção I	Floração à colheita	40 dias	1,15
Produção II	Colheita à senescência	70 dias	1,20

\* Valores observados em condições de campo

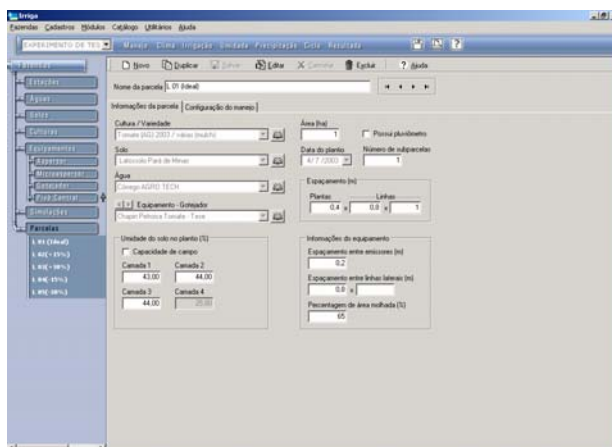


Figura 10. Tela de manejo do IRRIGA depois de realizado todo o cadastramento dos dados necessários

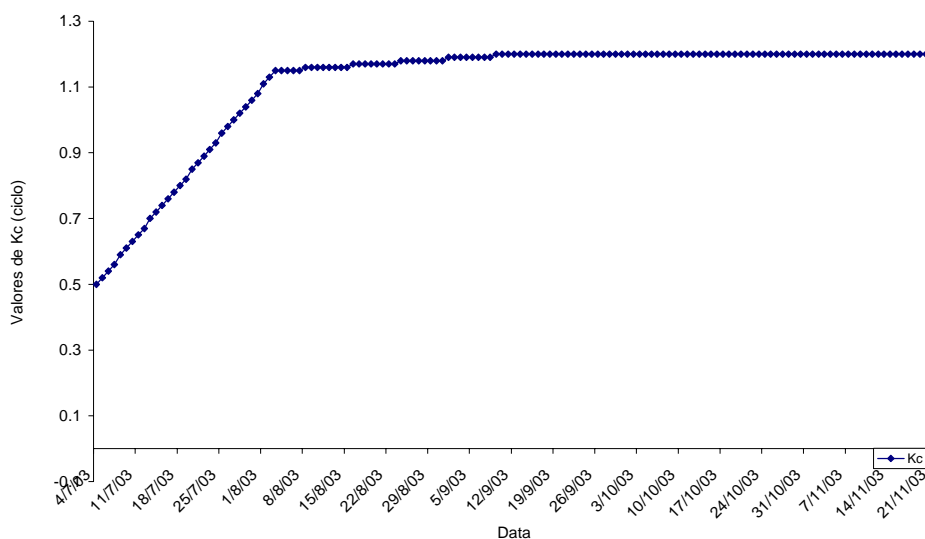


Figura 11. Gráfico do coeficiente de cultura para o tomateiro

### 3.6. Definição dos tratamentos

No quadro 10 apresenta-se o resumo dos três experimentos realizados.

#### 3.6.1 Detalhamento dos experimentos 1 e 2

Foram estudadas as interferências das lâminas de irrigação (100, 115, 130, 85, 70%) nas duas variedades e nas duas condições de cultivos descritos anteriormente. A lâmina de 100% foi determinada através do balanço hídrico de água no solo pelo programa IRRIGA<sup>®</sup>.

### 3.6.2 Detalhamento do experimento 3

Nesse experimento, utilizaram-se os lisímetros descritos anteriormente para a estimativa do coeficiente de cultura (kc) para a cultura do tomate cultivado com cobertura plástica e sem cobertura.

Os tomates foram da variedade Débora, sendo transplantadas quatro plantas dentro dos lisímetros com condução de espaçamento 0,8 m e seis plantas nos lisímetros cultivados com plantas no espaçamento 0,4 m entre plantas.

Quadro 10. Resumo dos tratamentos aplicados e as respectivas lâminas de irrigação, sistema de condução e variedade

Tratamento	Lâmina %	Condução C	Cobertura
Sheila			
1	100	1	Sim
2	100	2	Sim
3	115	1	Sim
4	115	2	Sim
5	130	1	Sim
6	130	2	Sim
7	85	1	Sim
8	85	2	Sim
9	70	1	Sim
10	70	2	Sim
Débora			
1	100	1	Sim
2	100	2	Sim
3	115	1	Sim
4	115	2	Sim
5	130	1	Sim
6	130	2	Sim
7	85	1	Sim
8	85	2	Sim
9	70	1	Sim
10	70	2	Sim
Lisímetros			
1	LF	1	Sim
2	LF	2	Sim
3	LF	1	Não
4	LF	2	Não

### 3.7. Avaliação do desenvolvimento vegetativo

Os parâmetros avaliados nas plantas foram: número de folhas totalmente expandidas, altura das plantas, número de flores e número de frutos, sendo que as medições iniciaram-se semanalmente, depois de 15 dias da diferenciação das lâminas.

### 3.8. Avaliação quantitativa e qualitativa da produção

A avaliação quantitativa da produtividade foi realizada por meio de colheitas semanais, iniciando em 15/09/2003 e terminando em 28/10/2003. Foi quantificada a massa total dos frutos, o número de frutos comerciais, massa e número de frutos não comerciais, número de frutos atacados por podridão apical, classificação dos frutos comerciais (Quadro 11) para cada repetição (parcela útil) existente (Figura 12)

Quadro 11. Classificação dos frutos de tomate utilizada para o comércio e definida pela portaria 553/95 do Ministério da Agricultura

Classes de Fruto	Maior diâmetro transversal (cm)
Gigante	> 10
Grande	8,0 – 10
Médio	6,5 – 8,0
Pequeno	6,0 – 6,5



A: Grande  
B: Médio  
C: Pequeno

Figura 12: Amostras dos tamanhos dos frutos a serem classificados

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Comportamento dos elementos climáticos durante o ciclo de desenvolvimento.

Os dados climáticos diários foram registrados pela estação meteorológica automática instalada no local do experimento, e posteriormente utilizados para a determinação do valor da evapotranspiração de referência estimado pela equação Penman-Monteith-FAO, com utilização do programa IRRIGA<sup>®</sup> (Figuras 13a, 13b e 13c).

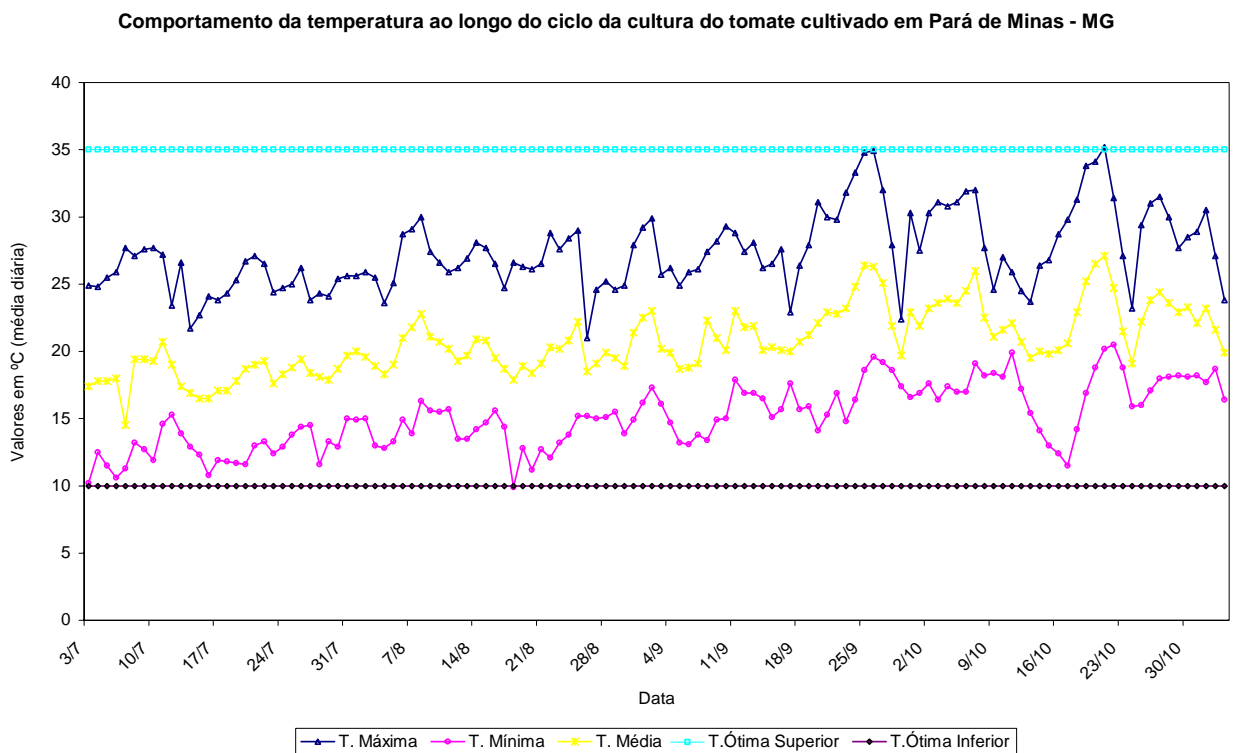
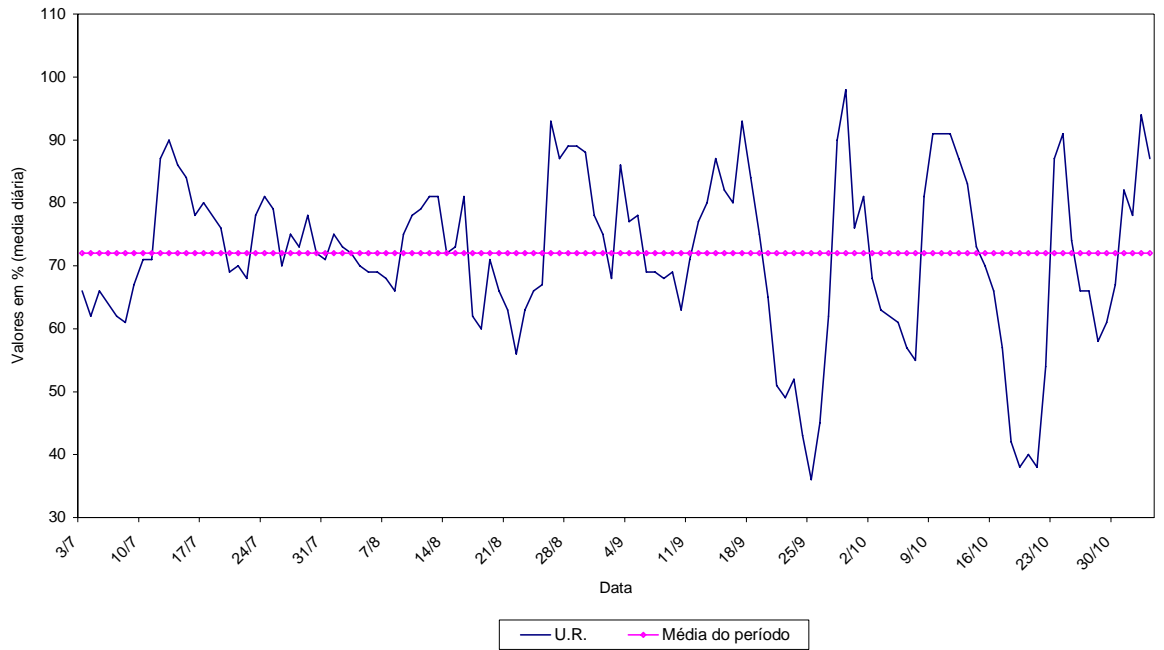


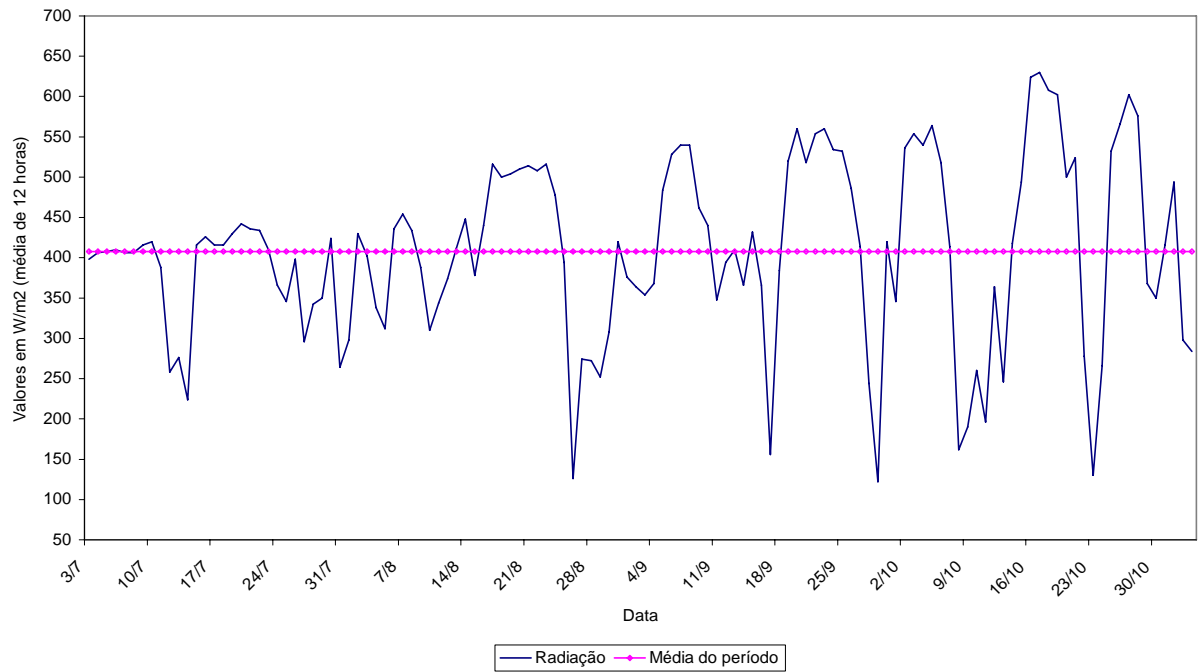
Figura 13a: Gráfico da variação da temperatura ao longo do ciclo da cultura

**Comportamento da umidade do ar ao longo do ciclo da cultura do tomate cultivado em Pará de Minas - MG**



**Figura 13b: Gráfico da variação da Umidade do ar ao longo do ciclo da cultura**

**Comportamento da radiação ao longo do ciclo da cultura do tomate cultivado em Pará de Minas - MG**



**Figura 13c: Gráfico da variação da radiação ao longo do ciclo da cultura**

## 4.2. Necessidade hídrica da cultura do tomateiro

O valor das lâminas de irrigação aplicada nos tratamentos está representado no quadro 13.

Quadro 13. Valor das lâminas de irrigação aplicada por tratamento

Tratamento	Lâmina (%)	Lâmina (mm)
T1	100	619
T2	115	696
T3	130	770
T4	85	538
T5	70	463

O resultado do manejo da irrigação foi satisfatório, pois se percebe através do gráfico (Figura 14), que o manejo para a lâmina de 100% manteve a umidade próxima à capacidade de campo, os pontos de menor umidade devem-se a correções realizadas na umidade do solo através da secagem do mesmo em estufa.

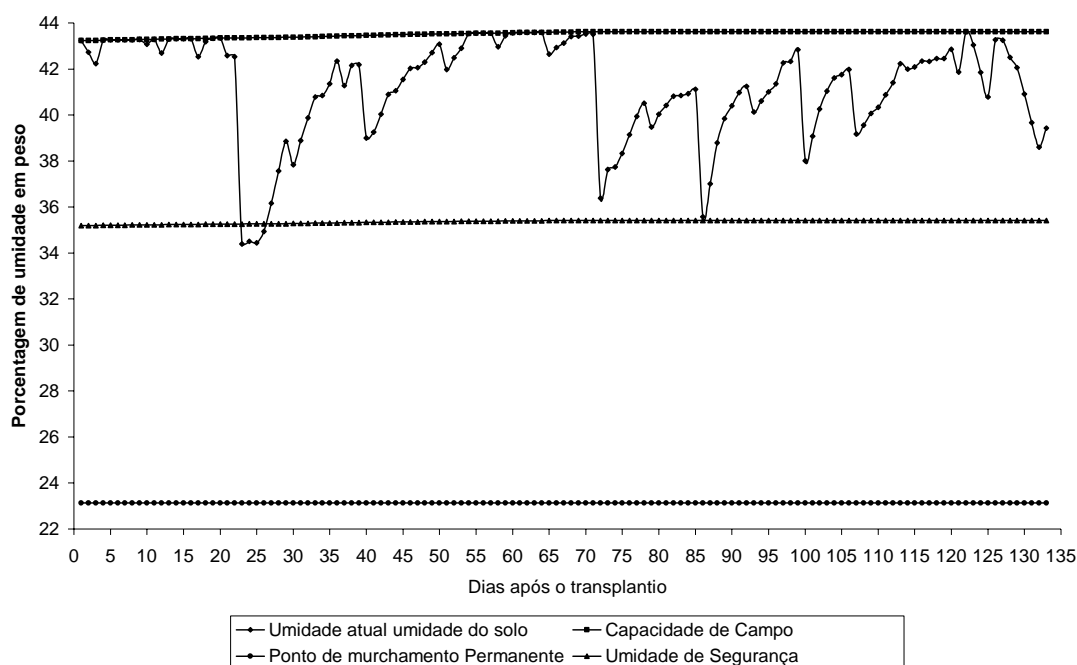


Figura 14. Evolução da umidade do solo para o tratamento 1 (100%) durante o ciclo da cultura em relação a CC, PM e fator de disponibilidade.

Observa-se nos gráficos de 85% e 70% uma grande região de déficit de água no solo, sendo os pontos de recuperação da umidade provocados por chuvas ocorridas na área (Figuras 15a e 15b).

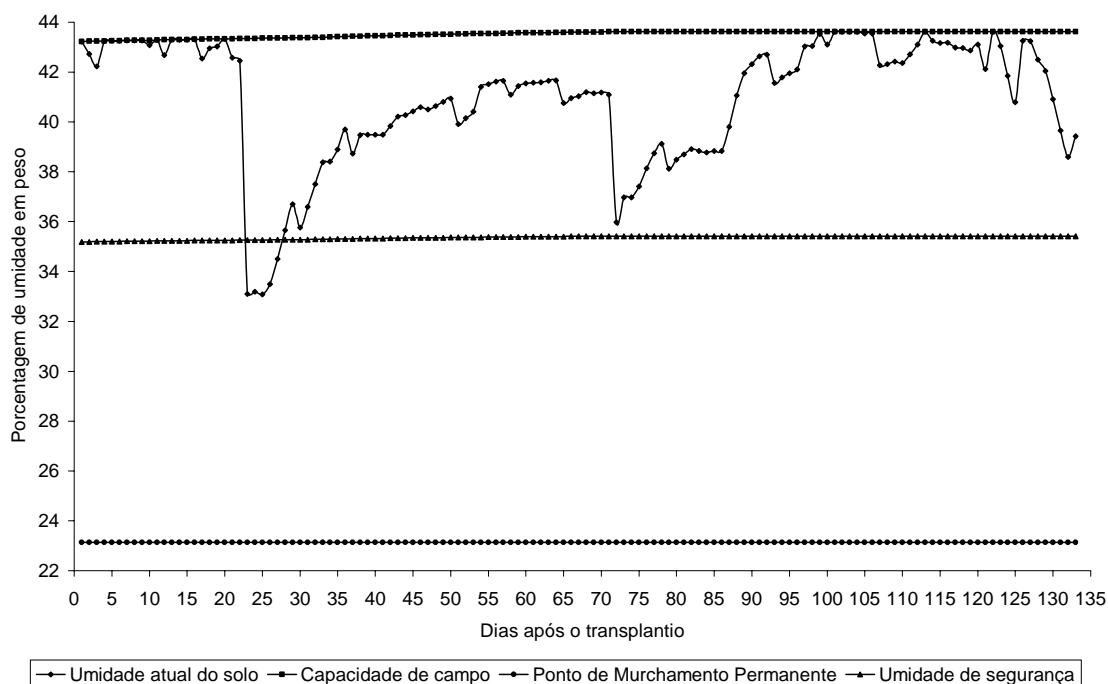


Figura 15a: Evolução da umidade do solo para o tratamento L4 (85%) durante o ciclo da cultura em relação a CC, PM e fator de disponibilidade.

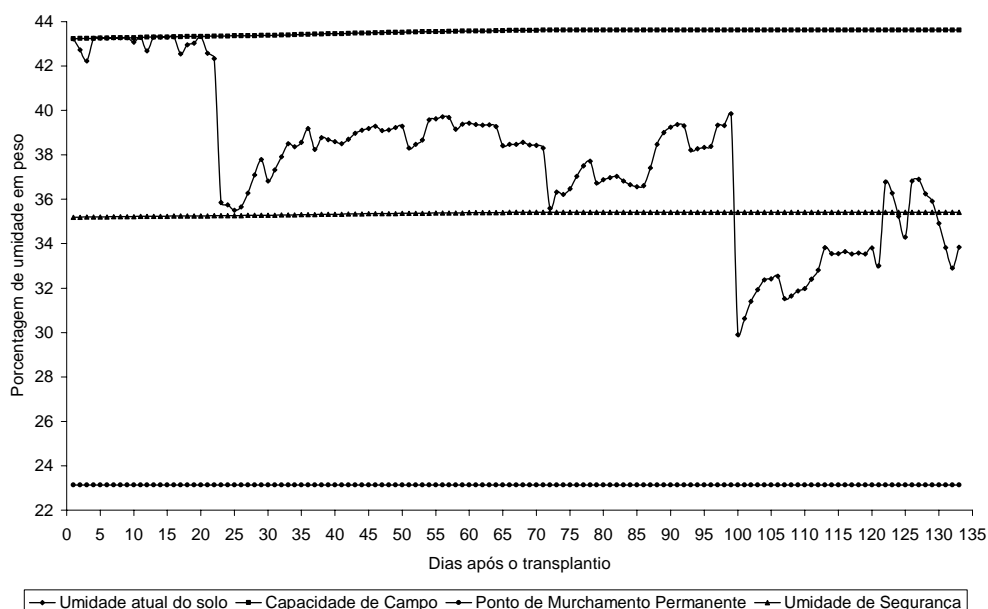


Figura 15b: Evolução da umidade do solo para o tratamento L5 (70%) durante o ciclo da cultura em relação a CC, PM e fator de disponibilidade.

Analisando-se os gráficos das lâminas de 115% e 130%, vemos os excessos correspondentes ao incremento da lamina ideal (Figuras 16a e 16b).

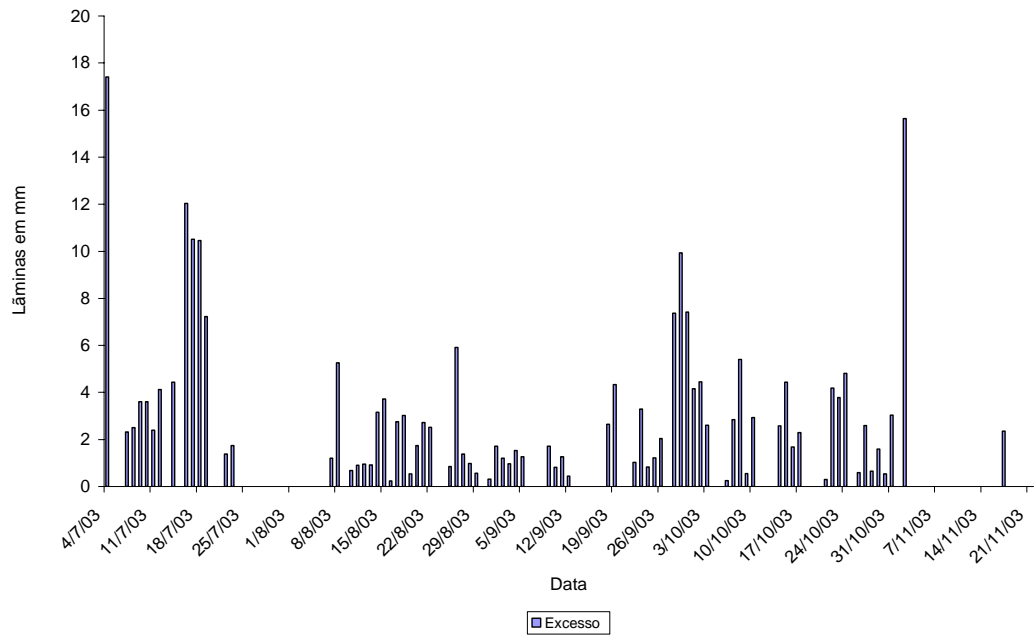


Figura 16a: Excesso de lâmina aplicada para o tratamento L2 (115%) durante o ciclo da cultura em relação a CC, PM e fator de disponibilidade.

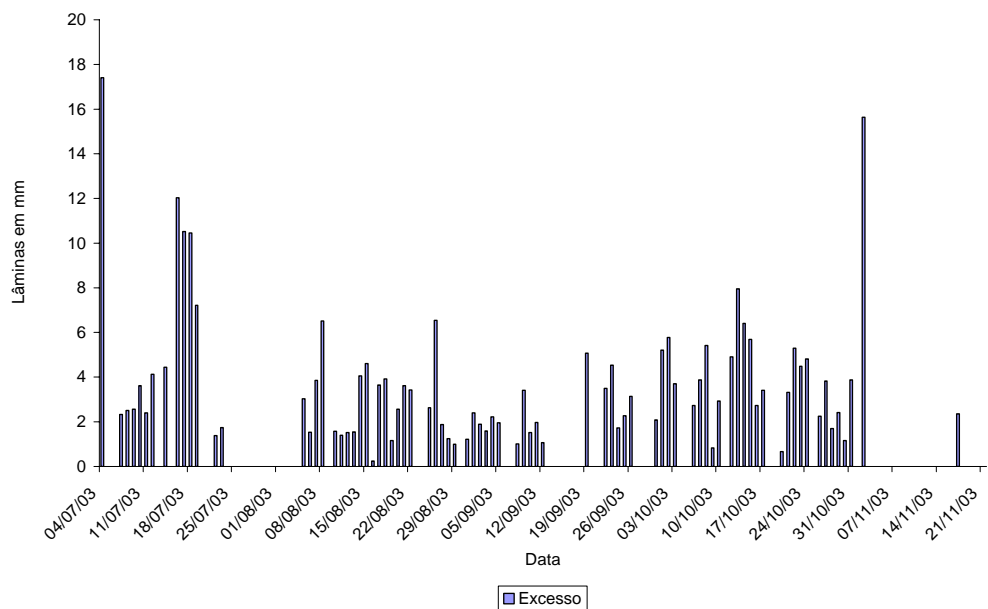


Figura 16a: Excesso de lâmina aplicada para o tratamento L3 (130%) durante o ciclo da cultura em relação a CC, PM e fator de disponibilidade.

### **4.3. Avaliação das características das plantas**

Através do programa Saeg, foi utilizado o teste de Duncan, segundo um esquema de parcelas subdivididas, considerando dois níveis de significância (1 e 5%) para a análise de estatística das características estudadas (folhas totalmente expandidas, altura de plantas, número de flores, número e peso de frutos e área foliar) (Quadro 14).

Os resultados do contraste das médias, pelo teste f, em função dos tratamentos (lâminas) e dos sistemas de condução considerando dois níveis de significância estão apresentados nos quadros 15 A e B.

Percebe-se que as lâminas de irrigação apresentaram efeito significativo apenas para as características número de frutos grandes e número de folhas na variedade Sheila o que pode ser explicado pelo fato desta variedade ter uma característica de produzir frutos grandes. Na variedade Débora as lâminas apresentaram efeito significativo para as variáveis, número de frutos totais, massa dos frutos comerciais e não-comerciais, número de frutos pequenos, médios e número de folhas.

O sistema de condução apresentou-se significativo para a maioria das características estudadas.

Não houve interação significativa entre as lâminas e os sistemas de condução para as características avaliadas. Isso indica que o êxito da utilização dos tratamentos (lâminas) na definição das características morfológicas avaliadas da cultura não se correlaciona com o sistema de condução utilizado.

Quadro 14. Análise de variância para as características número de fruto total (NFT), número de fruto comercial (NFC), número de frutos não comerciais (NFNC), peso dos frutos comerciais (PFC), peso dos frutos não-comerciais (PNFC), número de frutos grandes (NFG), número de frutos pequenos (NFP), número de frutos médios (NFM), número de folhas (NUMFOL) e altura de planta (ALTPLAN), número de flores (NUMFLOR) e Área foliar para as variedades Sheila e Débora.

### SHEILA

F.V	Bloco	Lamina (L)	Resíduo (a)	Condução (C)	L x C	Resíduo (b)	CV (%) P	CV (%) SP
GL	5	4	20	1	4	25		
NFT	195,9385	26,41852	47,49546	7370.417 **	22,52778	16,50556	14,66	8,64
NFC	72,37083	9,374537	18,92315	1001.778 **	26,46111	16,28343	23,50	21.802
NFNC	3,591944	2,787037	1,673426	4,911574	1,960185	1,570463	49,28	47,74
PFC	1607,787	377,5779	206,8495	8002.418 **	172,3425	260,4978	13,48	15,131
PFNC	437,7236	424,396	209,8076	1454.312 **	66,72006	177,3165	14,51	13,34
NFP	0,8175	3,915509	1,798287	10.00417 **	1,146528	0,8691667	60,72	42,217
NFM	9,478241	12,4669	5,959954	484.5042 **	6,192824	9,309537	17,19	21,491
NFG	4,248241	3.398843*	1,22162	4.004167 *	0,7715278	0,7547222	68,96	54,203
Num. Folhas	251,5219	42.95435 *	15,98921	0.7114074 *	0,1480741	0,1578519	48,27	4,79
Alt. Planta	0,005029	0,00979197	0,0064633	0.03078135 **	0,0048644	0,002921	5,72	3,8488
Num. Flor	14,77927	1,145444	2,179256	4.338074 *	1,211685	0,5507407	71,97	36,181
Área foliar	187234,7	141446,9	151095,2	104625,5	115661	152116,8	61,27	61,486

### DÉBORA

F.V	Bloco	Lamina (L)	Resíduo (a)	Condução (C)	L x C	Resíduo (b)	CV (%) P	CV (%) SP
GL	5	4	20	1	4	25		
NFT	2.782.763	3.403.356	2.911.354	31395,94 **	3.684.127	2.884.106	82,59	82,21
NFC	2.882.741	54,11273 **	1.033.273	409,0741 **	5.795.139	67.375.593	17,05	13.774
NFNC	1.261.574	0,2893519	0,4018519	2,604167 *	0,1157407	0,5467593	39,68	46.295
PFC	6.123.224	1950,767 **	2.417.136	14033,29 **	5.435.273	2.131.175	17,04	16.009
PFNC	3.868.272	1304,973 **	3.649.544	171	1.995.906	3.188.420	19,44	18.179
NFP	1.055.935	24,69398 **	3.177.870	4.178.241	7.168.981	4.876.389	18,69	23.157
NFM	1.349.824	72,99421**	6.940.602	389,3005 **	5.688.194	3.842.870	28,43	21.161
Num. Folhas	1.202.852	66,39475 **	2.144.044	0,1533519	0,014231488	0,2040556	62,58	61.058
Alt. Planta	0,01048855	0,0009561250	0,01042615	0,01636251	0,004497352	0,01185213	6,39	68.153
Num. Flor	8.286.296	2.704.398	1.993.009	0,02962963	0,1812500	0,6742593	52,83	30.728
Área foliar	33539,26	17692,09	39602,76	11275,10	12797,11	18931,71	22,65	15.663

(1) \* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

(2) \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste Duncan

(3) Sem asterisco não significativo pelo teste de Duncan

Analisando-se o quadro 15 B, vê-se que a condução 1 foi superior a condução 2 nas características vegetativas da planta, inclusive no número de frutos atacados por podridão apical. O sistema de condução 2 foi superior ao 1 nas características produtivas.

Quadro 15. Médias das variáveis número de frutos total (NFT), número de frutos comercial (NFC), número de frutos não comercial (NFNC), número de frutos atacados (NFA), peso dos frutos comerciais (PFC), peso dos frutos não comerciais (PFNC), número de frutos pequenos (NFP), número de frutos médios (NFM), número de frutos grandes (NFG), número de folhas (NFOL), número de flores (NFLOR), número de frutos (NFRUT) e área foliar (ARFOLIA) em função das lâminas de irrigação (A) e do sistema de condução utilizado na cultura do tomateiro (B) para as variedades Sheila e Débora. Pará de Minas – MG 2003.

Sheila						Débora					
Variáveis	Médias/Lamina					Variáveis	Médias/Lamina				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
NFT/planta	48.15 a	47.15 a	47.32 a	44.46 a	47.94 a	NFT/planta	63,25	54.97 d	56.74 d	56.75 d	94.92 d
NFC/planta	18.56 a	18.97 a	19.53 a	17.15 a	18.33 a	NFC/planta	16.25 b	21.19 a	19.76 a	20.04 a	16.97 b
NFNC/planta	2.60 a	2.40 a	3.43 a	2.15 a	2.54 a	NFNC/planta	1,6	1.67 d	1.81 d	1.53 d	1.39 d
NFA/planta	26.68 a	25.78 a	67.07 a	25.14 a	27.21 a	NFA/planta	45,56	32.24 d	52.39 d	35.64 d	71.56 d
PFC t/ha	105.21 a	116.60 a	104.53 a	102.99 a	104.01 a	PFC t/ha	77.91 b	105.14 a	100.21 a	95.05 a	77.66 b
PFNC t/ha	95.21 a	102.07 a	107.79 a	101.26 a	92.78 a	PFNC t/ha	104.53 a	99.33 a	105.62 a	101.53 a	80.10 b
NFP/planta	2.90 a	1.36 a	2.13 a	2.14 a	2.51 a	NFP/planta	8.64 bc	9.90b	7.72 c	11.50 a	9.92 b
NFM/planta	14.07 a	15.67 a	13.24 a	13.31 a	14.71 a	NFM/planta	7.63 b	11.40 a	12.29 a	8.42 b	6.58 b
NFG/planta	1.2639 ab	2.0278 a	2.0833 a	1.7917 ab	0.8472 b	NFG/planta	9.33 a	8.99 a	4.89 b	4.76 b	9.02 a
NFOL/planta	9.40 a	9.22 a	4.93 a	8.76 a	9.11 a	NFOL/planta	1.59 a	1.61 a	1.60 a	1.60 a	1.59 a
ALTPLAN/planta	1.37 a	1.44 a	1.42 a	1.39 a	1.40 a	ALTPLAN/planta	2.83 a	2.07 a	2.72 a	2.40 a	3.33 a
NFLOR/planta	1.62 a	1.89 a	2.08 a	2.25 a	2.41 a	NFLOR/planta	826.86 a	876.53 a	877.30 a	935.25 a	876.20 a
ARFOLIA	562.65 a	614.23 a	609.21 a	823.44 a	562.13 a	ARFOLIA					

Sheila			Débora		
Variáveis	Médias/Conducao		Variáveis	Médias/Conducao	
	C 1	C 2		C 1	C 2
NFT/planta	58.09 a	36 a	NFT/planta	88.2 a	42.45 a
NFC/planta	22.59 a	14 a	NFC/planta	21.46 a	16.23 a
NFNC/planta	2.91 a	2 a	NFNC/planta	1.81 a	1.39 a
NFA/planta	49.51 a	19 a	NFA/planta	68.75 a	26.2 a
PFC t/ha	95.12 a	118 a	PFC t/ha	75.9 a	106.48 a
PFNC t/ha	94.9 a	105 a	PFNC t/ha	96.53 a	99.91 a
NFP/planta	2.62 a	2 a	NFP/planta	9.8 a	9.27 a
NFM/planta	17.04 a	11 a	NFM/planta	11.81 a	6.72 a
NFG	1.86 a	1 a	NFG	-	-
NFOL/planta	8.39 a	8 a	NFOL/planta	7.45 a	7.35 a
ALTPLAN/planta	1.43 a	1 a	ALTPLAN/planta	1.58 a	1.61 a
NFLOR/planta	2.32 a	2 a	NFLOR/planta	2.65 a	2.69 a
ARFOLIA	676.09 a	593 a	ARFOLIA	892.14 a	864.72 a

\* As medias seguidas de mesma letra possuem significância entre si.

\* As medias seguidas de letras diferentes não são significantes entre si.

Foram geradas equações de regressão linear para os parâmetros com significância, tanto em lâmina quanto em condução e consideradas iguais à média os valores nos quais não houve significância. Os modelos de regressão que mais se ajustaram às características foram o cúbico e o quadrático, sendo escolhido o que possuía o maior  $R^2$ .

Nas figuras 17 – 27 apresentam-se os gráficos relacionados com as análises de regressão para as variáveis medidas nas duas variedades utilizadas, com as respectivas equações ajustadas.

Quadro 16. Valores médios das características frente a aplicação da lâmina média para as duas variedades em estudo (considerando  $y = y_{\text{medio}}$ )

Sheila				Debora			
	Y	R2	R2 ajust.		Y	R2	R2 ajust.
NFT	47	0.078916	-0.84217	NFC	19	0.24655	-0.5069
NFP	2.21	0.185212	-0.62958	PFC	91.2	0.462774	-0.07445
ALTPLAN	1.4	0.677397	-0.29041	ALTPLAN	1.6	0.620555	-0.51778
ARFOLIA	634.35	0.575182	0.699273	NFUT	13.3	0.525848	-0.89661
				ARFOLIA	878.5	0.335525	-0.01658

Analisando-se o gráfico da figura 17, observa-se um aumento no número de frutos comerciais com o aumento da lâmina aplicada. Tal comportamento pode ser explicado pela redução do abortamento floral em condições ótimas de umidade.

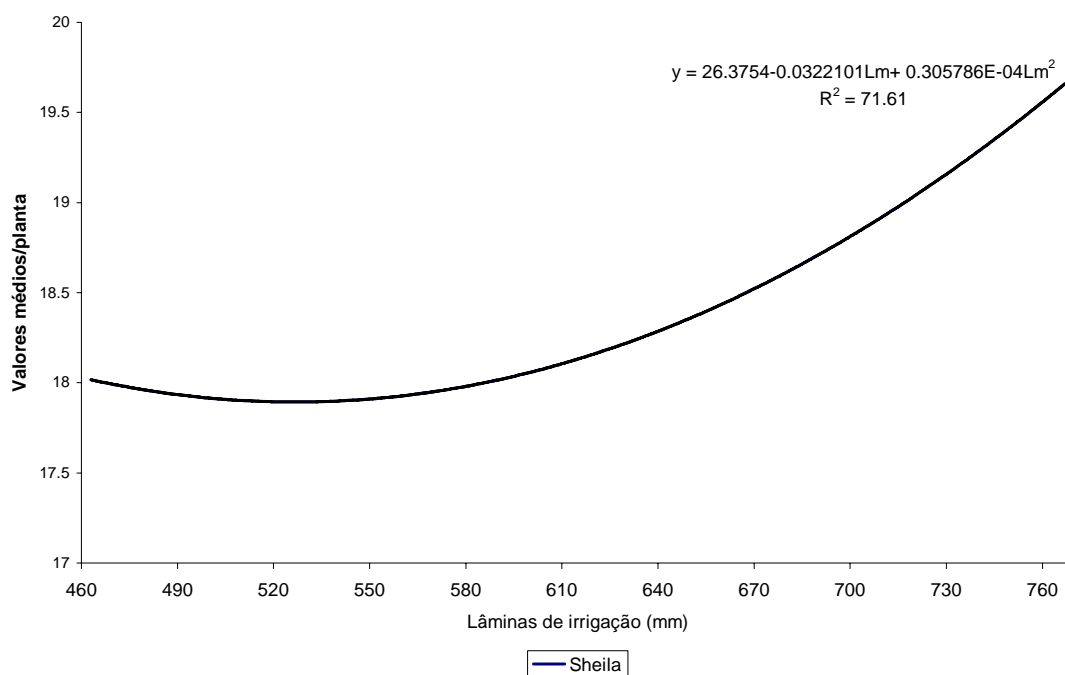


Figura 17. Número de frutos comerciais da variedade Sheila em função de lâminas de irrigação

Nos gráfico da figura 18 observa-se que a lâmina de 130% proporcionou um aumento no número de frutos não comerciais por planta nas duas variedades, isso pode ser atribuído ao fato da cultura ser extremamente sensível ao estresse, seja ele por excesso ou falta de água. O excesso de água também teve influência na

incidência de frutos atacados por podridão apical aumentando a incidência do distúrbio com o aumento da lâmina de água. Talvez se possa atribuir esse aumento a uma deficiência de Cálcio do solo (Figura 19).

O valor de lâmina que possibilitou a menor incidência de podridão apical para as variedades Sheila e Débora foram 566 mm e 630 mm respectivamente (Figura 19). Saure (2000) questiona se o aparecimento da podridão apical nos frutos de tomate esteja relacionado ao  $\text{Ca}^{2+}$  ou ao estresse, e propõem que a anomalia ocorre não um fator isolado, mas por um conjunto.

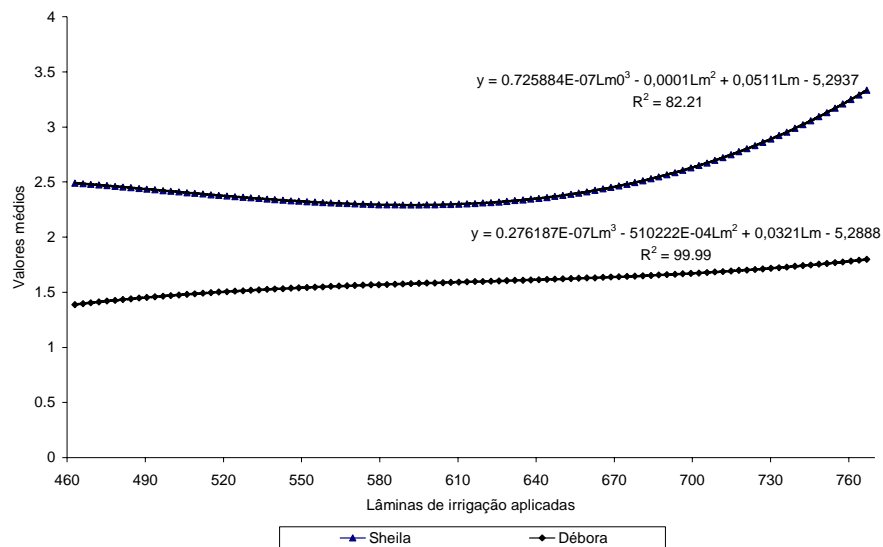


Figura 18: Número de frutos não comerciais das variedades Sheila e Débora em função de lâminas de irrigação.

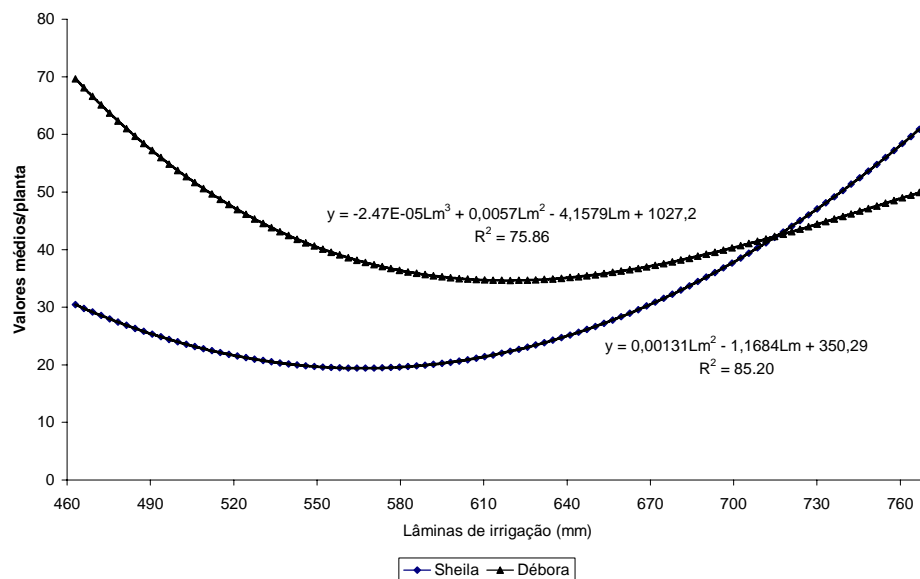


Figura 19: Número de frutos com atacados por fundo prETO na variedade Sheila e Débora em função de lâminas de irrigação

No gráfico de peso dos frutos comerciais (Figura 20) vê-se um aumento do peso dos frutos com o aumento da lâmina de irrigação, isso pode ter ocorrido devido às condições oferecidas para a cultura terem sido as ótimas, ou seja, sem estresses, o que possibilitou uma maior produção de frutos comerciais.

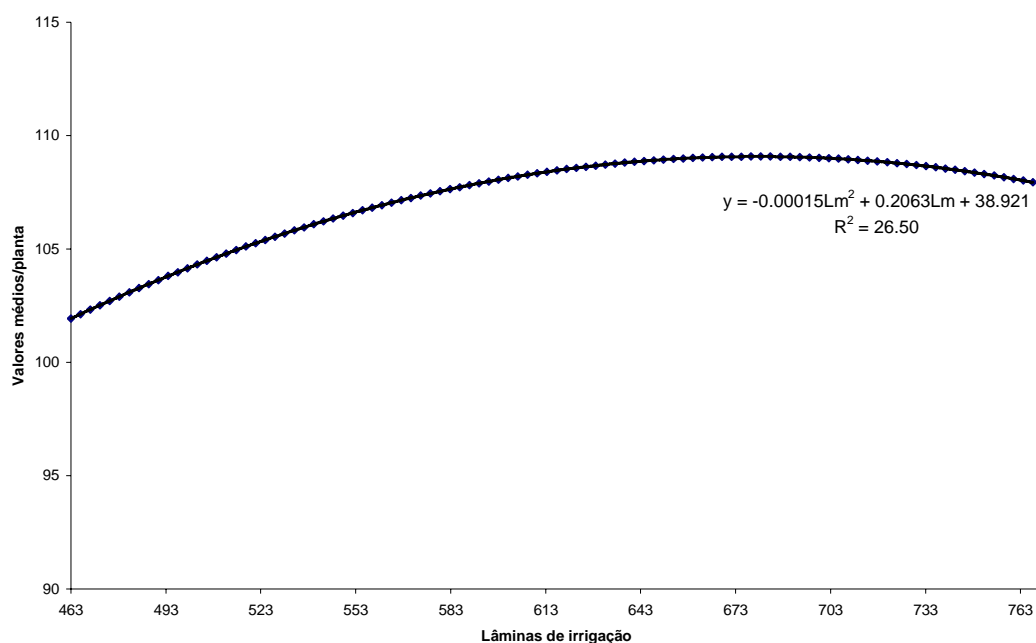


Figura 20: Peso dos frutos comerciais da variedade Sheila em função da lâmina de irrigação

Na figura 21 observa-se o peso dos frutos não-comerciais comportamento semelhante ao gráfico de peso dos frutos comerciais para a variedade Sheila devido ao grande volume de água absorvido pela planta frente às condições climáticas. Observa-se também que o peso dos frutos não-comerciais são inferiores ao peso dos frutos comerciais.

Vê-se, analisando-se o gráfico da figura 22 que para a variedade Sheila na faixa de 660 a 730 mm a produção do número de frutos médio sofreu influência positiva da lâmina de irrigação decrescendo a partir daí possivelmente devido ao excesso de água aplicada. A variedade Débora apresentou um aumento no número de frutos médios com o aumento da lâmina de irrigação. Esse fato relaciona-se com a particularidade dessa variedade em produzir frutos com essa classificação

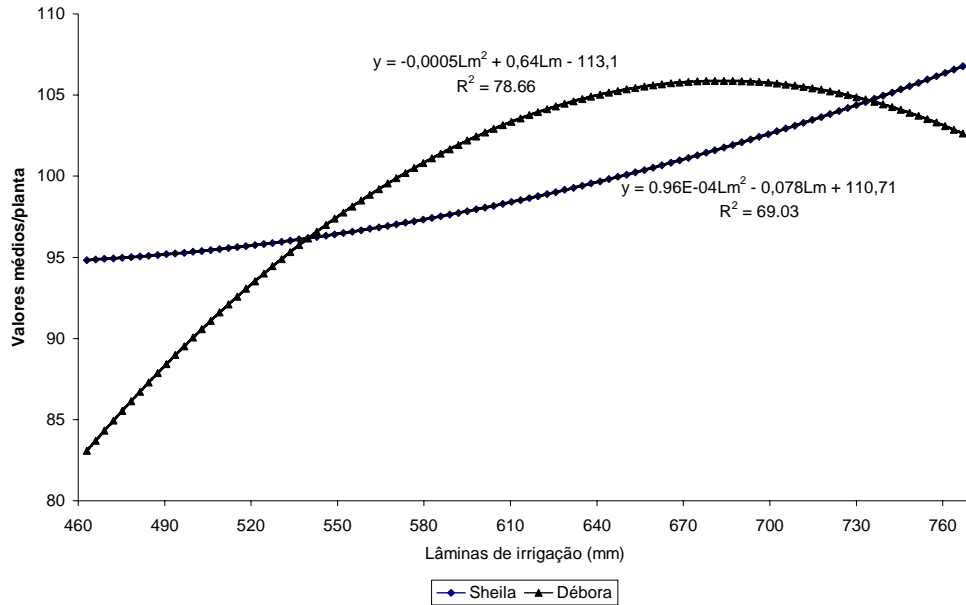


Figura 21: Peso dos frutos não comerciais da variedade Sheila e Débora em função das lâminas de irrigação

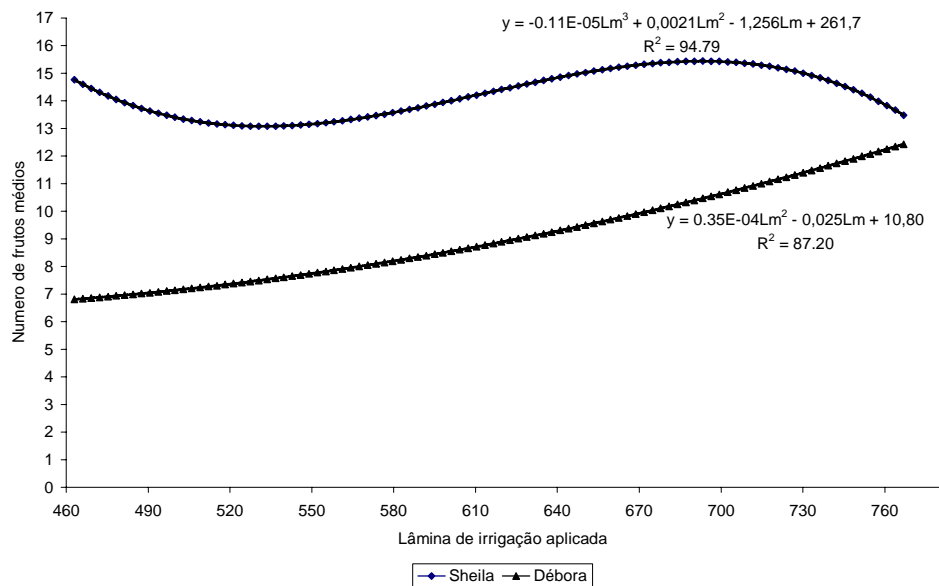


Figura 22: Número de frutos médios da variedade Sheila e Débora em função das lâminas de irrigação

Vê-se no gráfico da figura 23 que o a lâmina de irrigação teve uma influência marcante no número de frutos grandes quando comparada com a influência sob os frutos médios. A grande quantidade de frutos grandes pode ter ocorrido em função, da lâmina aplicada, a uma particularidade da variedade Sheila em produzir tomates de maior diâmetro.

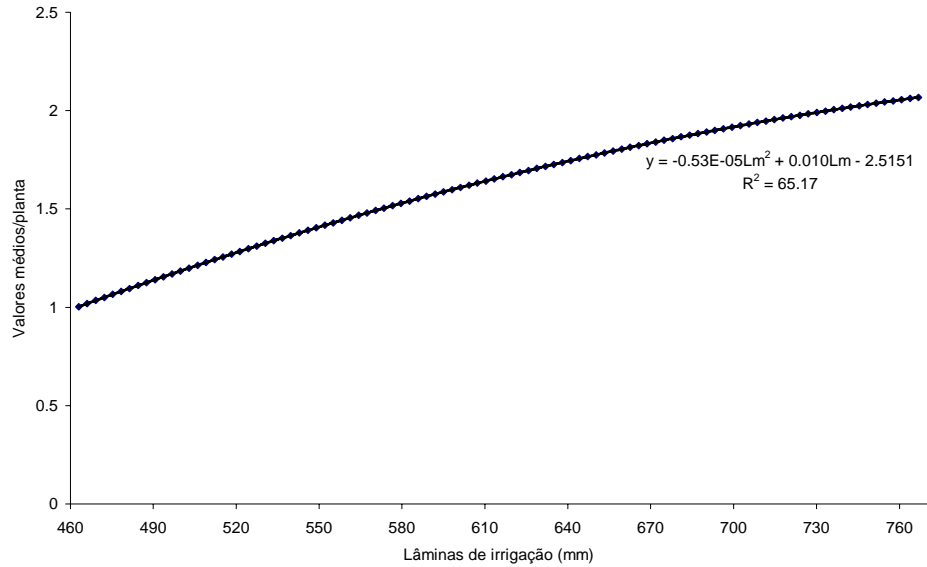


Figura 23: Número de frutos grandes da variedade Sheila em função das lâminas de irrigação

Na figura 24 observa-se no gráfico uma redução no número de folhas frente a um aumento na lâmina de irrigação. Esse comportamento pode ter ocorrido devido a uma resposta da planta frente a uma condição de excesso de água. Além disso, esse parâmetro foi medido no início ciclo da cultura, o que pode ter causado uma distorção em relação ao ciclo todo, pois, as observações, não mensuradas, mostraram um alto número de folhas nas plantas.

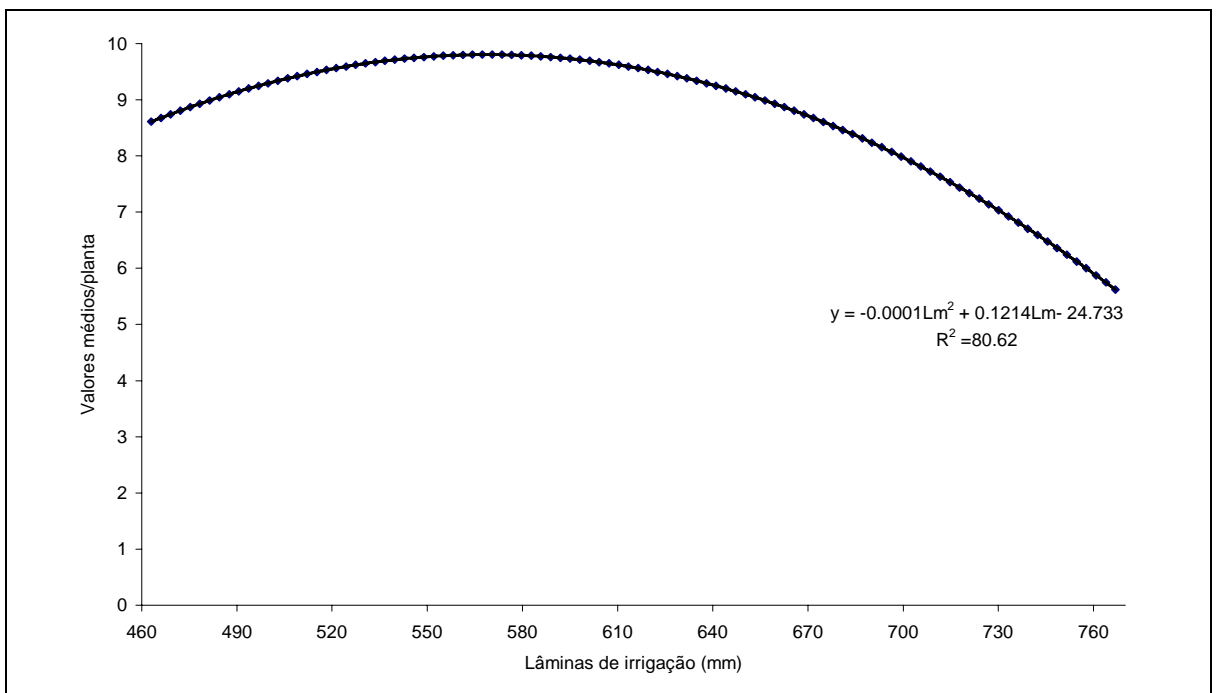


Figura 24: Número de folhas da variedade Sheila em função das lâminas de irrigação

O comportamento do número de flores observado no gráfico da figura 25 ficou comprometido frente à ausência de algumas medições que não foram realizadas a tempo de se contar as flores que já se encontravam em estágio de frutificação.

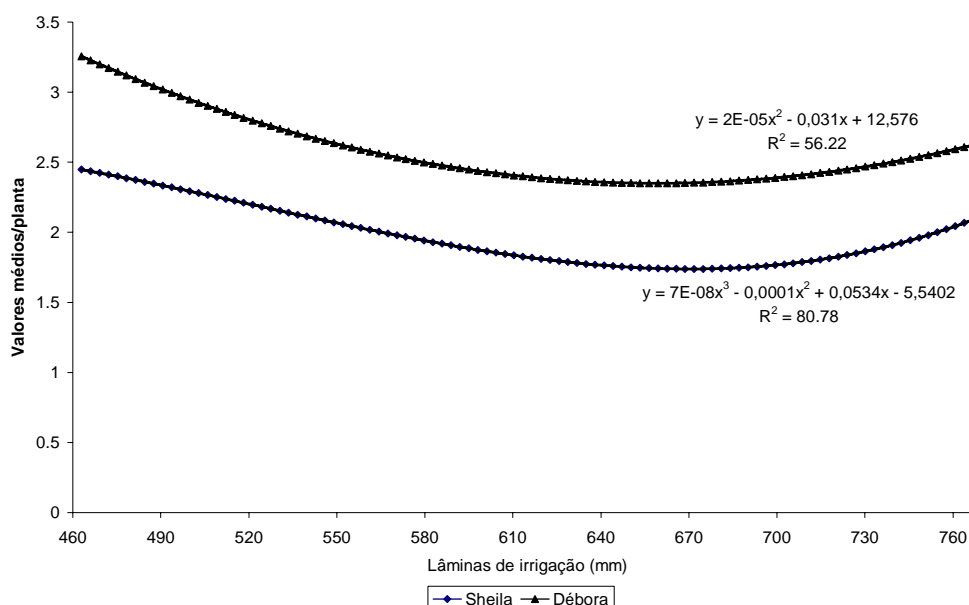


Figura 25: Número de flores da variedade Sheila e Débora em função das lâminas de irrigação

Pelo grau de variação entre as lâminas aplicadas esperava-se que o efeito da lâmina de água no número e no peso dos frutos fosse mais significativo, porém para a variedade Sheila se observou efeito benéfico da aplicação da lâmina de água em faixas definidas de lâmina.

Na figura 26 observa-se que o número de frutos totais foi bastante influenciado pela lâmina de irrigação para a variedade Débora, principalmente nos extremos de aplicação, vê-se que em condições de estresse hídrico a planta aumentou seu número de frutos. Provavelmente essa resposta tenha ocorrido frente ao estresse como uma estratégia de defesa para a manutenção da espécie.

O efeito da água na composição dos frutos é evidente quando se analisa o gráfico da Figura 27, aonde o número de frutos pequenos vai reduzindo-se com o aumento da lâmina de irrigação.

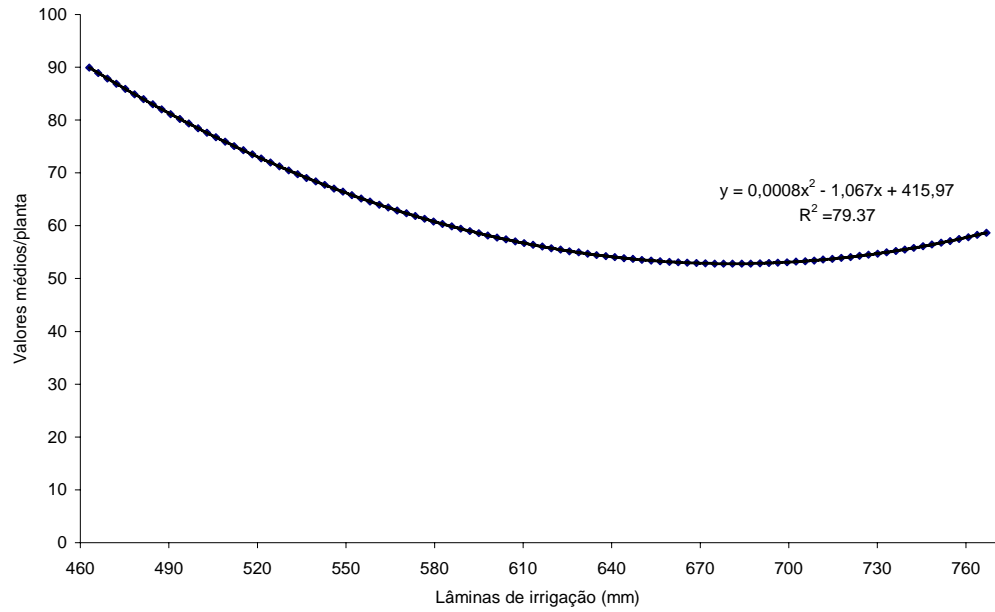


Figura 26: Número de total de frutos totais da variedade Débora em função das lâminas de irrigação

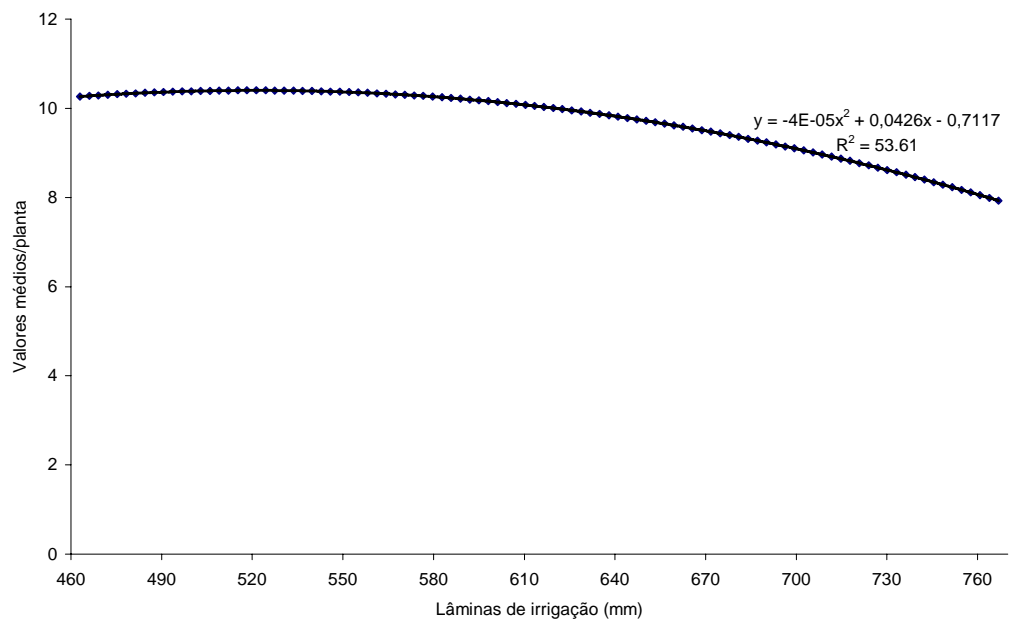


Figura 27: Número frutos pequenos na variedade Débora em função das lâminas de irrigação

#### 4.4. Graus dias

A caracterização da duração dos estádios de desenvolvimento, com valores em graus dias está representado no quadro 18. A temperatura base considerada para o tomateiro foi de 10° C. Para aumentar a exatidão dos valores de graus dias para os diversos estádios se faz necessário um estudo mais detalhado da temperatura basal, já que a temperatura influencia nos diferentes sub-periodos fenológicos, com intensidades diferentes, dependendo da variedade (ALVES et al., 2000).

Quadro 17. Valores de graus dias encontrados para a cultura do tomate com ciclo completo entre 09/06/2003 até 03/11/2003 em Para de Minas –MG.

Fase	Estádio	Definição	Valores	
			Dias	GD
1	Inicial	Vai da semente até o transplantio	24	220
2	Pegamento	Vai do transplantio até o final do pegamento	15	118
3	Desenvolvimento	do final do pegamento até o final da frutificação	61	602
4	Produção	do final da frutificação até a retirada da lavoura do campo	48	609
Total			148	1548

#### 4.5. Valor do coeficiente de cultura (kc) determinado para o tomateiro em dois sistemas de cultivo.

Após as leituras diárias realizadas nos lisímetros calculou-se a média por período onde se determinou o kc para dois ambientes de cultivo, solo coberto com filme plástico agrícola e solo descoberto (Quadro 19).

Os valores de kc determinados no experimento foram para as duas conduções (0,4 e 0,8 m entre plantas) e para os dois ambientes de cultivo (solo coberto e não coberto) na variedade Débora.

Analisando-se a tabela 19 vemos que os valores de kc foram maiores para as culturas cultivadas em solo com cobertura do que para as cultivadas em solo sem cobertura. Esse comportamento pode ser atribuído ao fato de que a fase inicial onde a cobertura tem influência na redução da evaporação do solo não foi medida. Assim como na floração a cultura praticamente já “fechou” ou seja, cobriu a maior parte da superfície do solo, logo, componente evaporação diminuiu sobressaindo-se o componente transpiração as plantas cobertas consumiram mais água. Esse maior consumo em relação das plantas cultivadas sem cobertura pode ser atribuído ao vigor apresentado pelas plantas na condição de cobertura.

Na figura 28 pode-se ver, que o vigor das plantas dentro dos lisímetros e igual aos das plantas fora dos lisímetros. Esse vigor é importante para que se possa ter a certeza de medir um valor representativo de evapotranspiração.

Percebe-se ainda que as plantas cultivadas no sistema de condução 0,4 m entre plantas com duas hastes/planta apresentaram um maior consumo em relação as plantas cultivadas no sistema de condução de 0,8 metros entre plantas com uma hastes/planta.

Os valores de kc sem cobertura para as fases floração, frutificação, colheita 1 e 2 aproximaram-se dos valores encontrados na literatura (MAROUELLI, 1996) que são: 0,30; 0,80; 1,15 e 0,65 respectivamente.

Quadro 18. Valores de coeficiente de cultura (kc) para a variedade Débora cultivada em dois sistemas de condução e em dois ambientes.

Estádios	0.8 m entre plantas/ 2 hastes		0.4 m entre plantas / 1 haste	
	SC	CC	SC	CC
Floração	0.53	0.75	0.80	0.92
Frutificação	0.80	1.10	1.05	1.17
Colheita 1	1.08	1.15	1.12	1.22
Colheita 2	0.73	0.86	0.85	1.03

\* SC: sem cobertura plástica; \* CC: com cobertura plástica



Figura 28. Detalhe das plantas cultivadas dentro dos lisímetros descobertos (A) e cobertos (B)

#### **4.6. Efeito da cobertura plástica no desenvolvimento da cultura.**

Para o estudo do efeito da cobertura sob a cultura foram deixados dois canteiros sem cobertura, irrigados com a lâmina de 100% nos dois sistemas de condução, totalizando quatro repetições. Não foi possível fazer análise estatística comparando esses tratamentos com os tratamentos com cobertura, pois eles têm número diferente de repetições.

Entretanto o efeito da cobertura no consumo de água foi estudado e definiram-se os kcs para os dois tipos de ambiente através das leituras nos lisímetros.

Observou-se que as plantas cultivadas sob a cobertura apresentaram vigor vegetativo maior em relação às plantas cultivadas em solo descoberto (Figura 29). Outra característica observada devido ao efeito da cobertura do solo foi no vigor o sistema radicular da cultura (Figura 30) e no engrossamento do caule (Figura 31).

Na análise dos gráficos (Figura 32 e 33) pode-se perceber que o ambiente com cobertura consumiu mais água que o ambiente sem cobertura, isso atribuído ao fato de que as plantas cultivadas sob o solo coberto apresentaram alto vigor vegetativo e por conseqüência uma maior exposição aos fatores relacionados ao processo evapotranspirativo. Deve-se observar que o consumo começou a ser medido 20 dias após o transplante, não mensurando, portanto o efeito da evaporação do solo que ocorre mais intensamente no início do ciclo quando o componente que comanda o processo evapotranspirativo é a evaporação do solo. Nesse a cultura já cobria a maior parte do canteiro (área de exposição do solo) mascarando o efeito da cobertura para a evaporação do solo. A partir desse estágio o processo evapotranspirativo teve como seu principal contribuinte a transpiração da planta e não mais a evaporação do solo.

Na análise dos gráficos pode-se verificar que o consumo de água vai aumentando a medida em que se avança o ciclo da cultura, porém vê-se que a Etc não entrou na sua fase de descendência, pois a cultura foi colhida antes de entrar em senescência.



Figura 29. Lavoura de tomate cultivada em solo descoberto (A) e em solo coberto (B)

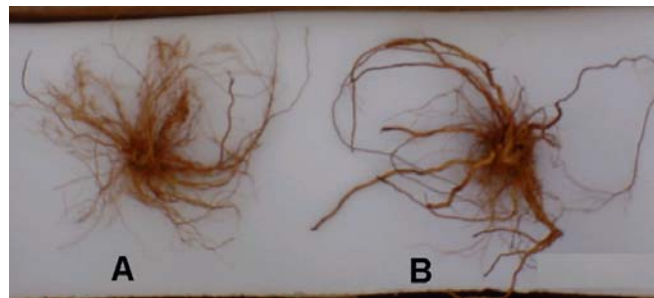


Figura 30. Sistema radicular cultivado sob cobertura (A) e sem cobertura (B)



Figura 31. Detalhe da diferença do engrossamento do caule de plantas cultivadas sem cobertura (A) e com cobertura (B)

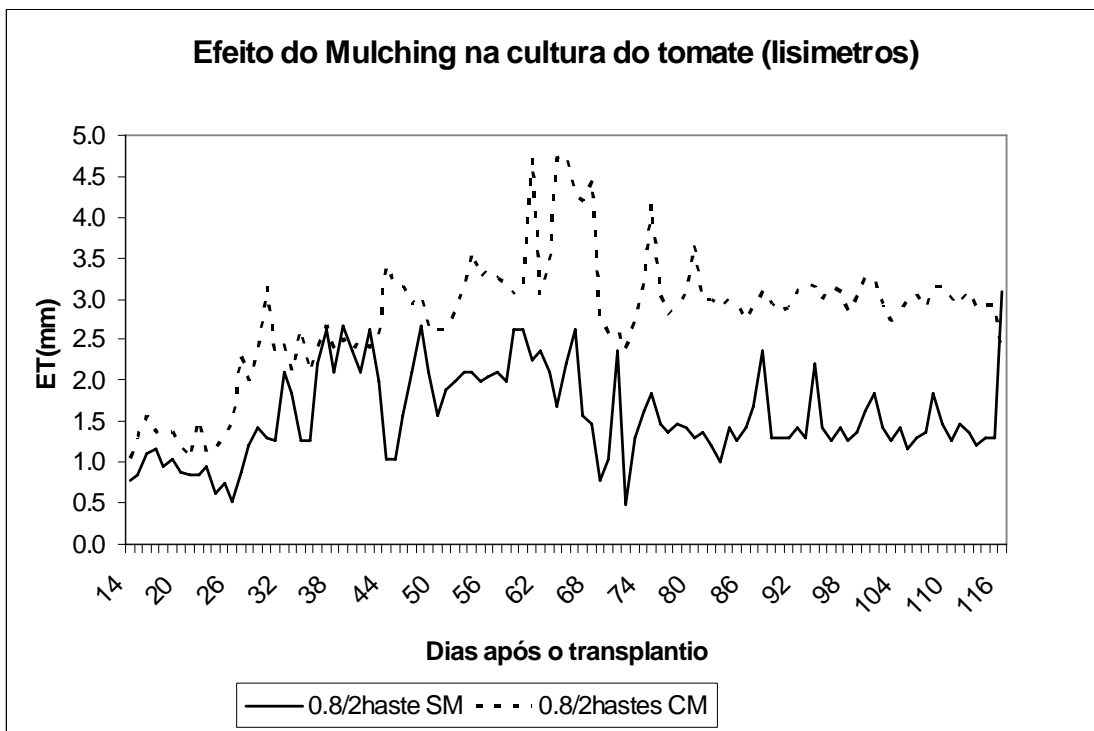


Figura 32a. Gráfico de comparação, de consumo de água, para o sistema de condução 01.

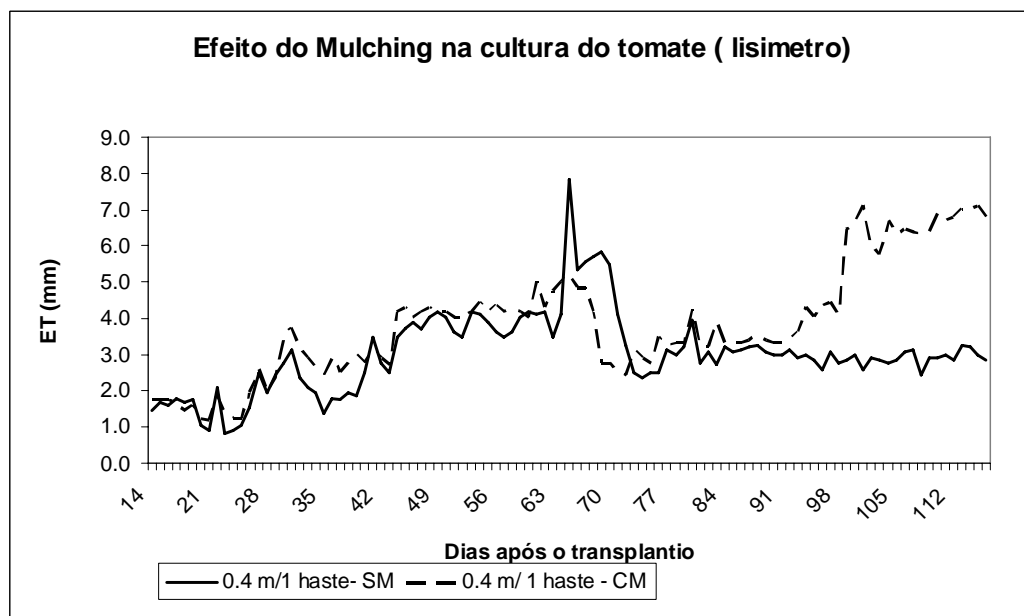


Figura 33. Gráfico de comparação, de consumo de água, para o sistema de condução 02.

## 5. CONCLUSÕES

Podemos concluir, pelo presente trabalho, que não houve interação significativa entre as lâminas de irrigação e os sistemas de condução, a lâmina média calculada foi de 620 mm ao longo de todo ciclo da cultura.

A lâmina de irrigação que proporcionou os melhores resultados de produtividade e uma menor incidência de podridão apical foi a de 696 mm para as duas variedades.

A incidência de podridão apical foi maior na lâmina de 463 mm.

Não houve interação significativa para a relação condução x lâmina aplicada.

Observou-se um maior número de frutos totais, comerciais e não comerciais para o sistema de condução 1 em relação ao 2.

Observou-se uma maior incidência de podridão apical no sistema de condução 1 em relação ao 2, fato explicado pela maior quantidade de frutos de um em relação a outro.

O sistema de condução 2 apresenta frutos com maior peso em relação ao sistema de condução 1.

Pode-se concluir que embora o sistema 2 apresente menos frutos que o sistema 1, a sua superioridade em relação a produtividade foi da ordem de 33 t/ha. Para adoção desse novo sistema de condução se faz necessário um estudo da relação custo benefício levando em conta um maior custo inicial com aquisição de mudas.

O ciclo total da cultura foi de 148 dias, totalizando 1548 graus dias para essas condições de cultivo, considerando uma temperatura basal de 10° C.

O software IRRIGA apresentou-se como uma excelente ferramenta para a realização do manejo da irrigação propiciando um rigoroso gerenciamento da quantidade de água a ser aplicada e o momento exato da aplicação.

O efeito da cobertura do solo acarretou um aumento na demanda hídrica da cultura, no vigor vegetativo e no desenvolvimento das raízes. Percebeu-se também que o sistema de condução com 0.4 metros entre plantas com uma haste/planta teve uma maior demanda hídrica, fato que pode estar relacionado com o stand de plantas/ha.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABOUKHALED, A, ALFARO, A, SMITH, M. 1982. **Lysimeters**. Rome: FAO,. 68p. (Irrigation and Drainage Paper,39).
- ALBREGTS, E.E.; HOWARD, C.M. 1972. **Effect of fertilization and cobertura plástica with bio-degradable polyethylene-coated paper on responses of okra and peppers**. Fla, Soil Crop Sci. Soc.
- ALBUQUERQUE, P.E.P.; JÚNIOR, A.S.A; SOUZA, F.; SEDIYAMA, G.C.; BEZERRA, J.R.C.; STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M.. 2002. **Coefficientes de cultivo das principais culturas anuais**. Irrigação e tecnologia moderna (ITEM). Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem. N°52/53, 4° trimestre de 2001 e 1° trimestre de 2002, p 49-55
- ALJIBURY, F. K., MARSH, A. W. e HUNTAMER, J. 1974. **Water use with drip irrigation**. 2nd International Drip Irrigation Congress Proceedings: p.341-345. California, USA.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. 1998. **Guidelines for computing crop water requeriments**. Rome: FAO. 308p. (FAO Irrigation and Drainage, 56).
- ANDRIOLO, J. L. 2000. **Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido**. Horticultura Brasileira, v. 18, p. 23-33. Suplemento.
- ARAUJO, J.A.C.; ARAUJO, S.M.C.; LANE, P.D.C.; SIQUEIRA, C.E.M. 1992. **Análisis de la productividad del pepino (*Cucumis sativus L.*) variedad “vista Alegre”, utilizando cobertura de suelo con plásticos de colores diferentes**. Actas del: XII Congresso Internacional de Plásticos en Agricultura, Granada, Espanha, p. E-108 – E-109

- ARNOLD, C.Y. 1959. **The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system.** Journal of the American Society for Horticultural Science, Geneca, v. 74, p. 430-445.
- ASSIS, F.N. 1978. **O uso do evapotranspirômetro no estudo de algumas relações entre a evapotranspiração medida e estimada.** Piracicaba, SP: USP, 1978. 73 p. dissertação (Mestrado em Agrometeorologia).
- BAKKER, J. C., 1990. **Effects of day night humidity on yield and fruit quality of greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum* MILL).** Journal of Horticultural Science, v. 65, p. 323-331.
- BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R.; SUTILI,V.R. 1978. **Relação entre temperatura e desenvolvimento do milho.** In: Reunião Técnica Anual do Milho, 23; Reunião Técnica Anual do Sorgo, 7; Porto Alegre. Resumos...: IPAGRO, V. 19, 1978.
- BENOIT, F.; CEUSTERMANS, N. **El cultivo ecológico de hortalizas con plásticos.** Actas del: XII Congresso Internacional de Plásticos en Agricultura, Granada, Espanha, p. F-3 – F-20
- BERNARDO, S. 1996. **Manual de Irrigação.** 6. ed., Viçosa, UFV / Imprensa Universitária. 657 p.
- BOFF, P.; FONTES, P.C.R.; VALE, F.X.; ZAMBOLIM, L. **Controle da Mancha-de-estenfílio e da Pinta-Preta do tomateiro em função do sistema de condução.** Horticultura Brasileira, v. 10, n. 1, p. 25-27. 1992
- BURIOL, G.A; STRECK, N.A.; SCHNEIDER, F.M.; HELDWEIN, A.B. 1996. **Temperatura e umidade de um solo coberto com plásticos transparentes.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 4, n. 2, p. 1-6.

- CALIMAN, F. R. B., 2003. **Produção e qualidade de frutos de genótipos de tomateiro em ambiente protegido e no campo**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 70 p. (Dissertação de mestrado).
- CAMARGOS, M.I. 1998. **Produção e qualidade de tomate longa vida em estufa, em função do espaçamento e do número de cachos por planta**. Tese (Mestrado em Fitotecnia). UFV. Viçosa, 68p.
- CROSS, H.Z.; ZUBER, M.S. 1972. **Prediction of flowering dates in maize based on different methods of estimating thermal units**. Agronomy Journal, Madison, v. 64, p. 351-355.
- COCKSUSHULL K.E.; GRAVES C.J.; CAVE C.R.J. 1992. **The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes**. Journal of Horticultural Science, v. 67, n. 1, p. 11-24.
- DAVIES, J. N.; HOBSON, G. E. 1981. **The constituents of tomato fruit – the influence of environment, nutrition, and genotype**. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v. 15, p. 205 – 280.
- DIMITROV, PL.; TZEKLEEV, G. 1992. **Resultados de la utilización de cubiertas de acolchado en el cultivo de verduras en Bulgaria**. Actas del: XII Congresso Internacional de Plásticos en Agricultura, Granada, Espanha, E-136 – E137
- DORAIS, M.; GOSSELIN, A., PAPADOPOULOS, A. P., 2001. **Greenhouse tomato fruit quality**. Horticultural Reviews, v. 248, p. 239-306.
- DOORENBOS, J. e KASSAN, A. H. 1979. **Yield response to water**. Rome: FAO. 193p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33).
- DOORENBOS, J., PRUITT, J, O. 1977. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO. 179p (FAO Irrigation and Drainage, 24).

- FAPOHUNDA, H.O. 1992. **Irrigation frequency and amount for okra and tomato using a point source sprinkler system.** Scientia Horticulturae. Amsterdam, v. 49, n. 1/2, p. 25-31.
- FERERES, E. 1981. **Papel de la fisiología vegetal en la microirrigación. Recomendaciones para el manejo mejorado.** Ponencia en IV Seminario Latinoamericano de Microirrigación. Barquisimeto, Venezuela. (En prensa).
- FERNÁNDEZ, M<sup>a</sup>.D.; ORGAZ, F.; FERERES, E.; LÓPEZ, C.J.; CÉSPEDES, A.; PÉREZ, J.; BONACHELA, S.; GALLARDO, M. 2000. **Programación Del riego de cultivos hortícolas bajo invernadero en el sudeste español.** Cajamar (Caja Rural de Almería y Málaga). 78 p.
- FERREIRA, P.A.; VILDOSO, T.A.; FONTES, P.C.R.; PRUSKI, F.F.; CECON, P.R.; RAMOS, M.M.. 2001. **Efeito da flutuação do lençol freático na produção da cenoura (Daucus carota L.).** Revista Engenharia na Agricultura. AEAGRI-MG. vol. 9 nº 2, p. 132-146.
- FONTES, P.C.R.; FONTES, R.R. 1991. **Absorção de P e desenvolvimento do tomateiro rasteiro plantado em fileiras simples e duplas.** Horticultura Brasileira, Brasília, v. 9, n. 2, p. 77-79.
- FONTES, P.C.R.; FONTES, R.R. 1992. **Absorção de P e crescimento do tomateiro influenciado por fontes, níveis e posicionamento do fertilizante.** Horticultura Brasileira, Brasília, v. 10, n. 1, p. 11-13.
- FONTES, P.C.R. 2003. **Podridão apical do tomate, queima dos bordos das folhas em alface e depressão amarga dos frutos da maçã: deficiência de Ca?.** Horticultura Brasileira, Brasília, v. 21, n. 2, p. 144.
- GAO, L.; JIN, Z.; HUANG, Y., et al., 1992 **Rice clock model – a computer model to simulate rice development.** Agricultural and forest Meteorology. Amsterdam, v. 60, n. 1-2, p. 1-16.

- HERNANDEZ ABREU, J. M., PEREZ REGALADO, A., RODRIGO LOPEZ, J. e GONZALEZ HERNANDEZ, J. F. 1987. **El riego localizado**. Curso internacional de riego localizado. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias, 317p.
- HERNÁNDEZ, H.I.M.; JIMÉNEZ, L.I., ESCALANTE, F.B.; GUERRERO, E.N. 1992. **Efecto de acolchado con plástico en del desarrollo de vid (*Vitis vinifera* L.) bajo condiciones de riego por goteo en México**. Actas del: XII Congresso Internacional de Plásticos en Agricultura, Granada, Espanha, p. E-121 – E-128.
- HERNANDEZ ABREU, J. M., PEREZ REGALADO, A., RODRIGO LOPEZ, J. e GONZALEZ HERNANDEZ, J. F. 1987. **El riego localizado**. Curso internacional de riego localizado. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias, 317p.
- HEUVELINK, E. 1995. **Growth, development and yield of a tomato crop: periodic destructive measurements in greenhouse**. Scientia Horticulturae, v 61, p. 77-99.
- HOARE, E. R., GARZOLI, K. V. e BLACKWELL, J. 1974. **Plant water requirements as related to trickle irrigation**. 2nd International Drip Irrigation Congress Proceedings: p.323-328. California, USA, 1974.
- HOWELL, T. A.; SCHNEIDER, A. D.; JENSEN, M. E. History of lysimeter desing and use for evapotranspiration. In: ALLEN, R.G.; HOWELL, T. A.; PRUITT, W. O.; WALTER, I. A.; JENSEN, M. E.. 1991. **Lysimeter for evapotranspiration and environmental measurements**. New York: ASCE. P. 1-19.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geográfica e Estatística, 2002. **Produção Agrícola Municipal**. Site: [www.ibge.gov.br/sisdra](http://www.ibge.gov.br/sisdra)
- INFELD, J.A.; SILVA, J.B.; ASSIS, F.N. 1998. **Temperatura-base e graus-dia durante o período vegetativo de três grupos de cultivares de arroz irrigado**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, V. 6, n. 2, p. 187-191.

- JIMÉNEZ, M. R. ; MARTÍN, Q. 1992. **Respuesta del acolchoado en el desarrollo y rendimiento del cultivo de tomate en invernadero, túnel y cielo abierto.** Actas del: XII Congresso Internacional de Plásticos en Agricultura, Granada, Espanha, p. E-119 – E 26.
- KELLER, J. 1978. **Trickle irrigation.** En Soil Conservation Service National Engineering Handbook. Colorado, 129p.
- KELLER, J. e BLIESNER, R. D. 1990. **Sprinkle and trickle irrigation.** Van Nostrand Reinold, New York. 652p.
- KELLER, J. e KARMELI, D. 1975. **Trickle irrigation design.** Rain Bird Sprinkler. Glendora, California: s.n., 133p.
- KELLER, J. e KARMELI, D. 1975. **Trickle irrigation design.** Rain Bird Sprinkler. Glendora, California: s.n., 133p.
- LIMA, M.G.; LEAL, F.R.; SETÚBAL, J.W. 1993. **Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura para o tomateiro em Teresina – PI.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 2, p. 29-32.
- LOPES, M.C. & STRIPARI, P.C.. 1998. **A cultura do tomateiro.** In: GOTO, R. & TIVELLI, S.W.. Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais. São Paulo : Fundação Editora da UNESP, p15-30.
- MANTOVANI, E.C. 2003. **Curso de manejo de irrigação: Otimização do uso da água e energia utilizando o programa IRRIGA.** Viçosa, MG, 68 p.
- MANTOVANI, E.C. & COSTA, L.C. 1998. **Manejo integrado das culturas e dos recursos hídricos.** Workshop internacional sobre manejo integrado das culturas e dos recursos hídricos. Brasília-DF. SRH/MMA – DEA-UFV. 154p.

- MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R.; CARRIJO, A.; SILVA, H.R. 2001. **Estabelecendo parâmetros para a irrigação por gotejamento do tomateiro industrial.**, XI Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. Fortaleza-CE.
- MAROUELLI, W.A.; SILVA, H.R.; SILVA, W.L. 1986. **Manejo de irrigação em hortaliças.** Brasília: EMBRAPA/CNPH, 1986. 12 p. ( EMBRAPA/CNPH. Circular técnica, 2).
- MAROUELLI, W.A. & SILVA, W.L.C. 1998. **Manejo de irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos.** XXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola/Manejo de irrigação. Poços de Caldas-MG. Lavras: UFLA/SBEA, 378p.
- MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R. 1994. **Manejo da irrigação em hortaliças.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. Brasília: EMBRAPA - SPI. 60p.
- MILLS, W.T. 1964. **Heat unit system for predicting optimum peanut harvesting time.** Trans. ASAE. Michigam,n. 7, p. 307-309.
- MINAMI, K. & HAAG, H.P. 1980. **O tomateiro.** 2a edição Campinas, Fundação Cargill, 397p.
- MIRANDA, N.O.; MEDEIROS, J.F.; NASCIMENTO, I.B.; ALVES, L.P. 2003 **Produtividade e qualidade de frutos de melão em resposta à cobertura do solo com plástico prETo e ao preparo do solo.** Horticultura Brasileira, Brasília, v. 21, n. 3, p. 490-493
- MULHOLLAND, B. J., FUSSEL,M., EDMONDSON, R. N., BASHAM, J., MCKKE, J. M. T., 2001. **Effect of vpd, K nutrition and root-zone temperature on leaf area development,accumulation of Ca and K and Yield in tomato.** Journal of Horticultural Science & Biotechnology, v. 76, n. 5, p. 631-647.
- NONAMI, H.T.; FUKUYAMA, T.; YAMAMOTO, M.; LANG, L.; HASHIMOTO, Y.; ITO, T.; TOGNONI, F.; NAMIKI, T.; NUKAYA, A.; MARUO, T. 1995. **Blossom-**

- end rot of tomato plants may not be directly caused by calcium deficiency.**  
Acta Horticulturae, n. 396, p. 107-114.
- OLIVEIRA, V.R.; FONTES, P.C.R.; CAMPOS, J.P.; REIS, F.P. 1996. **Qualidade no tomate afetada pelo número de ramos por planta e pela poda apical.**, Revista Ceres, Viçosa, v. 43, n. 247, p. 309-318.
- OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal.**, São Paulo: ed. Agronômica Ceres, 440p, 1981.
- OWEN, P.C. 1971. **The effects of temperature on the growth and development of rice.** Field crop abstracts. Canberra, v. 24, n. 1, p. 1-8.
- PAPADOPOULOS, A. P., PARARAJASINGHAM, S., SHIPP, J. L., JARVIS, W. R., JEWETT, T. J., CLARKE, N. D., 1997. **Integrated management of greenhouse vegetable crops.** Horticultural Reviews, v. 21, p. 1-39.
- PELÚZIO, J.M. 1991. **Crescimento e partição de assimilados em tomateiro (Lycopersicon esculentum, Mill) após a poda apical.**, Viçosa: UFV, 1991. 49 p.
- PIZARRO, F. 1990. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF): goteo, microaspersión, exudación.** 2.ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 471p
- PORTERO, F.M. 1991. **Siembra bajo plastico en el cultivo del algodouero.** Junta de Andalucia (Consejería de Agricultura y Pesca) informações técnicas n. 11/91, p. 44.
- PHENE, C.J.; McCORMICK, R.L.; MIYANOTO, J.M., et al., 1985. **Evapotranspiration and crop coefficient of trickle-irrigated tomatoes. In: Drip/trickle irrigation in action.** St. Joseph: ASAE, 1985, v. 2, p. 823-831.

- PRELLA, A.; RIBEIRO, A.Ma.A. 2000. **Soma de graus-dia para o sub-período semeadura-maturação do amendoineiro.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 321-324.
- RIGNEY C.J.; WILLS R.B.H. 1981. **Calcium movement, a regulating factor in the initiation of tomato fruit ripening.** Revista HortScience v. 16, n. 4, p. 550-551.
- RUBINO, P.S.; TARANTINO, E. 1984. **The distribution of water uptake by processing tomatoes in Matapontino.** Revista Di Agronomia. Bologna, v. 18, n. 1, p. 21-27.
- SAURE, M.C. 2001. **Review. Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) – a calcium – or a stress-related disorder?.** Scientia Horticulturae, v. 90, p. 193-208.
- SILVA, W.L.C.; MAROUELLI, V.A. 1998. **Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos.** Manejo de irrigação - XXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Poços de Caldas-MG. SBEA/UFLA. p. 311-348.
- SILVA, E.C.; ALVARENGA, M.A.R.; CARVALHO, J.G. 1997. **Produção e podridão apical do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) podado e adensado sob influência da adubação nitrogenada e potássica.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 21, n. 3, p. 324-333.
- SILVA, E.C.; MIRANDA, J.R.P.; ALVARENGA, M.A.R. 2001. **Concentração de nutrientes e produção do tomateiro podado e adensado em função do uso de fósforo, de gesso e de fontes de nitrogênio.** Horticultura Brasileira, Brasília, v. 19, n. 1, p. 64-69.
- SILVA, F.C.; FOLEGATTI, M.V.; PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A. 1999. **Uso de dispositivos lisimétricos para medida da evapotranspiração de referência.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 19-23.

- SOARES, A. A. **Irrigação por aspersão e localizada**. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. Curso de Engenharia e Manejo de Irrigação, módulo 4. Brasília, DF : ABEAS; Viçosa, MG : UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1998. 86p.
- SGANZERLA, E.. 1995. **Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com plásticos**. 5ª ed. Ver. e atual., Guaíba : Agropecuária, 342p.
- SMITH, M.; ALLEN, R.G.; MONTEITH, J. L.; PERRIER,A.; PEREIRA, L.; SEGEREN, A. 1992. **Report of the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements**. UN-FAO, Rome, Italy, 54 p.
- STANSEL, J.W. 1975. **The rice plant its development and yield**. In: **SIX Decades of Rice Research In Texas**. Beaumont: Texas Agricultural Experiment Station, p. 9-221.
- STRECK, N.A.; SCHNEIDER, F.M.; BURIOL, G.A.; HELDWEIN, A.B. 1996. **Efeito da cobertura com polietileno prETO sobre o regime térmico de um solo**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 15-20.
- TESTEZLAF, R.; QUEIROZ, S.O.P.. 2002. **Perigo de salinização em ambientes protegidos**. Irrigação e tecnologia moderna (ITEM). Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem. N°52/53, 4º trimestre de 2001 e 1º trimestre de 2002, p 38-462.
- VERMEIREN, L. e JOBLING, G. A. 1980. **Localized irrigation**. Rome: FAO. 203p. (Irrigation and Drainage Paper, 36).
- VILLA NOVA, N.A., REICHARDT, K.. 1989. **Evaporação e evapotranspiração**. In : RAMOS, F. et al., Engenharia hidrológica. Rio de Janeiro: ABRH/UFRRJ,.Cap 3,p 145-97.

WALKER, A. J., HO, L. C. 1977. **Carbon translocation in the tomato: Carbon import and fruit growth.** Annals of Botany, v. 41, p. 813-823.

WARRINGTON, I.J., KANEMASU, E.T., 1983. **Corn growth response to temperature and photoperiodo. I. Seedling emergence,tasel initiation and anthesis.** Agronomy Journal, Madison,v. 75, p. 749-754.

## 7. APÊNDICE

### 7.1. Tabela de quantidade produzida de tomate para o Brasil, as regiões e as principais cidades produtoras.

Quantidade produzida (Tonelada)							
Cultura: Tomate							
Brasil, Região Geográfica e Unidade da Federação	Ano						
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Brasil	2.648.627	2.717.965	2.784.111	3.305.053	3.004.797	3.103.363	3.652.923
Norte	10.746	16.667	20.377	18.849	15.597	20.133	20.576
Nordeste	646.629	622.014	518.192	437.888	385.424	404.426	581.825
Sudeste	1.438.589	1.357.027	1.558.694	1.688.872	1.530.057	1.549.041	1.675.872
Sul	259.868	307.830	327.658	341.159	334.251	361.370	398.371
Centro-Oeste	292.795	414.427	359.190	818.285	739.468	768.393	976.279
Rondônia	3.038	4.004	2.265	1.813	2.581	3.381	1.064
Acre	75	77	79	82	70	73	73
Amazonas	1.793	3.249	3.826	3.255	3.255	3.255	3.793
Roraima	461	498	560	800	800	3.260	3.500
Pará	3.740	5.671	7.229	6.997	6.062	8.736	10.406
Tocantins	1.639	3.168	6.418	5.902	2.829	1.428	1.740
Maranhão	11.368	9.209	13.262	10.348	6.905	6.813	7.209
Piauí	1.485	2.267	7.121	2.048	2.043	2.098	1.890
Ceará	101.206	78.011	69.220	73.837	88.348	79.372	95.945
Rio Grande do Norte	9.699	8.715	1.923	4.673	7.290	7.045	11.178
Paraíba	29.980	25.012	9.311	15.131	16.157	12.000	14.941
Pernambuco	248.007	218.905	140.047	89.324	89.227	96.609	207.736
Sergipe	6.183	6.712	5.906	4.905	4.801	5.214	5.163
Bahia	238.701	273.183	271.402	237.622	170.653	195.275	237.763
Minas Gerais	292.167	395.762	544.282	655.026	532.380	626.580	637.219
Espírito Santo	145.965	126.811	97.588	104.776	95.289	99.433	109.539
Rio de Janeiro	168.377	192.154	205.324	180.470	193.328	197.398	163.124
São Paulo	832.080	642.300	711.500	748.600	709.060	625.630	765.990
Paraná	121.508	89.937	101.895	105.552	116.092	137.509	168.865
Santa Catarina	78.720	137.192	136.656	134.812	115.402	125.201	127.350
Rio Grande do Sul	59.640	80.701	89.107	100.795	102.757	98.660	102.156
Mato Grosso do Sul	4.752	6.513	7.686	7.690	6.419	7.070	7.110
Mato Grosso	3.901	3.905	3.245	3.006	4.098	3.021	2.355
Goiás	273.031	391.091	331.813	788.984	712.448	742.182	951.410
Distrito Federal	11.111	12.918	16.446	18.605	16.503	16.120	15.404

Fonte: IBGE - Produção Agrícola Municipal

Nota:

1 - Os municípios sem informação para pelo menos um produto da lavoura temporária não aparecem nas listas

2 - A partir do ano de 2001 as quantidades produzidas dos produtos melancia e melão passam a ser expressas em toneladas.

7.2. Tabela da área plantada com tomate para o Brasil, as regiões e as principais cidades produtoras.

<b>Área plantada (Hectare)</b>							
<b>Cultura: Tomate</b>							
<b>Brasil, Região Geográfica e Unidade da Federação</b>	<b>Ano</b>						
	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
Brasil	71.57	66.162	64.709	66.112	56.866	57.663	62.647
Norte	1.364	1.348	1.432	1.364	1.351	1.615	1.628
Nordeste	22.814	20.396	17.765	14.614	10.684	11.107	13.137
Sudeste	32.751	28.978	31.269	30.085	26.032	25.396	26.085
Sul	8.872	8.089	8.056	8.319	7.938	8.385	8.73
Centro-Oeste	5.769	7.351	6.187	11.73	10.861	11.16	13.067
Rondônia	214	241	153	113	160	133	45
Acre	2	2	2	3	3	3	3
Amazonas	784	762	762	768	768	768	802
Roraima	97	50	76	100	110	360	360
Pará	207	201	243	235	218	307	363
Tocantins	60	92	196	145	92	44	55
Maranhão	722	567	673	531	367	352	368
Piauí	132	109	343	103	99	105	90
Ceará	3.143	2.249	2.064	2.082	2.022	1.752	1.789
Rio Grande do Norte	388	297	126	217	255	270	360
Paraíba	1.225	948	390	480	460	381	522
Pernambuco	8.927	6.84	4.67	2.873	2.062	2.42	4.414
Sergipe	395	407	352	283	274	301	294
Bahia	7.882	8.979	9.147	8.045	5.145	5.526	5.3
Minas Gerais	11.925	9.24	11.659	12.174	9.685	10.25	9.765
Espírito Santo	2.518	2.19	1.659	1.619	1.498	1.514	1.687
Rio de Janeiro	3.228	3.268	3.611	3.252	3.362	3.342	2.703
São Paulo	15.08	14.28	14.34	13.04	11.487	10.29	11.93
Paraná	2.815	2.238	2.492	2.472	2.594	3.032	3.474
Santa Catarina	2.739	2.998	2.86	2.905	2.52	2.613	2.521
Rio Grande do Sul	3.318	2.853	2.704	2.942	2.824	2.74	2.735
Mato Grosso do Sul	139	174	206	209	213	192	182
Mato Grosso	225	178	155	151	179	164	118
Goiás	5.228	6.78	5.568	11.073	10.201	10.549	12.512
Distrito Federal	177	219	258	297	268	255	255

Fonte: IBGE - Produção Agrícola Municipal

Nota:

- 1 - Os municípios sem informação para pelo menos um produto da lavoura temporária não aparecem nas listas.
- 2 - A partir do ano de 2001 as quantidades produzidas dos produtos melancia e melão passam a ser expressas em toneladas.

7.3. Dados climáticos para a região de Pará de Minas – MG nos meses de cultivo do experimento.

<b>Meses</b>	<b>Temp. Máxima (°C)*</b>	<b>Temp. Mínima (°C)*</b>	<b>Temp. Média (°C)*</b>	<b>Um. Rel. (%)*</b>	<b>Radiação Média (W/m<sup>2</sup>)**</b>	<b>Vel. Vento (m/s)*</b>	<b>Precipitação (mm)***</b>
Julho	25.2	12.5	18.1	73.6	190.5	0.6	0.8
Agosto	26.5	14.1	19.9	73.5	198.2	0.7	8.0
Setembro	28.4	16.1	21.8	70.6	212.9	1.0	22.4
Outubro	29.1	17.1	22.7	67.8	215.7	1.0	23.8

\* Valor médio mensal;

\*\* Valor médio de 12 horas (mensais);

\*\*\* Valor total mensal;