



GUSTAVO GUERRA COSTA

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DO
MORANGUEIRO, SOB DIFERENTES TENSÕES
DA ÁGUA NO SOLO**

LAVRAS – MG

2011

GUSTAVO GUERRA COSTA

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DO MORANGUEIRO, SOB
DIFERENTES TENSÕES DA ÁGUA NO SOLO**

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

Orientador

Dr. Geraldo Magela Pereira

LAVRAS – MG

2011

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

Costa, Gustavo Guerra.

Produção e qualidade de frutos do morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo / Gustavo Guerra Costa. – Lavras : UFLA, 2011.

76 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Geraldo Magela Pereira.

Bibliografia.

1. *Fragaria x ananassa* Duch. 2. Irrigação por gotejamento. 3. Manejo da irrigação. 4. Características. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.587

GUSTAVO GUERRA COSTA

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DO MORANGUEIRO, SOB
DIFERENTES TENSÕES DA ÁGUA NO SOLO**

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

APROVADA em 25 de fevereiro de 2011.

Dr. Rovilson José de Souza UFLA

Dr. Renato Carvalho Vilas Boas UFLA

Dr. Geraldo Magela Pereira
Orientador

LAVRAS – MG

2011

AGRADECIMENTOS

A Deus, por esta magnífica oportunidade de evolução e aprendizado.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Engenharia (DEG), pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Aos meus pais, meu irmão e a todos os familiares, pelo carinho, incentivo e apoio incondicional durante este período.

À Nelita, pela dedicação e companheirismo, na realização deste sonho.

Ao professor Dr. Geraldo Magela Pereira, pela amizade e empenho na orientação deste trabalho.

Ao professor Dr. Rovilson José de Souza, pela co-orientação e pela atenção prestada durante a realização deste estudo.

Ao bolsista de iniciação científica Rafael Gatto e aos amigos da pós-graduação, Luciano Geisenhoff, Joaquim Alves e Renato Vilas Boas, que contribuíram de forma intensa, para que este trabalho fosse concretizado.

Aos professores do Departamento de Engenharia Agrícola, pelos esclarecimentos prestados durante o curso.

Aos funcionários do Setor de Engenharia de Água e Solo e Setor de Olericultura, que colaboraram durante a implantação e condução do experimento.

Aos colegas dos cursos de graduação e pós-graduação, pela amizade e empenho durante as atividades em grupo.

Enfim, a todos que de uma forma ou de outra, colaboraram para que este trabalho fosse realizado com êxito.

RESUMO

Objetivou-se, com este estudo, avaliar o efeito de diferentes tensões da água no solo, sobre a produção e a qualidade dos frutos de duas cultivares de morangueiro, irrigadas por gotejamento. O experimento foi conduzido em canteiros em casa de vegetação, localizada na área experimental do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período de junho a dezembro de 2009. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2 x 5, com três repetições. Os tratamentos constituíram-se de duas cultivares de morangueiro, Aromas e Oso Grande, e cinco tensões da água no solo, 12, 20, 30, 40 e 55 kPa. Com os resultados concluiu-se que a cultivar Oso Grande apresentou melhores respostas com relação às características de produção avaliadas, exceto a massa média do fruto. Para a obtenção dos maiores valores de massa fresca de frutos comerciais por planta, número de frutos total e comercial por planta e produtividade comercial, deve-se irrigar no momento em que a tensão da água no solo estiver em torno de 23 kPa, à profundidade de 0,15 m, em ambas cultivares. A massa média de frutos comerciais e a eficiência no uso da água (EUA), não foram influenciadas significativamente pelas diferentes tensões de água no solo estudadas. Com relação às características de qualidade do morango (sólidos solúveis totais, acidez total titulável, firmeza da polpa, pH, coloração externa e interna) não apresentaram respostas significativas das cultivares, às diferentes tensões de água no solo avaliadas.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch. Manejo da irrigação. Irrigação por gotejamento.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of different tensions of soil water on yield and fruit quality of two strawberry cultivars, irrigated by dripping. The experiment was carried out on plots in a greenhouse located in the experimental area of the Engineering Department of Federal University of Lavras (UFLA), from June to December 2009. The experimental design was randomized blocks (DBC) in 2 x 5 factorial design with three replications. The treatments consisted of two strawberry cultivars, Oso Grande and Aromas, and five tensions of soil water, 12, 20, 30, 40 and 55 kPa. The obtained results allowed concluding that the Oso Grande cultivar showed better responses with respect to production characteristics tested except for fruit weight. To obtain the highest values of fresh weight of marketable fruit per plant, total and commercial fruits per plant and marketable production, the irrigation must occur when the soil water stress is significantly influenced by different soil water tensions around 23 kPa at 0.15 m depth in both cultivars. The average weight of marketable fruit and water use efficiency (EUA) were not studied. With respect to quality characteristics of strawberry (total soluble solids, total titratable acidity, firmness, pH, external and internal color) the cultivars showed no significant responses to the different soil water tensions evaluated.

Keywords: *Fragaria x ananassa* Duch. Irrigation management. Drip irrigation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	Aspectos gerais da cultura do morangueiro	11
2.2	Características químicas e físicas do fruto de morango	14
2.3	Necessidade de água da cultura do morangueiro.....	15
2.4	Manejo da irrigação com base na tensão da água no solo.....	16
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	Localização e época do experimento	19
3.2	Caracterização das condições climáticas	20
3.3	Solo	22
3.3.1	Análises físicas.....	23
3.3.2	Análises químicas.....	25
3.3.3	Preparo do solo e canteiros	25
3.4	Delineamento experimental e tratamentos	26
3.5	Sistema e manejo da irrigação.....	29
3.6	Condução do experimento.....	33
3.7	Avaliação da produção	35
3.7.1	Massa fresca total de frutos por planta.....	36
3.7.2	Massa fresca de frutos comerciais por planta	36
3.7.3	Massa fresca de frutos não comerciais por planta	37
3.7.4	Número total de frutos por planta.....	37
3.7.5	Número de frutos comerciais por planta	37
3.7.6	Massa média de frutos comerciais.....	37
3.7.7	Produtividade total de frutos	38
3.7.8	Produtividade comercial de frutos	38
3.7.9	Eficiência no uso da água	38
3.8	Análise da qualidade pós-colheita	38
3.8.1	Sólidos solúveis totais.....	39
3.8.2	Acidez total titulável	39
3.8.3	Firmeza de polpa.....	39
3.8.4	Coloração interna e externa.....	40
3.8.5	pH.....	40
3.9	Análises estatísticas.....	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4.1	Tensões e lâminas de água aplicadas.....	41
4.2	Avaliação da produção	45
4.2.1	Massa fresca total de frutos por planta.....	45
4.2.2	Massa fresca de frutos comerciais por planta	48
4.2.3	Massa fresca de frutos não comerciais por planta	50

4.2.4	Número total de frutos por planta.....	51
4.2.5	Número de frutos comerciais por planta	54
4.2.6	Massa média de frutos comerciais.....	56
4.2.7	Produtividade total de frutos	57
4.2.8	Produtividade comercial de frutos	60
4.2.9	Eficiência no uso da água	63
4.3	Análise da qualidade pós-colheita	64
4.3.1	Sólidos solúveis totais.....	64
4.3.2	Acidez total titulável	65
4.3.3	Firmeza de polpa.....	67
4.3.4	Coloração interna e externa.....	68
4.3.5	pH.....	69
5	CONCLUSÕES.....	71
	REFERÊNCIAS.....	72

1 INTRODUÇÃO

O estado de Minas Gerais, maior produtor nacional de morango, tem na região de Pouso Alegre, situada no Sul do estado e distante 160 km da cidade de Lavras, o principal pólo de produção de morangos do país. Segundo dados do DETEC-EMATER/MG, há produção de morango em 18 municípios do Sul de Minas Gerais. Entretanto, considerando apenas as cidades de Pouso Alegre, Bom Repouso, Cambuí, Estiva, Espírito Santo do Dourado e Tocos do Mogi, a área total cultivada é de 1.200 ha, com 3.387 produtores e área média de 0,35 ha por produtor (CARVALHO, 2006).

A escolha das cultivares a ser utilizadas na exploração da cultura do morangueiro é um dos pontos-chaves para obter o sucesso esperado, pois, as características da cultivar submetida às condições ecológicas da área e região, somada ao manejo adotado, é que determinarão a produtividade e a qualidade do produto final. A cultivar Oso Grande responde por mais de 80% da produção sul-mineira (DUARTE FILHO; ANTUNES; PÁDUA, 2007).

No Brasil, o avanço crescente da pesquisa e o emprego de alta tecnologia no cultivo do morangueiro têm permitido produtividades de até 80 t. ha⁻¹ em regiões com condições edafoclimáticas propícias. A alta rentabilidade econômica da cultura (cerca de 224%) em comparação com outras culturas como milho (72%) e soja (2%) têm despertado o interesse dos agricultores. Além disso, a cultura desempenha também função social importante, em virtude da grande absorção de mão-de-obra e do fato de ser conduzida, principalmente, em pequenas propriedades de base familiar, proporcionando melhoria sensível na geração de empregos e renda e, conseqüentemente, na qualidade de vida das famílias produtoras (DIAS et al., 2007b).

Particularmente na região do Sul de Minas, estudos sobre a produção do morangueiro irrigado por gotejamento ainda são escassos, principalmente,

quanto ao aspecto do manejo adequado da irrigação, ou seja, o momento oportuno de irrigar e a quantidade de água a ser aplicada. Dentre as dificuldades que os produtores de morango têm encontrado, destaca-se a falta de informações específicas sobre qual o momento adequado de iniciar a irrigação e quanto de água aplicar nesta cultura. Assim sendo, na maioria das vezes, a irrigação por gotejamento vem sendo feita com base no senso prático do irrigante, o que pode resultar em aumento dos custos de produção (uso de energia, água e fertilizantes desnecessariamente) e queda da produtividade e/ou qualidade dos frutos (falta ou excesso de água), em função do manejo inadequado da irrigação.

Diante do exposto, objetivou-se com este estudo, avaliar o efeito de diferentes tensões de água no solo sobre a produção e a qualidade de frutos de duas cultivares de morangueiro, irrigadas por gotejamento, nas condições edafoclimáticas do Sul de Minas, visando estabelecer critérios para o manejo adequado da irrigação e, conseqüentemente, preservar os recursos hídricos e propiciar a sustentabilidade ambiental.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais da cultura do morangueiro

O cultivo do morangueiro ocorre em quase todo o mundo, em decorrência do valor de mercado do fruto comercializável e ao desenvolvimento de cultivares com grande poder de adaptabilidade tanto ao ambiente em que estão inseridas quanto ao método de cultivo e manejo empregados. Esta característica permite que o cultivo de morangueiros ocorra desde regiões frias, como o sul da Argentina, até em regiões quentes, como o centro-oeste brasileiro (PEREIRA, 2009).

A produção mundial de morango na safra 2005/2006 foi estimada em 2.562.449 toneladas de morangos frescos e 503.200 toneladas de morangos congelados. Os maiores produtores de morango dessa safra foram Estados Unidos (39,8%), China (25,2%), Espanha (11,5%), Japão (7,3%) e Polônia (6,2%). No caso de morangos congelados, os maiores produtores foram Estados Unidos (47,7%), China (16,4%), Polônia (14,9%), México (10,4%) e Espanha (7,9%) (ANUÁRIO..., 2008).

O cultivo comercial do morangueiro no Brasil é relativamente novo, não existindo registro exato de seu início. As poucas informações existentes na literatura relatam que se deu na década de 1950, na região da encosta da serra do sudeste do Rio Grande do Sul, de onde se expandiu para o restante do país (DUARTE FILHO, 2006).

O Brasil, apesar de não figurar entre os principais produtores mundiais, apresenta uma área representativa de pelo menos 3.500 ha plantados em todo o território (DUARTE FILHO; ANTUNES; PÁDUA, 2007). A produção nacional está em torno de 100 mil toneladas e, concentrada, principalmente, nas regiões Sudeste e Sul. Os Estados que mais produzem morango no Brasil são Minas

Gerai, produzindo cerca de 40 mil toneladas, São Paulo, com 29 mil toneladas e Rio Grande do Sul, com 11 mil toneladas. A produtividade média nos principais estados produtores é de 34 t ha⁻¹ em São Paulo, 32,7 t ha⁻¹ no Rio Grande do Sul e 25,2 t ha⁻¹ em Minas Gerais (CARVALHO, 2006).

Com relação à cultura, o morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) produz uma pequena planta herbácea, rasteira, perene, porém cultivada como anual em virtude da queda de produtividade e qualidade do produto. Forma pequenas touceiras, que aumentam de tamanho pela emissão de estolhos originários da planta-mãe. Tais estolhos enraízam-se e formam novas plantas ao redor, cobrindo o canteiro (FILGUEIRA, 2000).

O sistema radicular encontra-se a uma profundidade efetiva entre 20 a 40 cm no seu máximo desenvolvimento vegetativo (MAROUELLI; SILVA; SILVA, 1996). Assim, quando as características de solo e do sistema radicular são levadas em consideração, o manejo da irrigação pode ser ajustado às condições momentâneas da cultura.

A parte comestível da planta é o morango, pseudofruto não climatérico, de aparência, aroma e sabor muito apreciados (DOMINGUES, 2000). O receptáculo do fruto verdadeiro, que apresenta a polpa avermelhada e com excelentes sabores e aroma, é confundido com o fruto, um aquênio que se assemelha com minúsculas sementes de cor escura (fruto propriamente dito) e preso ao receptáculo (SCALON, 1996).

Segundo Silva, Dias e Maro (2007), a temperatura, o fotoperíodo e a interação entre esses elementos climáticos, podem comprometer o rendimento da cultura do morangueiro. Produtividades maiores são obtidas em regiões de clima ameno, sem ocorrência de granizo e geada, prejudiciais, particularmente, nas fases de floração e frutificação. Quando os dias se tornam mais curtos e as temperaturas mais baixas, as plantas têm estímulo para florescer, enquanto que

em dias mais longos e com temperaturas mais altas, as plantas tendem a produzir estolhos (DIAS et al., 2007b).

Dessa forma, a escolha da cultivar possui importância relevante no sucesso do cultivo dessa espécie e chega a ser limitante, em razão, principalmente, às suas exigências em fotoperíodo, número de horas de frio e temperatura, que variam em função do material genético (DUARTE FILHO; ANTUNES; PÁDUA, 2007). Além disso, devem ser considerados aspectos como rusticidade, produtividade, precocidade, conservação, sabor, tamanho, destino do fruto (*in natura* ou industrial) e resistência a pragas e doenças (DIAS et al., 2007c). No Sul de Minas Gerais as cultivares mais utilizadas são Dover, Campinas, Oso Grande, Camarosa, Sweet Charlie, Toyonoka, Tudla, Seascape, Aromas, Diamante e Gaivota (DUARTE FILHO, 2006).

A adubação do morangueiro é subdividida em adubação de plantio e de cobertura, seguindo as recomendações propostas pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (RIBEIRO; GUIMARÃES; ÁLVAREZ, 1999). Entretanto, Pacheco et al. (2007) relatam que algumas adaptações são necessárias, como o intervalo entre as adubações de cobertura, que deve ser parcelada a cada 15-20 dias, ao invés de aplicações mensais.

O plantio, geralmente, é realizado nos meses de março a maio e o período produtivo inicia-se aos 60-80 dias do plantio da muda e prolonga-se de maio a dezembro, com pico de produção em agosto e setembro. O ponto ideal de colheita para o mercado *in natura* é quando os frutos apresentam 75% de sua superfície na cor vermelha, enquanto que para indústria os morangos devem ser colhidos completamente maduros (DIAS et al., 2007b). Segundo Filgueira (2000), a produtividade é variável, sendo que produtores tecnificados obtêm de 35 a 50 t.ha⁻¹, mas há aqueles que atingem 80 t.ha⁻¹ nas condições brasileiras.

De acordo com Duarte Filho et al. (1999), com base nas respostas fotoperiódicas ao florescimento, as cultivares de morangueiro classificam-se em:

- a) cultivares de dias curtos ou uníferos: diferenciam suas gemas quando os dias são mais curtos e há uma redução da temperatura;
- b) cultivares de dias longos ou reflorescentes: diferenciam suas gemas preferencialmente com dias longos;
- c) cultivares neutras ou indiferentes ao fotoperíodo: são aquelas que reagem sexualmente tanto a dias curtos quanto a dias longos.

2.2 Características químicas e físicas do fruto de morango

A mudança dos hábitos alimentares da sociedade moderna leva os consumidores a buscarem cada vez mais, produtos com qualidade e conveniência, tais como: aparência, sabor, aroma e textura.

Nas cultivares de morangueiro, destinadas ao consumo *in natura*, a qualidade se refere ao bom paladar. Isto significa combinações agradáveis de sabor e textura, sabor resultante do paladar e olfato e a textura percebida pelas sensações bucais. A aparência se refere aos atributos visuais do produto, incluindo cor, conformação e tamanho. O objetivo é manter o produto tão próximo quanto possível da qualidade na ocasião da colheita (SILVA, 2004).

A caracterização física e química dos frutos é de grande importância, quando se estuda o comportamento de cultivares em uma determinada região, pois, permite obter informações sobre a qualidade do produto final (DIAS et al., 2007a). O teor de sólidos solúveis totais (SST) fornece um indicativo sobre a quantidade de açúcares que estão presentes nos frutos. Conforme avança o estágio de maturação, o teor de SST tende a aumentar, em virtude da biossíntese ou à degradação de polissacarídeo. De outra forma, a acidez total titulável (ATT) representa o teor de ácidos orgânicos (PEREIRA, 2009).

A cor é um atributo de qualidade para determinar o grau do produto fresco. Para produtos destinados ao mercado *in natura*, a cor superficial é de

importância primária. As modificações de cores dos frutos estão usualmente relacionadas com o grau de amadurecimento do produto (VILAS-BOAS, 1999).

A qualidade dos frutos para o mercado deve ser iniciada na pré-colheita e mantida durante a pós-colheita. Para isso, deve apresentar adequado acondicionamento, para que o período de comercialização seja o mais prolongado possível (BINOTTI; BENATO; SIGRIST, 2002). Em geral, os atributos de qualidade normalmente exigidos e desejados pelo consumidor para a maioria dos frutos são aparência, sabor, aroma, valor nutritivo e ausência de defeitos.

2.3 Necessidade de água da cultura do morangueiro

O morangueiro é uma planta exigente em água e os períodos críticos de necessidade hídrica ocorrem logo após o transplante das mudas, na formação dos botões, floração e frutificação (RONQUE, 1998).

Klar, Campos e Catâneo (1990) observaram que o estresse de água, no florescimento e na frutificação, teve maior efeito na redução da produção, quando comparado ao déficit durante o desenvolvimento vegetativo.

A deficiência hídrica afeta a expansão da área foliar que pode chegar à metade com redução de apenas 25% da água necessária à cultura. Isto mostra a sensibilidade dessa cultura às condições hídricas do solo (EL-FARHAN; PRITTS, 2002).

Outros autores, relatam uma diminuição na massa média de frutos, como Mannini e Gallina (1994) e Yasuba et al. (1995). Segundo Iuchi (1993), o déficit hídrico reduziu o número de folhas e de “frutos”, bem como o acúmulo de matéria seca e a área foliar, nas cultivares Campinas e AGF80. Já a relação raiz/parte aérea não foi modificada pelos níveis de água no solo. Ainda, segundo esse autor, na capacidade de campo ocorreu maior evapotranspiração, em função

da maior área foliar, associada à disponibilidade de água no solo e à menor resistência estomática.

Por outro lado, o morangueiro, também, é sensível ao excesso de água e a saturação prolongada do solo. O desenvolvimento radicular e a absorção mineral dependem do suprimento de oxigênio do solo (MAAS, 1984). No caso de excesso de água, por um período de curta duração, ocorre adaptação estrutural das raízes de absorção e no processo de renovação, elas são substituídas por outras mais curtas e mais espessas. Ainda segundo Maas (1984), as raízes de absorção formadas em condições de boa aeração, morrem pelo excesso de água, por causa da exclusão do ar.

Desse modo, a sanidade das mudas e do solo, bem como o manejo cultural, desempenham papel importante na resposta à irrigação, principalmente, quando a produtividade máxima é obtida em condições de menor tensão da água no solo.

2.4 Manejo da irrigação com base na tensão da água no solo

Sempre que um solo não estiver saturado, nele existem ar e interfaces água/ar (meniscos) que lhe conferem o estado de tensão (pressão negativa). Assim, a água no solo, via de regra, encontra-se sob tensões. A tensão da água no solo, chamada de potencial matricial, é resultante da afinidade da água com a matriz do solo, por causa das forças de adsorção e de capilaridade, oriundas das forças coesivas e adesivas, que se desenvolvem entre as três fases do solo (GOMIDE, 2000).

O potencial matricial do solo é um importante indicador da disponibilidade de água para as plantas (SMAJSTRLA; HARRISON, 1998), o qual corresponde a uma medida da quantidade de energia requerida pelas plantas para extrair água do solo (SMAJSTRLA; PITTS, 1997).

Há uma série de instrumentos empregados na determinação da tensão da água no solo (REICHARDT; TIMM, 2004), entretanto, o controle da tensão é, geralmente, realizado com o auxílio de tensiômetros, que trabalham na faixa de tensão entre 0 e 80 kPa (COSTA et al., 2002).

O tensiômetro consiste de uma cápsula porosa, de cerâmica em contato com o solo, ligada a um vacuômetro, por meio de um tubo de PVC completamente cheio de água (REICHARDT; TIMM, 2004). Quando colocado no solo, a água do tensiômetro entra em contato com a água do solo e o equilíbrio tende a se estabelecer. Qualquer mudança no teor de água no solo e, conseqüentemente, em seu estado de energia, será transmitida à água no interior da cápsula e indicada pelo dispositivo de leitura. A cápsula do tensiômetro funciona como uma membrana semipermeável, permitindo a livre passagem de água e íons, não permitindo a passagem de ar e partículas de solo (GOMIDE, 2000).

Para a maioria dos solos, a tensão máxima registrada pelos tensiômetros corresponde à utilização de mais de 50% da água disponível, que é a compreendida entre a umidade do solo na capacidade de campo e o ponto de murcha permanente (CABELLO, 1996).

Utilizando-se a tensão da água no solo para o manejo, a irrigação deve ser realizada toda vez que a tensão atingir um determinado valor crítico que não afete o desempenho da cultura. Segundo Morgan, Parsons e Wheaton (2001), o teor da água do solo deve ser mantido entre certos limites específicos acima e abaixo, cuja água disponível para a planta não seja limitada, enquanto a lixiviação é prevenida.

Para o cálculo da lâmina d'água a ser aplicada por irrigação torna-se necessário o conhecimento do teor de água no solo em equilíbrio com dada tensão. Para isso, podem-se utilizar as curvas de retenção da água no solo, consideradas como uma das ferramentas básicas no estudo dos processos de

movimentação e retenção da água no solo, que representa a relação entre a porcentagem de água no solo e a tensão com que a água está retida no solo, podendo ser obtida em laboratório ou no campo (COSTA et al., 2002).

Conhecendo-se quando irrigar pela tensão da água no solo por meio do tensiômetro, é estabelecido quanto de água deve ser aplicado pela irrigação com base no armazenamento de água no solo. Para determinar o momento de iniciar as irrigações no morangueiro, alguns autores utilizam ou recomendam valores de tensão de 20 a 40 kPa, em diferentes regiões, situações de cultivo, solo e clima (GOULART; FUNT, 1986; HAISE; HAGAN, 1967; STRABBIOLI, 1988).

Serrano et al. (1992) estudaram o efeito de quatro níveis de água no solo, sobre a produção de frutos, eficiência do uso da água, e a função de produção, para a cultivar Chandler, nas condições da Catalunha, Espanha. As plantas foram cultivadas no campo e em lisímetros de drenagem. As irrigações foram realizadas sempre que a tensão da água no solo atingia 10, 30, 50 e 70 kPa. Segundo os autores, a produção máxima foi obtida no tratamento mais úmido (10 kPa) e a queda da produção nos demais tratamentos foi associada à redução na taxa de assimilação total, decorrente do decréscimo na área foliar.

Na condição de cultivo protegido, o uso do filme plástico transparente e a manutenção da tensão da água no solo entre 10 e -5 kPa favoreceram o desenvolvimento vegetativo do morangueiro (altura, máxima dimensão horizontal das plantas, área foliar e índice de área foliar), a produção total de frutos comerciáveis e seus componentes (número e massa média dos frutos) (PIRES, 1998). Segundo a autora, a tensão da água no solo de 70 kPa e o uso do plástico preto, como cobertura do solo, proporcionaram maior incidência de doenças.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e época do experimento

O experimento foi conduzido no interior de uma casa de vegetação (modelo arco), construída na área experimental do Departamento de Engenharia, da Universidade Federal de Lavras (UFLA). A UFLA situa-se no município de Lavras, região sul de Minas Gerais, tendo como referência as seguintes coordenadas geográficas: latitude 21° 14' S, longitude 45° 00' W Gr. e 910 m de altitude média.

O experimento teve início com o transplante das mudas realizado em 22/06/2009. O término das colheitas ocorreu no dia 28/12/2009, totalizando um período de 189 dias. Uma visão geral do experimento encontra-se na Figura 1.



Figura 1 Visão geral do experimento

3.2 Caracterização das condições climáticas

De acordo com a classificação climática de Köppen (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007), a região de Lavras apresenta um clima Cwa, ou seja, clima temperado chuvoso (mesotérmico), com inverno seco e verão chuvoso, subtropical. A temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e superior a 3°C e o verão apresenta temperatura média do mês mais quente superior a 22°C (22,1°C em fevereiro). Lavras apresenta temperatura do ar média anual de 19,4°C, umidade relativa do ar média de 76,2% e tem uma precipitação média anual de 1.529,7 mm, bem como uma evaporação média anual de 1.034,3 mm (BRASIL, 1992).

Os dados meteorológicos, foram obtidos por meio de uma estação agrometeorológica portátil e automática, marca DAVIS, modelo VANTAGE PRO 2, instalada no centro da casa de vegetação a 2 m de altura, que registrou diariamente a temperatura e umidade relativa do ar.

Os valores relativos à temperatura diária máxima, média e mínima do ar e à umidade relativa diária máxima, média e mínima do ar, ocorridas durante a condução do experimento, estão apresentadas nas Figuras 2 e 3.

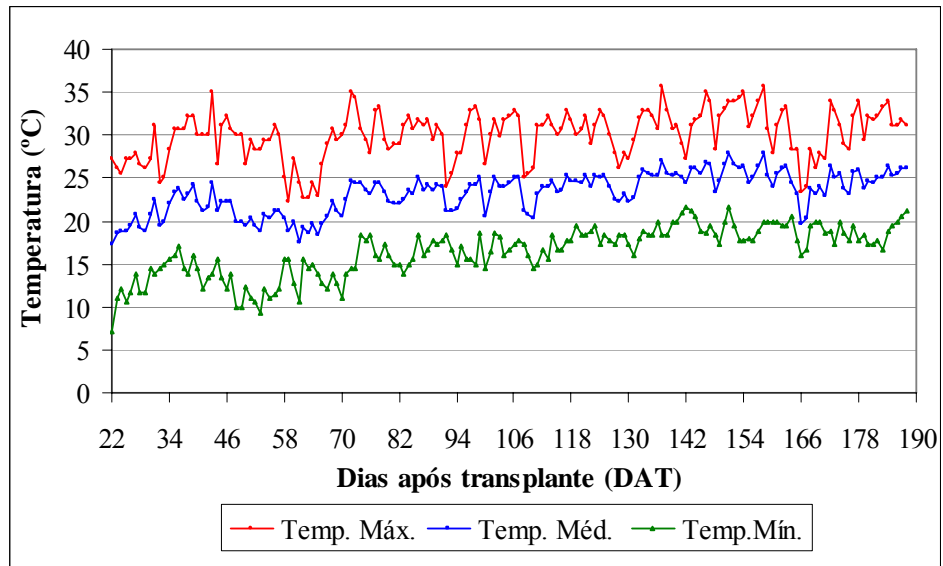


Figura 2 Temperatura diária (°C) máxima, média e mínima do ar ocorrida no interior da casa de vegetação

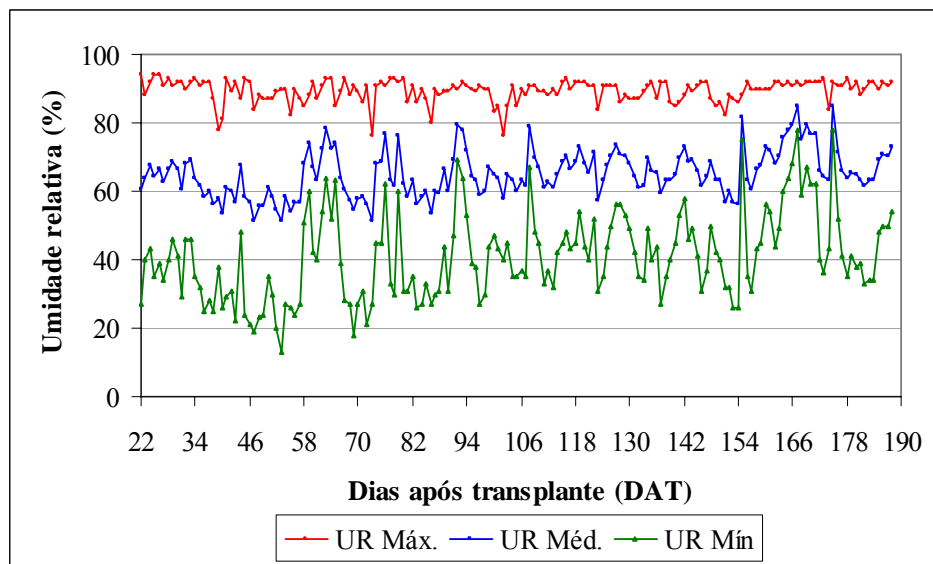


Figura 3 Umidade relativa (%) diária máxima, média e mínima do ar ocorrida no interior da casa de vegetação

No período de condução do experimento, a temperatura diária média do ar foi de 23,2°C, as mínimas atingidas ficaram entre 7,2°C e 21,7°C e as máximas entre 22,2°C e 35,7°C. A umidade relativa diária máxima do ar oscilou entre 76% e 94% e a mínima entre 13% e 78%. O valor médio foi de 65,1%.

Segundo Ronque (1998), os níveis críticos de temperatura suportados pela cultura do morangueiro são de 11,4°C para mínima e 32°C para máxima. Quando ocorre temperatura elevada, o morango torna-se excessivamente ácido, pobre em sabor e aroma e, com menor consistência. Por outro lado, com o frio da madrugada, obtêm-se morangos com sabor e aroma pronunciados. Os frutos produzidos sob baixas temperaturas são mais firmes.

Observa-se, então, que os valores mínimos e máximos diários da temperatura do ar dentro da casa de vegetação, ficaram próximos dos níveis críticos relatados por Ronque (1998), para a obtenção de uma boa produção e qualidade dos morangos. Verificou-se, ainda, que apesar da alta temperatura e umidade relativa do ar, ocorrida em alguns dias, estes valores não prejudicaram o desenvolvimento da cultura durante a realização do experimento, exceto pelo aparecimento de alguns focos localizados de pragas e doenças, principalmente nos tratamentos com maior umidade do solo, outro fator que favoreceu a incidência de doenças.

3.3 Solo

O solo, classificado originalmente como um Latossolo Vermelho Distroférrico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1999), foi coletado na camada de 0 a 0,30 m de profundidade. As análises físicas e químicas foram realizadas em uma amostra composta representativa, enviada aos Laboratórios de Física e de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, respectivamente.

3.3.1 Análises físicas

Para a determinação da curva de retenção da água no solo, amostras de solo foram coletadas à profundidade de 0,15 m e levadas ao Laboratório de Física do Solo para análise.

Amostras de solo com estrutura deformada (terra fina seca ao ar) foram colocadas em cilindros de PVC e, depois de saturadas, foram levadas para uma bancada dotada de funil de Haines para determinação dos pontos de baixa tensão (2, 4, 6 e 10 kPa), bem como para Câmara de Pressão de Richards para os pontos de maior tensão (33, 100, 500 e 1500 kPa). Esse procedimento foi realizado para a caracterização físico-hídrica da camada de 0 a 0,30 m de solo.

Com a utilização do programa computacional SWRC, desenvolvido por Dourado Neto et al. (1990), foi gerada a equação, ajustada segundo modelo proposto por Genuchten (1980), que descreve o comportamento da umidade do solo em função da tensão da água no solo (Equação 1). Com base nessa equação e nos valores observados, foi gerada a curva de retenção da água no solo para a camada em estudo (Figura 4).

$$\theta = 0,230 + \frac{0,363}{\left[1 + (0,237 \cdot |\psi|^{2,997})\right]^{0,666}} \quad (1)$$

em que:

θ – umidade do solo com base em volume ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$);

ψ – tensão da água no solo (kPa).

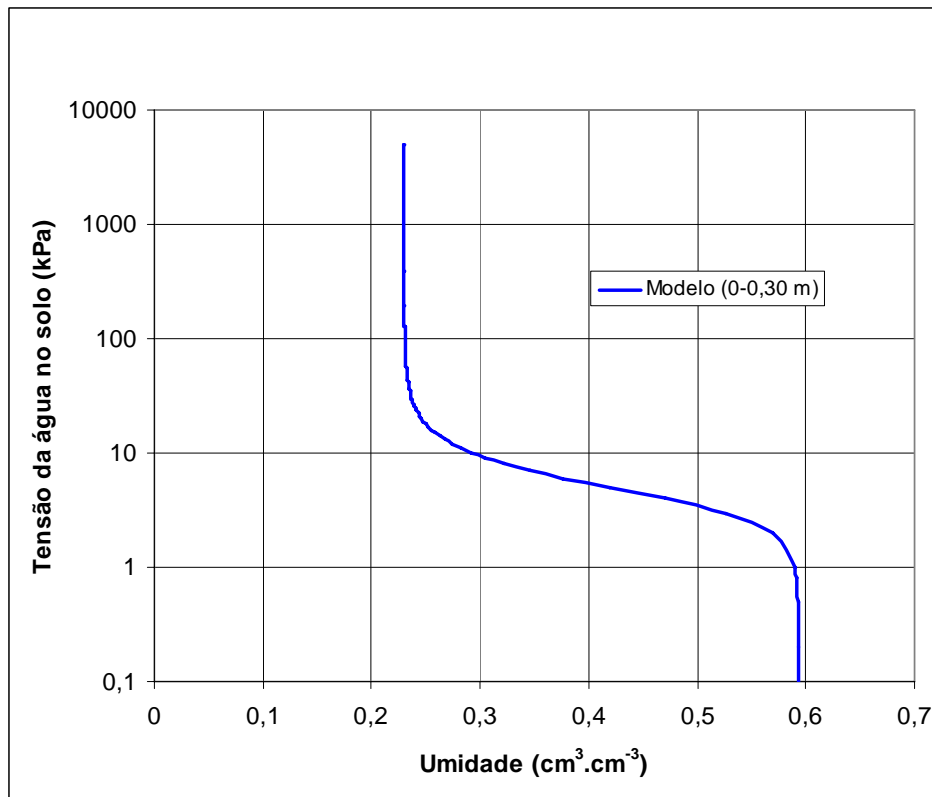


Figura 4 Curva de retenção da água no solo, gerada utilizando-se o modelo proposto por Genuchten (1980)

O termo capacidade de campo representa a quantidade de água retida pelo solo após o excesso ser drenado livremente. Sua determinação tem sido usualmente realizada em laboratório, mas sempre que possível deve ser avaliada diretamente no campo. De acordo com Carvalho, Sampaio e Silva (1996), para o solo deste experimento, a tensão de 10 kPa é a recomendada para determinar a umidade do solo correspondente à capacidade de campo. Portanto, utilizando a Equação 1, obteve-se o valor da umidade na capacidade de campo correspondente a $0,292 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$.

3.3.2 Análises químicas

Na Tabela 1 são mostrados os teores de nutrientes encontrados no solo antes da adubação de plantio.

Tabela 1 Resultados da análise química do solo utilizado no experimento.

Sigla	Descrição	Unidade	Amostras ¹
			0 a 0,30 m
pH	Em água (1:2,5)	-	5,9 (AM)
P	Fósforo disp. (Mehlich 1)	mg.dm ⁻³	1,2 (MB)
K	Potássio disponível	mg.dm ⁻³	56,0 (M)
Ca ²⁺	Cálcio trocável	cmol _c .dm ⁻³	1,7 (M)
Mg ²⁺	Magnésio trocável	cmol _c .dm ⁻³	0,4 (B)
Al ³⁺	Acidez trocável	cmol _c .dm ⁻³	0,0 (MB)
H+Al	Acidez potencial	cmol _c .dm ⁻³	2,6 (M)
SB	Soma de bases	cmol _c .dm ⁻³	2,2 (M)
(t)	CTC efetiva	cmol _c .dm ⁻³	2,2 (B)
(T)	CTC a pH 7,0	cmol _c .dm ⁻³	4,8 (M)
V	Saturação por bases	%	46,3 (M)
m	Saturação por alumínio	%	0,0 (MB)
MO	Matéria orgânica	dag.kg ⁻¹	2,1 (M)
P-rem	Fósforo remanescente	mg.L ⁻¹	5,6 (M)
Zn	Zinco	mg.dm ⁻³	2,3 (A)
Fe	Ferro	mg.dm ⁻³	31,5 (b)
Mn	Manganês	mg.dm ⁻³	29,8 (A)
Cu	Cobre	mg.dm ⁻³	7,1 (A)
B	Boro	mg.dm ⁻³	0,1 (MB)
S	Enxofre	mg.dm ⁻³	46,1 (MB)

¹AM – acidez média; b – bom; mb – muito bom; A – alto; M – médio; B – baixo; MB – muito baixo (ÁLVAREZ et al., 1999)

3.3.3 Preparo do solo e canteiros

No preparo do solo, ocorrido antes da construção da casa de vegetação, foram realizadas uma aração e uma gradagem para destorroamento do terreno e em seguida, foi realizada a calagem do solo com a aplicação de calcário

dolomítico (95% de PRNT - 14% de MgO), com base nos resultados da análise química do solo, para fins de correção da acidez e elevação da saturação por bases (V) do solo para 70%. Após a construção da casa de vegetação, foram preparados os canteiros com enxada rotativa.

A adubação de plantio e a incorporação da matéria orgânica (composto orgânico GENEPLUS) foram realizadas 30 dias antes do transplante das mudas, baseada nos resultados obtidos na análise química de solo (Tabela 1) e nas recomendações propostas por Gomes, Silva e Faquin (1999) e Pacheco et al. (2007). As quantidades de nutrientes fornecidas pela adubação de plantio foram: 50 kg.ha⁻¹ de N; 393 kg.ha⁻¹ de P e 66 kg.ha⁻¹ de K. A quantidade do composto orgânico incorporado nos canteiros foi de 11 kg.m².

3.4 Delineamento experimental e tratamentos

Foi empregado o delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2 x 5, sendo utilizados 10 tratamentos e três repetições. Os tratamentos constituíram-se de duas cultivares de morangueiro, Aromas (A) e Oso Grande (O) e cinco tensões da água no solo, 12, 20, 30, 40 e 55 kPa como indicativo do momento de irrigar (tensão crítica). Os tratamentos foram, assim, representados: A12, A20, A30, A40, A55, O12, O20, O30, O40 e O55.

Para monitorar o estado de energia da água no solo, foi instalado um conjunto com cinco tensiômetros por parcela (três a 0,15 m de profundidade para monitoramento da irrigação e dois a 0,30 m de profundidade para verificar a ocorrência de percolação) (Figura 5). Para cada tratamento, o conjunto de tensiômetros foi instalado somente em uma das três repetições. As leituras nos tensiômetros foram realizadas, utilizando-se um tensímetro digital de punção (Figura 6), duas vezes ao dia, às 9 e às 15 horas. Os tensiômetros foram

instalados no alinhamento da cultura entre duas plantas e ficaram 0,30 m distanciados entre si em cada conjunto.

As parcelas experimentais tiveram dimensões de 1,20 m de largura por 1,50 m de comprimento (1,80 m²). Foram utilizadas quatro linhas de plantas, espaçadas de 0,30 m entre si e 0,30 m entre plantas, totalizando 20 plantas por parcela. Foram consideradas úteis as plantas das linhas centrais e descartadas, nestas linhas, duas plantas no início e duas no final (parcela útil de 0,54 m² com 6 plantas). Na Figura 7 está representado o esquema de uma parcela experimental, incluindo a disposição dos sensores de tensão da água no solo.



Figura 5 Conjunto composto por cinco tensiômetros instalados em uma parcela experimental



Figura 6 Tensímetro digital de punção inserido em um tensiômetro

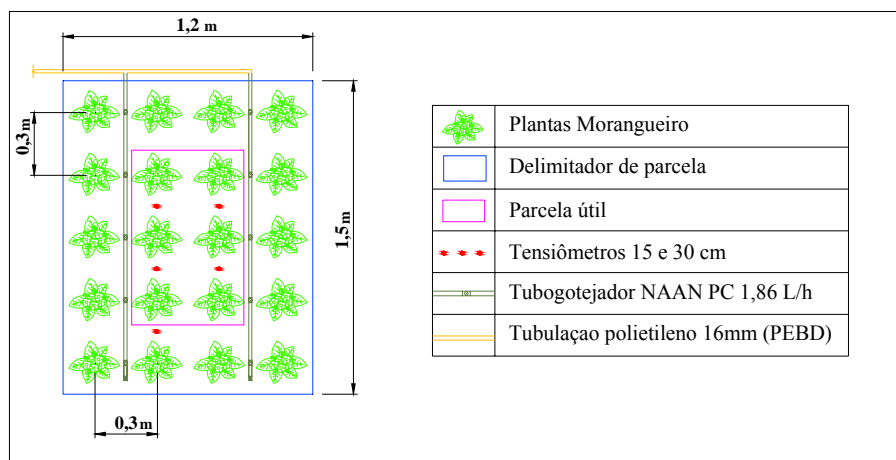


Figura 7 Esquema de uma parcela experimental com o sistema de irrigação implantado e os sensores de tensão da água no solo

3.5 Sistema e manejo da irrigação

Foi utilizado para, na diferenciação dos tratamentos, um sistema de irrigação por gotejamento, sendo os emissores autocompensantes do tipo in-line, ou seja, emissores inseridos no tubo, durante o processo de extrusão, modelo NAAN PC com vazão de $1,86 \text{ L.h}^{-1}$ e distanciados $0,30 \text{ m}$ entre si. O tubo gotejador (DN 16 mm) ficou posicionado na parcela, de forma a atender duas fileiras de plantas, trabalhando com pressão de serviço de 140 kPa , que era regulada por meio de uma válvula reguladora de pressão, inserida no cabeçal de controle, antes das válvulas de comando elétrico (solenóides). Foi utilizada uma válvula solenóide para cada tratamento; tais válvulas eram acionadas por meio de um Controlador Lógico Programável (RAIN BIRD), previamente programado, em cada irrigação, para funcionar o tempo necessário visando repor a lâmina d'água acusada indiretamente pelos tensiômetros.

Buscava-se, em todas as irrigações, elevar à capacidade de campo a umidade correspondente à tensão verificada no momento de irrigar. O cálculo do tempo de funcionamento do sistema de irrigação em cada tratamento foi feito com base nos tensiômetros instalados na profundidade de $0,15 \text{ m}$. Estes tensiômetros funcionavam como sensores de decisão, ou seja, de posse dos valores de suas respectivas leituras eram tomadas as decisões para irrigar ou não os tratamentos. Já os tensiômetros, instalados a $0,30 \text{ m}$ de profundidade, funcionavam como sensores de controle da lâmina aplicada em cada tratamento. De posse dessas leituras, era possível estabelecer uma relação direta entre a lâmina aplicada e os valores de tensão observados, evitando-se, assim, o excesso no fornecimento de água e, conseqüentemente, percolação e lixiviação de nutrientes no perfil do solo.

O momento de irrigar foi estabelecido como aquele em que pelo menos dois dos tensiômetros de decisão atingiam a tensão crítica estabelecida para cada

tratamento. As leituras dos tensiômetros eram fornecidas em “bar” pelo tensímetro digital de punção e, em seguida, foram transformadas para “kPa” e aplicadas na Equação 2, para determinação da tensão da água no solo, corrigida para a profundidade desejada.

$$\Psi = L - 0,098.h \quad (2)$$

em que:

Ψ – tensão da água no solo (kPa);

L – leitura no tensímetro transformada em kPa (sinal positivo);

h – altura entre o ponto de leitura no tensiômetro até o centro da cápsula porosa (cm). Nesse caso, foram de 25,0 e 40,0 cm para as profundidades de instalação de 0,15 e 0,30 m, respectivamente.

Com as tensões observadas, estimavam-se as umidades correspondentes, por intermédio da curva de retenção de água no solo (Equação 1). De posse dessas umidades e com aquela correspondente à capacidade de campo e, ainda, considerando a profundidade efetiva do sistema radicular (300 mm), eram calculadas as lâminas de reposição (Equação 3 e 4) e, finalmente, o tempo de funcionamento do sistema de irrigação (Equação 6), de acordo com Cabello (1996).

$$LL = (\theta_{cc} - \theta_{atual}).Z \quad (3)$$

em que:

LL – lâmina líquida de irrigação (mm);

θ_{cc} – umidade do solo na capacidade de campo ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$);

θ_{atual} – umidade do solo no momento de irrigar ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$);

Z – profundidade efetiva do sistema radicular (300 mm).

$$LB = \frac{LL}{(1-k).CUD} \quad (4)$$

em que:

LB – lâmina bruta de irrigação (mm);

CUD – coeficiente de uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação (0,99);

k – constante que leva em conta a eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação. Foi determinada de acordo com a Equação 5, descrita a seguir:

$$k = 1 - Ea \quad (5)$$

em que:

Ea – eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação (0,95).

$$T = \frac{LB.A}{e.qa} \quad (6)$$

em que:

T – tempo de funcionamento do sistema de irrigação em cada tratamento, visando elevar a umidade à capacidade de campo (h);

A – área ocupada por planta (0,09 m^2);

e – número de emissores por planta (0,5);

q_a – vazão média dos emissores ($1,86 \text{ L.h}^{-1}$).

Após a montagem do sistema, foram realizados testes para determinar a vazão média do gotejador e o coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD) do sistema de irrigação. Para isso, foi adaptado o procedimento recomendado por Merriam e Keller (1978 citados por CABELLO, 1996), em que se escolhe uma subunidade e nela se selecionam quatro laterais: a primeira, a situada a 1/3 do início, a situada a 2/3 e a última. Em cada lateral, selecionam-se quatro emissores: o primeiro, o situado a 1/3, o situado a 2/3 e o último. São coletadas vazões desses emissores e, de acordo com a Equação 7, é calculado o coeficiente de uniformidade de distribuição.

No caso do sistema de irrigação em questão, os tratamentos eram as subunidades. Cada tratamento possuía seis linhas laterais, entretanto, foram usadas três laterais de cada tratamento e empregados os emissores 1, 3 e 5 de cada lateral no teste.

$$\text{CUD} = \frac{q_{25}}{q_a} \quad (7)$$

em que:

q_{25} – média das 25% menores vazões coletadas (L.h^{-1});

q_a – média das vazões coletadas (L.h^{-1}).

Além do coeficiente de uniformidade, foi determinado, também, o coeficiente de variação total (CVt) de vazão, conforme metodologia apresentada por Bralts e Kesner (1978 citados por CABELLO, 1996). O coeficiente de variação total é a relação entre o desvio padrão das vazões e a vazão média e

indica como está a uniformidade da vazão na subunidade estudada. Cabello (1996) apresenta uma tabela, classificando a uniformidade, de acordo com o valor do CVt. Segundo essa tabela, o CVt estando acima de 0,4, a uniformidade é inaceitável, de 0,4 a 0,3 é baixa, de 0,3 a 0,2 é aceitável, de 0,2 a 0,1 é muito boa e de 0,1 a 0 é excelente.

Encontrou-se uma vazão média dos gotejadores de 1,86 L.h⁻¹. O coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD) encontrado foi de 99%, significando que a água foi, uniformemente, distribuída nas parcelas, em qualquer nível de irrigação, não se constituindo em uma fonte de variação adicional ao ensaio.

Calculou-se, também, o coeficiente de variação total de vazão (CVt). O valor encontrado para o mesmo foi de 0,007, indicando uma excelente uniformidade de vazão nos tratamentos, de acordo com Cabello (1996). O CVt é um dos parâmetros usados para diagnosticar problemas de uniformidade em campo.

3.6 Condução do experimento

Neste trabalho foram utilizadas duas cultivares de morango, Aromas e Oso Grande. As mudas da cultivar Aromas foram importadas do Chile e da cultivar Oso Grande foram adquiridas de um viveirista de Estiva - MG.

Todos os canteiros receberam cobertura plástica, denominada *mulching*. Foi utilizado filme plástico com dupla face, sendo a parte superior branca e a parte inferior preta, com espessura de 25 micra, aditivado com tratamento anti UV e largura de 1,50 m.

Anteriormente à instalação do *mulching*, foi instalado o sistema de irrigação por gotejamento e, posteriormente, foram efetuados os testes de uniformidade e vazão.

Desde o transplante das mudas (22 de junho de 2009) até o início da diferenciação dos tratamentos (31 de agosto de 2009), foram realizadas irrigações por gotejamento em todos os 10 tratamentos, visando manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo, totalizando uma lâmina de 124 mm por tratamento.

Toda a adubação de cobertura foi feita via fertirrigação seguindo as recomendações de Gomes, Silva e Faquin (1999) e Pacheco et al. (2007). Os adubos utilizados foram o cloreto de potássio e uréia. As adubações de cobertura forneceram durante todo o ciclo da cultura: 266 kg.ha⁻¹ de K e 230 kg.ha⁻¹ de N. Foi utilizada para a realização das fertirrigações uma bomba de injeção de fertilizantes, ou bomba dosificadora hidráulica, modelo TMB WP – 10, com capacidade máxima de injeção de 60 L.h⁻¹ de solução. As fertirrigações foram distribuídas durante o ciclo, em sete aplicações, buscando-se adequar a quantidade de nutrientes fornecida de forma equilibrada e balanceada, de acordo com as necessidades nutricionais da cultura.

O total de nutrientes fornecidos para a cultura, ou seja, a soma entre a adubação de plantio e a de cobertura totalizou: 280 kg.ha⁻¹ de N; 393 kg.ha⁻¹ de P e 332 kg.ha⁻¹ de K, sendo fonte de nutrientes, os adubos cloreto de potássio, uréia e superfosfato simples. Com o objetivo de prevenir sintomas de deficiências nutricionais que poderiam aparecer, durante o desenvolvimento da cultura, foram feitas aplicações de fertilizante foliar (Aminon 25) a cada 15 dias, durante todo o ciclo. O fertilizante foliar Aminon 25 possui em sua fórmula as seguintes concentrações de nutrientes: 11% de N, 1% de K₂O e 6% de C orgânico.

O controle fitossanitário foi feito com base em avaliações visuais, inspeções periódicas foram realizadas a fim de se detectar a presença de pragas e a ocorrência de doenças durante o cultivo.

As aplicações dos defensivos foram realizadas na medida em que se detectava a presença de pragas e doenças. Foram realizadas oito pulverizações ao longo do experimento, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 Cronograma de pulverizações: épocas de aplicação, defensivos agrícolas utilizados, princípios ativos e dosagens aplicadas.

DAT¹	Defensivo agrícola	Princípio ativo	Dosagem aplicada
35	Cercobin 700 PM	Tiofanato-metílico	70 g.100 L ⁻¹ de água
44	Dithane PM	Mancozeb	200 g.100 L ⁻¹ de água
	Stron	Metamidofós	100 mL.100 L ⁻¹ de água
51	Folicur 200 EC	Tebuconazol	75 mL.100 L ⁻¹ de água
57	Cercobin 700 PM	Tiofanato-metílico	70 g.100 L ⁻¹ de água
	Lannate BR	Metomil	100 mL.100 L ⁻¹ de água
67	Dithane PM	Mancozeb	200 g.100 L ⁻¹ de água
	Stron	Metamidofós	100 mL.100 L ⁻¹ de água
100	Stron	Metamidofós	100 mL.100 L ⁻¹ de água
156	Dithane PM	Mancozeb	200 g.100 L ⁻¹ de água
	Lannate BR	Metomil	100 mL.100 L ⁻¹ de água
162	Cuprocarb 500	Oxicloreto de cobre	300 g.100 L ⁻¹ de água

¹DAT – dias após o transplante das mudas.

3.7 Avaliação da produção

As colheitas começaram no dia 19 de setembro de 2009, octogésimo nono dia após o transplante das mudas, quando os frutos apresentavam pelo menos 75% de coloração vermelha (Figura 8). A partir daí, as colheitas foram realizadas duas vezes na semana, às quartas e sábados, até o dia 28 de dezembro de 2009.

As avaliações de produção foram feitas imediatamente após as colheitas das parcelas úteis, sendo todas as repetições colhidas e analisadas no mesmo dia.



Figura 8 Frutos colhidos durante o experimento

3.7.1 Massa fresca total de frutos por planta

A massa fresca total de frutos por planta foi determinada, dividindo-se a massa fresca total de frutos pelo número de plantas da parcela útil. Os resultados foram expressos em gramas por planta.

3.7.2 Massa fresca de frutos comerciais por planta

A massa fresca de frutos comerciais por planta foi obtida, dividindo-se a massa fresca de frutos comerciais pelo número de plantas da parcela útil. Foram considerados comerciais, os frutos perfeitos e com massa mínima de seis gramas (DUARTE FILHO; ANTUNES; PÁDUA, 2007). Os resultados foram expressos em gramas por planta.

3.7.3 Massa fresca de frutos não comerciais por planta

A massa fresca de frutos não comerciais por planta foi determinada, dividindo-se a massa fresca de frutos não comerciais pelo número de plantas da parcela útil. Foram considerados não comerciais, os frutos com podridões, imperfeições físicas e ataques de fungos, insetos e pássaros (DUARTE FILHO; ANTUNES; PÁDUA, 2007). Os resultados foram expressos em gramas por planta.

3.7.4 Número total de frutos por planta

Logo após a colheita, os frutos da parcela útil foram contados e o número total de frutos foi dividido pelo número de plantas da parcela útil, sendo os resultados expressos em frutos por planta.

3.7.5 Número de frutos comerciais por planta

Os frutos comerciais da parcela útil foram contados e o número de frutos comerciais foi dividido pelo número de plantas da parcela útil, sendo os resultados expressos em frutos por planta.

3.7.6 Massa média de frutos comerciais

Calculou-se a massa média de frutos comerciais dividindo a massa fresca de frutos comerciais por planta pelo número de frutos comerciais por planta. Os resultados foram expressos em gramas por fruto.

3.7.7 Produtividade total de frutos

Com base nas dimensões dos canteiros e no espaçamento entre as plantas (0,30 x 0,30 m), estimou-se uma população de 89.000 plantas por hectare, considerando que 20% da área são destinados à circulação entre os canteiros. A partir dos valores médios de massa fresca total de frutos por planta e da população de plantas por hectare, foi calculada a produtividade total de frutos. Os resultados foram expressos em kilogramas por hectare.

3.7.8 Produtividade comercial de frutos

Com os valores médios de massa fresca de frutos comerciais por planta e da população de plantas por hectare, foi calculada a produtividade comercial de frutos. Os resultados foram expressos em kilogramas por hectare.

3.7.9 Eficiência no uso da água

Foi determinada por meio da relação entre os valores de produtividade total de frutos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e as respectivas quantidades de água consumidas (mm), em cada tratamento, durante o período de cultivo da cultura. Os resultados foram expressos em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$.

3.8 Análise da qualidade pós-colheita

Utilizou-se, para as análises da qualidade do morango, amostras de frutos comerciais colhidos em uma avaliação no mês de outubro (pico de

produção), onde foram separados cinco frutos de cada parcela útil e enviados ao Laboratório de Ciências dos Alimentos da UFLA.

3.8.1 Sólidos solúveis totais

O teor de sólidos solúveis totais (SST) foi determinado diretamente com o refratômetro digital ATAGO PR-100 com compensação automática de temperatura. Os valores de sólidos solúveis totais foram expressos em % de °Brix (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, 1990).

3.8.2 Acidez total titulável

A acidez total titulável (ATT) foi determinada por titulometria de neutralização, com diluição de 10 mL de suco em 90 mL de água destilada e titulação com solução de NaOH 0,1 N até o suco atingir pH 8,1. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico.

3.8.3 Firmeza de polpa

Determinou-se a firmeza com um texturômetro Stable Micro System modelo TAXT2i, utilizando-se a sonda tipo agulha P/2N (2 mm de diâmetro), que mediu a força de penetração desta nos frutos, numa velocidade de 5 mm/s e uma distância de penetração de 3 mm, valores estes previamente fixados. Foi usada uma plataforma HDP/90 como base. A firmeza foi expressa em Newton.

3.8.4 Coloração interna e externa

A coloração foi determinada em superfícies internas e externas dos frutos, utilizando-se o colorímetro Minolta CR-400, com a determinação no modo CIE $L^*a^*b^*$. A coordenada L^* representa quão clara ou escura é a amostra, com valores variando de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca); a coordenada a^* pode assumir valores negativos que correspondem ao verde ou valores positivos correspondentes ao vermelho; a coordenada b^* assume valores negativos, que correspondem ao azul ou positivos, correspondentes ao amarelo. As coordenadas a^* e b^* foram usadas para calcular o C^* (cromaticidade), a partir da seguinte fórmula : $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ (MINOLTA, 1998).

3.8.5 pH

Para determinação dos valores de pH dos frutos, foi utilizado um pHmetro Schott Handylab, seguindo a metodologia da AOAC (1990).

3.9 Análises estatísticas

Os dados amostrados foram submetidos à análise de variância, com a realização do teste F, comparação de médias pelo teste de Tukey e análise de regressão polinomial a 5% e 1% de probabilidade (GOMES, 2000).

As análises foram efetuadas, utilizando-se o programa computacional Sisvar para Windows, versão 4.0 para análises estatísticas (FERREIRA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Tensões e lâminas de água aplicadas

As lâminas de água aplicadas antes (Inicial) e, após a diferenciação dos tratamentos (Irrigação), os totais de água fornecidos para a cultura (Total), a média por irrigação (mpi), o turno de rega (TR) e o número de irrigações (NI) computados, durante a diferenciação dos tratamentos, são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 Tensões de água no solo estabelecidas, lâminas aplicadas antes da diferenciação dos tratamentos (Inicial), lâminas aplicadas após a diferenciação dos tratamentos (Irrigação), lâmina total (Total), média por irrigação (mpi), turno de rega (TR) e número de irrigações (NI).

Trat.	Tensão (kPa)	Lâmina (mm)			TR (dia)	NI (ud)	
		Inicial	Irrigação	Total			mpi
A12	12	124,0	697,8	821,8	5,7	1,0	122
A20	20	124,0	580,4	704,4	14,5	3,0	40
A30	30	124,0	659,3	783,3	17,4	3,1	38
A40	40	124,0	532,1	656,1	18,3	4,1	29
A55	55	124,0	360,2	484,2	19,0	6,2	19
O12	12	124,0	480,5	604,5	5,7	1,4	84
O20	20	124,0	580,4	704,4	14,5	3,0	40
O30	30	124,0	416,4	540,4	17,4	4,9	24
O40	40	124,0	385,3	509,3	18,3	5,6	21
O55	55	124,0	303,4	427,4	19,0	7,4	16

Nota-se que houve diferença no comportamento das cultivares em relação às lâminas totais aplicadas, durante o ciclo e a cultivar “Aromas” consumiu maior quantidade de água, em razão de seu maior porte vegetativo, apresentando maior área foliar, quando comparada a cultivar “Oso Grande”, havendo, assim, maior evapotranspiração (Figura 9). Quanto menor as tensões

para que fossem reiniciadas as irrigações, por exemplo, 12 e 20 kPa, mais frequentes foram as mesmas e menores foram as lâminas aplicadas, sendo os valores de tensões da água no solo mantidos dentro de uma faixa mais estreita (menores “picos”) e, conseqüentemente, a umidade do solo permaneceu próxima à capacidade de campo, ao longo de todo o ciclo da cultura.



Figura 9 Plantas dos tratamentos A20 (a) e O20 (b), no mesmo estágio de desenvolvimento e irrigada sob a mesma tensão da água no solo (20 kPa).

Nos Gráficos 1 e 2 estão representadas as tensões médias registradas pelos tensiômetros instalados nas profundidades de 0,15 e 0,30 m, nos tratamentos de 30 kPa (A30 e O30) para exemplificar o comportamento das tensões durante o ciclo. Nessas figuras pode-se visualizar o número de irrigações realizadas durante o período de cultivo, que foram muito maiores para a cultivar Aromas. Observa-se, também, que, na profundidade de 0,30 m, a umidade do solo apresentou maior amplitude de variação para a cultivar Aromas,

possivelmente, em função da sua maior área foliar observada (maior porte vegetativo), conforme comentado anteriormente.

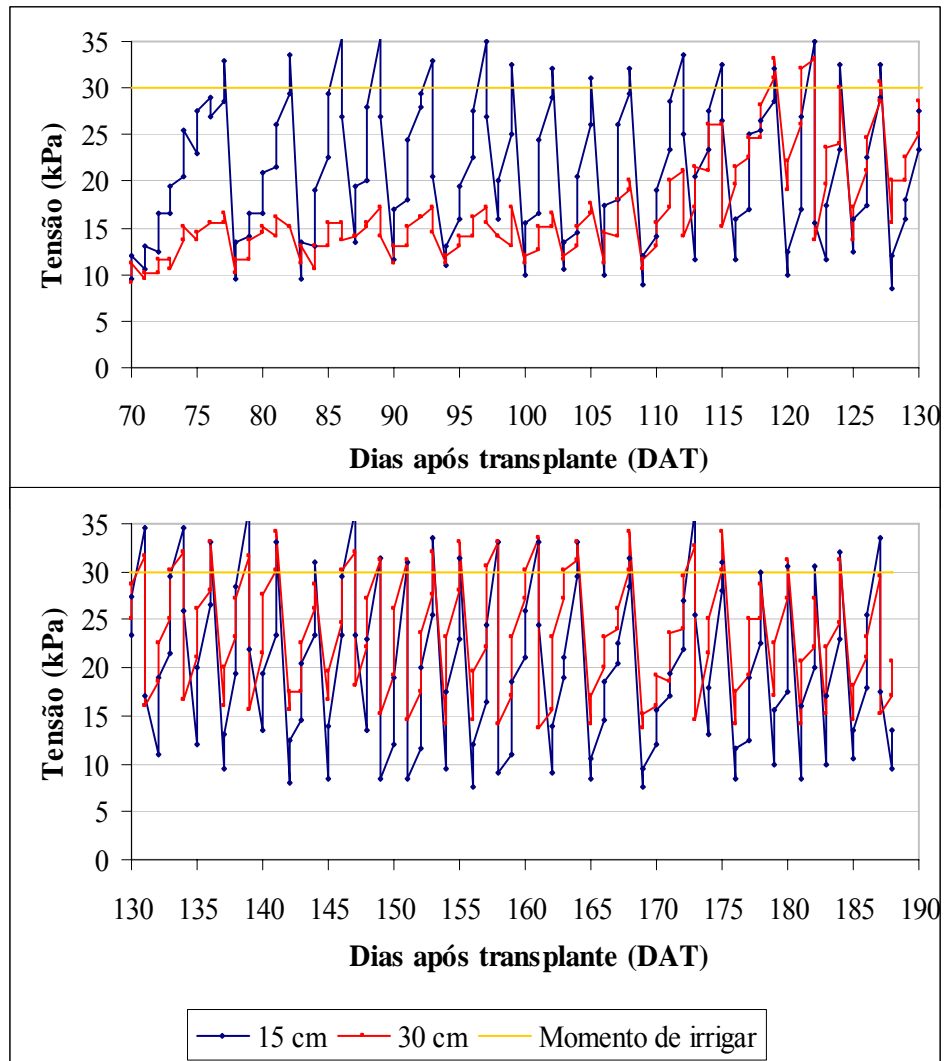


Gráfico 1 Variação das tensões da água no solo no tratamento A30 (“Aromas”), em duas profundidades, ao longo do ciclo do morangueiro

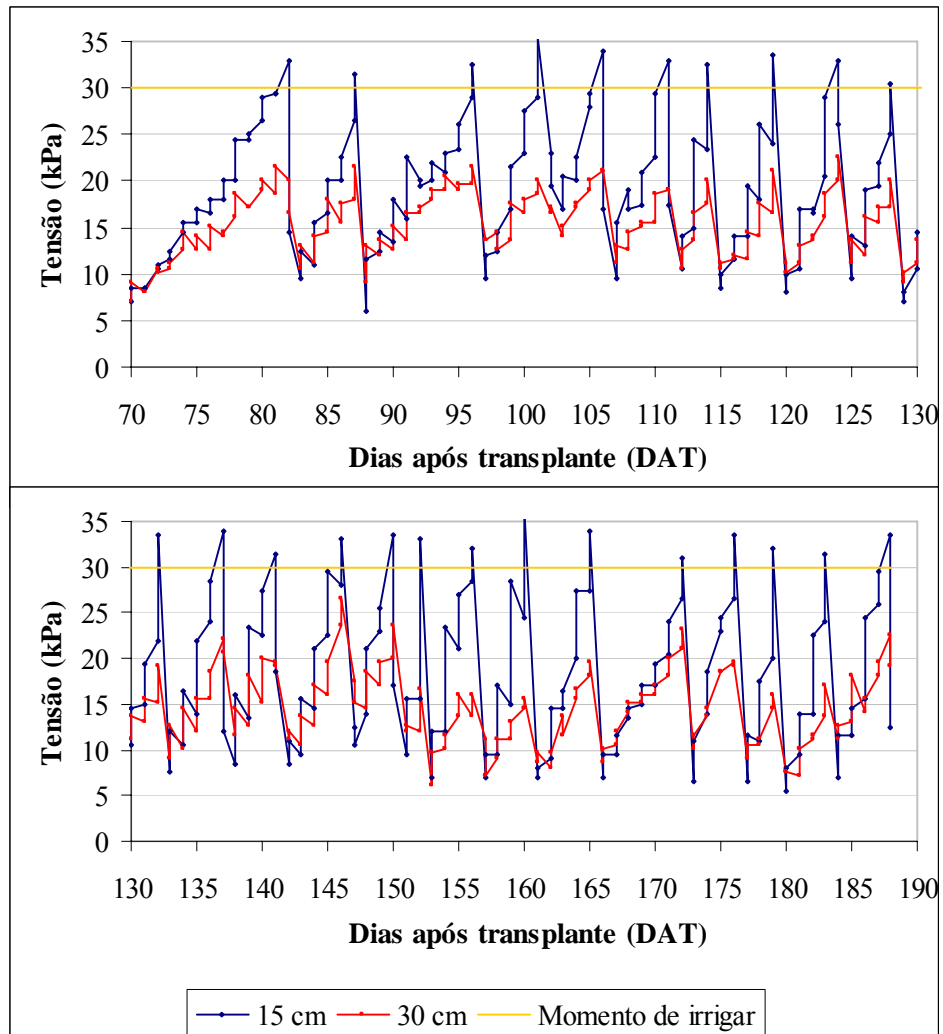


Gráfico 2 Variação das tensões da água no solo no tratamento O30 ("Oso Grande"), em duas profundidades, ao longo do ciclo do morangueiro

4.2 Avaliação da produção

4.2.1 Massa fresca total de frutos por planta

De acordo com a análise de variância (Tabela 4), verifica-se efeito significativo a 1% de probabilidade, para a massa fresca total de frutos por planta, com relação aos fatores cultivares e tensões da água no solo. Na interação entre os fatores, não foi detectada diferença significativa.

Tabela 4 Resumo das análises de variância e de regressão para massa fresca total de frutos (MFTF) por planta de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		MFTF (g.planta ⁻¹)
Bloco	2	1.785,82 ^{ns}
Cultivares	1	289.061,57 ^{**}
Tensões	4	20.782,21 ^{**}
Cultivares x Tensões	4	881,45 ^{ns}
Resíduo	18	4.578,47
Média Geral	-	297,16
C.V. (%)	-	22,77
Linear	1	67.995,25 ^{**}
Quadrática	1	11.962,25 ^{ns}
Cúbica	1	3.133,13 ^{ns}
Desvios	1	38,22 ^{ns}

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F e ^{**} – significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Observa-se, pelo teste de médias (Tabela 5), que a cultivar Oso Grande apresentou maior massa fresca total de frutos por planta (395,32 g.planta⁻¹), representando 98,7% de massa a mais do que a cultivar Aromas (199,00 g.planta⁻¹).

Tabela 5 Média de massa fresca total de frutos (MFTF) por planta de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Cultivares	MFTF¹ (g.planta⁻¹)
Oso Grande	395,32 a
Aromas	199,00 b

¹Médias seguidas por letras diferentes diferem, estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Esta diferença de produção entre as cultivares pode ser explicada pela época em que foi realizado o transplântio, que ocorreu no mês de junho (ambas as cultivares) em decorrência do atraso na importação das mudas da cultivar Aromas do Chile. A maioria dos horticultores prefere realizar novo plantio no outono de cada ano. A época mais favorável é entre março e maio, obtendo-se produção de maio a dezembro. No início do outono, a temperatura é mais elevada e os dias são mais longos, favorecendo, assim, o desenvolvimento vegetativo inicial e, na medida em que o inverno se aproxima, os dias tornam-se mais curtos e a temperatura diminui, estimulando o florescimento e a frutificação (FILGUEIRA, 2000).

Pereira (2009), comparando a produtividade do morangueiro de diferentes cultivares, em diferentes épocas de plantio, obteve os resultados de produtividade total de frutos para cultivar Oso Grande de 4.907 e 6.374 g/m² nos plantios realizados nos meses de maio e junho, respectivamente e, para cultivar Aromas de 5.309 e 2.434 g/m² nos plantios realizados nos meses de maio e junho, respectivamente. Os resultados mostram a superioridade na produção da cultivar Oso Grande, quando plantada no mês de junho, sendo esta mais adaptada às características climáticas da região nesta época.

A massa fresca total de frutos por planta foi bastante influenciada pelas tensões da água no solo. O resultado de massa fresca total de frutos por planta mostrou resposta linear inversa, com nível de significância de 1% (Tabela 4), indicando haver um decréscimo da massa fresca total de frutos por planta à medida que se aumentaram as tensões da água no solo. Nota-se que 81,80% das

variações ocorridas na massa fresca total de frutos por planta, em função das tensões, são explicadas pela regressão linear (Gráfico 3). O valor máximo para a massa fresca total de frutos por planta ocorreu à tensão de 12 kPa, resultando em uma massa fresca total, para esta característica, de 358,35 g.planta⁻¹.

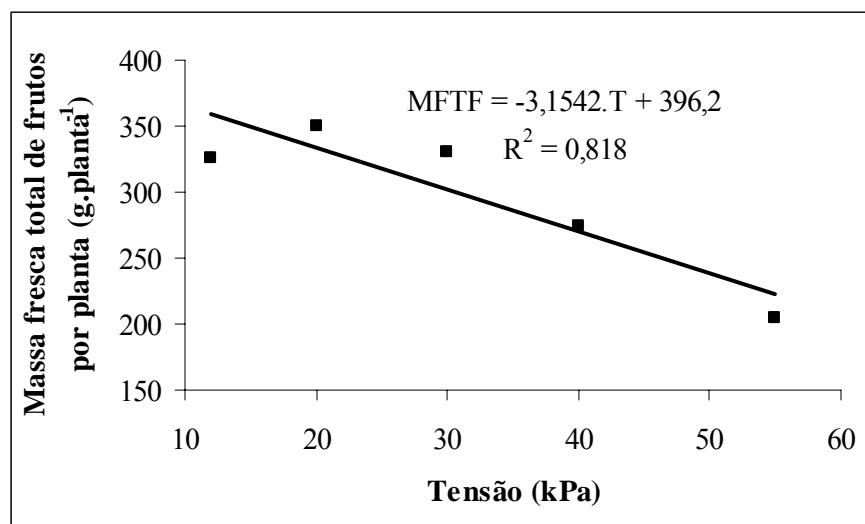


Gráfico 3 Massa fresca total de frutos (MFTF) por planta de morangueiro, em função das diferentes tensões da água no solo

De acordo com a equação apresentada no Gráfico 3, o aumento da tensão da água no solo, em uma unidade (kPa), implicará em uma diminuição de 3,15 g.planta⁻¹ na massa fresca total de frutos, considerando o intervalo estudado (12 a 55 kPa). Isto quer dizer que, neste intervalo, quanto menor o intervalo entre irrigações (turno de rega), maior é a massa fresca total de frutos por planta, pois, a água é aplicada em pequenas intensidades, porém, com alta frequência, de modo a manter a umidade do solo na zona radicular próxima à capacidade de campo.

4.2.2 Massa fresca de frutos comerciais por planta

De acordo com a análise de variância (Tabela 6), para a massa fresca de frutos comerciais por planta, verifica-se efeito significativo a 1% de probabilidade com relação ao fator cultivares e a 5% de probabilidade com relação ao fator tensões da água no solo. Na interação entre os fatores, não foi detectada diferença significativa.

Tabela 6 Resumo das análises de variância e de regressão para massa fresca de frutos comerciais (MFFC) por planta de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		MFFC (g.planta ⁻¹)
Bloco	2	405,20 ^{ns}
Cultivares	1	159.271,96 ^{**}
Tensões	4	10.232,62 [*]
Cultivares x Tensões	4	156,74 ^{ns}
Resíduo	18	1.601,75
Média Geral	-	188,70
C.V. (%)	-	21,21
Linear	1	26.898,36 ^{**}
Quadrática	1	8.599,38 [*]
Cúbica	1	5.419,29 ^{ns}
Desvios	1	13,46 ^{ns}

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F, ^{*} e ^{**} – significativos a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F.

Observa-se, pelo teste de médias (Tabela 7), que a cultivar Oso Grande apresentou maior massa fresca de frutos comerciais por planta (261,57 g.planta⁻¹), representando 125,8% de massa a mais do que a cultivar Aromas (115,84 g.planta⁻¹).

Tabela 7 Média de massa fresca de frutos comerciais (MFFC) por planta de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Cultivares	MFFC ¹ (g.planta ⁻¹)
Oso Grande	261,57 a
Aromas	115,84 b

¹Médias seguidas por letras diferentes diferem, estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

No caso da massa fresca de frutos comerciais por planta, as variações ocorridas podem ser explicadas pela regressão quadrática, a 5% de probabilidade (Tabela 6). O valor médio encontrado para massa fresca de frutos comerciais foi de 188,7 g.planta⁻¹.

Nota-se, pelo Gráfico 4, que houve um acréscimo na massa fresca de frutos comerciais por planta, à medida que se aumentaram as tensões da água no solo, até o valor de 22 kPa, em que se obteve o máximo de massa fresca de frutos comerciais por planta (215,8 g.planta⁻¹).

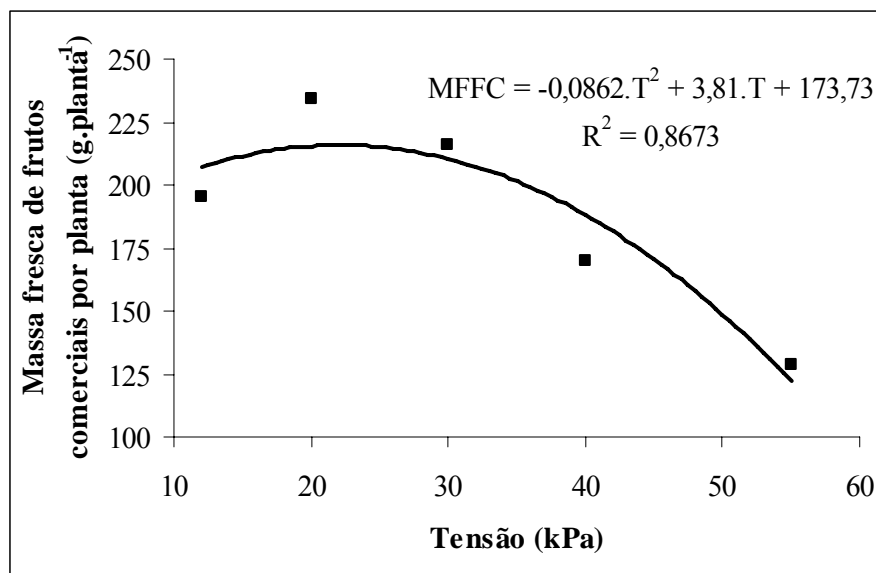


Gráfico 4 Massa fresca de frutos comerciais (MFFC) por planta de morangueiro, em função das diferentes tensões da água no solo

Observa-se que 86,73% das variações, ocorridas na massa fresca de frutos comerciais por planta, em função das tensões, são explicadas pela regressão quadrática.

Segundo Pires (1998), na condição de cultivo protegido, o uso do filme plástico transparente e a manutenção do teor de água do solo a tensões entre 10 e 35 kPa favoreceram o desenvolvimento vegetativo do morangueiro (altura, máxima dimensão horizontal das plantas, área foliar e índice de área foliar), a produção total de frutos comerciáveis e seus componentes (número e massa média dos frutos).

4.2.3 Massa fresca de frutos não comerciais por planta

De acordo com a análise de variância (Tabela 8), para a massa fresca de frutos não comerciais por planta, verifica-se efeito significativo a 1% de probabilidade com relação ao fator cultivares. O fator tensões da água no solo e a interação cultivares versus tensões da água no solo, não apresentaram diferenças significativas.

Tabela 8 Resumo da análise de variância para massa fresca de frutos não comerciais (MFFNC) por planta de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		MFFNC (g.planta ⁻¹)
Bloco	2	736,05 ^{ns}
Cultivares	1	19.182,47 ^{**}
Tensões	4	2.513,43 ^{ns}
Cultivares x Tensões	4	395,41 ^{ns}
Resíduo	18	910,02
Média Geral	-	108,45
C.V. (%)	-	27,82

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F e ^{**} – significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Observa-se, pelo teste de médias (Tabela 9), que a cultivar Oso Grande apresentou maior massa fresca de frutos não comerciais por planta ($133,74 \text{ g.planta}^{-1}$), representando 60,8% de massa a mais do que a cultivar Aromas ($83,17 \text{ g.planta}^{-1}$).

Tabela 9 Média de massa fresca de frutos não comerciais (MFFNC) por planta de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Cultivares	MFFNC ¹ (g.planta⁻¹)
Oso Grande	133,74 a
Aromas	83,17 b

¹Médias seguidas por letras diferentes diferem, estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Apesar de a cultivar Oso Grande apresentar maior massa fresca de frutos não comerciais, a proporção em relação a massa fresca total de frutos é de 33,8%, enquanto que a cultivar Aromas apresentou 41,88%.

4.2.4 Número total de frutos por planta

Na análise de variância (Tabela 10) foram verificadas diferenças significativas a 1% de probabilidade, entre os fatores cultivares e tensões da água no solo, quanto ao número total de frutos por planta. Na interação entre os fatores, não foi detectada diferença significativa.

Tabela 10 Resumo das análises de variância e de regressão para número total de frutos (NTF) por planta de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		NTF (frutos.planta ⁻¹)
Bloco	2	14,23 ^{ns}
Cultivares	1	3.967,50 ^{**}
Tensões	4	147,87 ^{**}
Cultivares x Tensões	4	27,33 ^{ns}
Resíduo	18	32,90
Média Geral	-	29,03
C.V. (%)	-	19,76
Linear	1	403,83 ^{**}
Quadrática	1	161,90 [*]
Cúbica	1	0,78 ^{ns}
Desvios	1	24,96 ^{ns}

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F, ^{*} e ^{**} – significativos a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F.

De acordo com o teste de médias (Tabela 11), o maior número total de frutos por planta foi obtido pela cultivar Oso Grande, apresentando um rendimento de 40,53 frutos.planta⁻¹. Essa cultivar apresentou um aumento no número de frutos da ordem de 131,2% acima da cultivar Aromas.

Tabela 11 Média de número total de frutos (NTF) por planta de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Cultivares	NTF ¹ (frutos.planta ⁻¹)
Oso Grande	40,53 a
Aromas	17,53 b

¹Médias seguidas por letras diferentes diferem, estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As variações ocorridas no número total de frutos por planta, em função das tensões avaliadas, podem ser explicadas pela regressão quadrática, a 5% de probabilidade (Tabela 10).

Nota-se, pelo Gráfico 5, que houve um acréscimo no número total de frutos por planta, à medida que se aumentaram as tensões da água no solo, até o valor de 23 kPa, em que se obteve o maior número total de frutos por planta (32,4 frutos.planta⁻¹). Observa-se que 95,70% das variações, ocorridas no número total de frutos por planta, em função das tensões, são explicadas pela regressão quadrática.

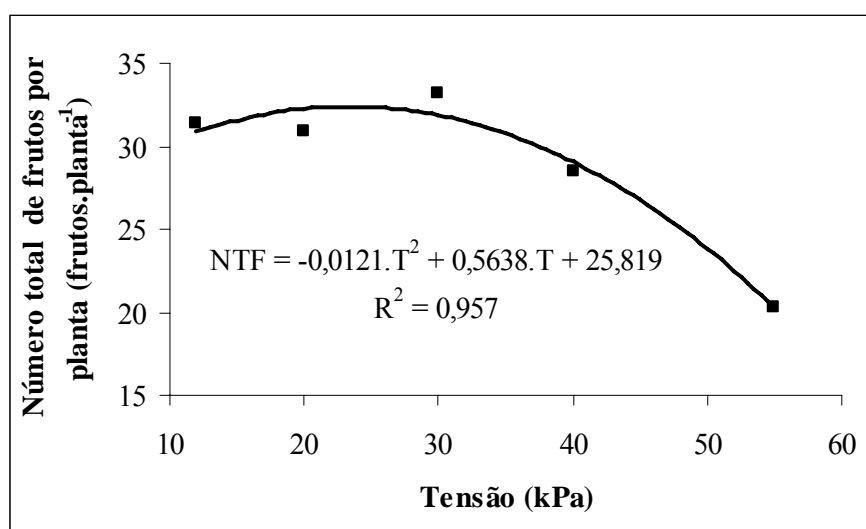


Gráfico 5 Número total de frutos (NTF) por planta de morangueiro, em função das diferentes tensões da água no solo

Para a cultivar Chandler, Serrano et al. (1992) verificaram, que a produção máxima foi obtida, quando a tensão da água no solo atingiu 10 kPa; na faixa de 30 a 70 kPa, o decréscimo na área foliar levou a redução na taxa de assimilação total e na produção. Esta decorreu da diminuição da massa média e do número de frutos, conforme as conclusões do autor.

4.2.5 Número de frutos comerciais por planta

Na análise de variância (Tabela 12) foram verificadas diferenças significativas a 1% de probabilidade, entre os fatores cultivares e tensões da água no solo, quanto ao número de frutos comerciais por planta. Na interação entre os fatores, não foi detectada diferença significativa.

Tabela 12 Resumo das análises de variância e de regressão para número de frutos comerciais (NFC) por planta de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		NFC (frutos.planta ⁻¹)
Bloco	2	1,73 ^{ns}
Cultivares	1	1.470,00 ^{**}
Tensões	4	78,78 ^{**}
Cultivares x Tensões	4	3,25 ^{ns}
Resíduo	18	10,77
Média Geral	-	17,13
C.V. (%)	-	19,15
Linear	1	161,48 ^{**}
Quadrática	1	113,28 ^{**}
Cúbica	1	36,06 ^{ns}
Desvios	1	4,31 ^{ns}

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F e ^{**} – significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

De acordo com o teste de médias (Tabela 13), o maior número de frutos comerciais por planta foi obtido pela cultivar Oso Grande, apresentando um rendimento de 24,13 frutos.planta⁻¹. Essa cultivar apresentou um aumento no número de frutos da ordem de 138,2% acima da cultivar Aromas.

Tabela 13 Média de número de frutos comerciais (NFC) por planta de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Cultivares	NFC ¹ (frutos.planta ⁻¹)
Oso Grande	24,13 a
Aromas	10,13 b

¹Médias seguidas por letras diferentes diferem, estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As variações ocorridas no número de frutos comerciais por planta, em função das tensões avaliadas, podem ser explicadas pela regressão quadrática, a 1% de probabilidade (Tabela 12).

Nota-se, pelo Gráfico 6, que houve um acréscimo no número de frutos comerciais por planta, à medida que se aumentaram as tensões da água no solo, até o valor de 25 kPa, em que se obteve a maior número de frutos comerciais por planta (19,6 frutos.planta⁻¹).

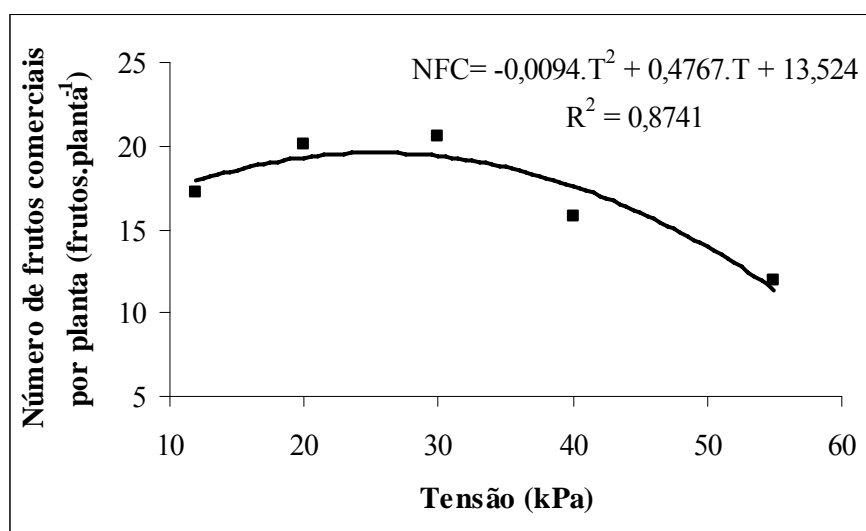


Gráfico 6 Número de frutos comerciais (NFC) por planta de morangueiro, em função das diferentes tensões da água no solo

Observa-se que 87,41% das variações, ocorridas no número de frutos comerciais por planta, em função das tensões, são explicadas pela regressão quadrática.

Para determinar o momento de reiniciar irrigações no morangueiro, alguns autores recomendam valores de tensão de 20 a 40 kPa, em diferentes regiões, situações de cultivo, solo e clima (GOULART; FUNT, 1986; HAISE; HAGAN, 1967; STRABBIOLI, 1988).

4.2.6 Massa média de frutos comerciais

De acordo com a análise de variância (Tabela 14), para a massa média de frutos comerciais, verifica-se efeito significativo a 1% de probabilidade com relação apenas ao fator cultivares. O fator tensões da água no solo e a interação cultivares versus tensões da água no solo, não apresentaram diferença significativa. Vale lembrar que os frutos comerciais analisados, são aqueles que possuem massa acima de 6 g, assim, as diferentes tensões avaliadas, não foram capazes de influenciar significativamente esses valores de massa médias

Tabela 14 Resumo das análises de variância para massa média de frutos comerciais (MMFC) de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		MMFC (g.fruto ⁻¹)
Bloco	2	0,10 ^{ns}
Cultivares	1	3,61 ^{**}
Tensões	4	0,82 ^{ns}
Cultivares x Tensões	4	0,88 ^{ns}
Resíduo	18	0,38
Média Geral	-	11,15
C.V. (%)	-	5,55

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F e ^{**} – significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Observa-se, pelo teste de médias (Tabela 15), que a cultivar Aromas apresentou maior massa média de frutos comerciais (11,50 g.fruto⁻¹), representando 6,5% de massa a mais do que a cultivar Oso Grande (10,80 g.fruto⁻¹).

Tabela 15 Média de massa média de frutos comerciais (MMFC) de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Cultivares	MMFC¹ (g.fruto⁻¹)
Aromas	11,50 a
Oso Grande	10,80 b

¹Médias seguidas por letras diferentes diferem, estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Embora os frutos da “Aromas”, em média sejam maiores do que os frutos da “Oso Grande”, isto não foi suficiente para uma maior produção, visto que, a “Oso Grande” produziu maior número de frutos.

Assim sendo, os maiores valores de massa fresca comercial (produção comercial) que ocorreram em torno da tensão de 22 kPa, é resultado do maior número de frutos produzidos, haja visto que a massa média dos frutos não foi influenciada significativamente pelas tensões avaliadas.

4.2.7 Produtividade total de frutos

A análise de variância (Tabela 16) mostra efeito significativo a 1% de probabilidade, para a produtividade total de frutos, com relação aos fatores cultivares e tensões da água no solo. Na interação entre os fatores, não foi detectada diferença significativa.

Tabela 16 Resumo das análises de variância e de regressão para produtividade total de frutos (PTF) de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		PTF (kg.ha ⁻¹)
Bloco	2	14.148.494,82 ^{ns}
Cultivares	1	2.289.623.480,00 ^{**}
Tensões	4	164.620.239,67 ^{**}
Cultivares x Tensões	4	6.979.878,45 ^{ns}
Resíduo	18	36.259.886,48
Média Geral	-	26.446,80
C.V. (%)	-	22,77
Linear	1	538.642.598,55 ^{**}
Quadrática	1	94.765.498,85 ^{ns}
Cúbica	1	24.774.280,64 ^{ns}
Desvios	1	298.580,65 ^{ns}

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F e ^{**} – significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

De acordo com o teste de médias (Tabela 17), a cultivar Oso Grande apresentou maior produtividade total de frutos (35.183 kg.ha⁻¹), representando 98,7% de produtividade a mais do que a cultivar Aromas (17.711 kg.ha⁻¹).

Tabela 17 Média de produtividade total dos frutos (PTF) de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Cultivares	PTF ¹ (kg.ha ⁻¹)
Oso Grande	35.183 a
Aromas	17.711 b

¹Médias seguidas por letras diferentes diferem, estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A produtividade total de frutos foi bastante influenciada pelas tensões da água no solo. O resultado de produtividade total de frutos mostrou resposta linear inversa, com nível de significância de 1% (Tabela 16), indicando haver um decréscimo da produtividade total de frutos à medida que se aumentaram as tensões da água no solo. Nota-se que 81,80% das variações ocorridas na

produtividade total de frutos, em função das tensões, são explicadas pela regressão linear (Gráfico 7). O valor máximo para a produtividade total de frutos ocorreu à tensão de 12 kPa, resultando em uma produtividade, para esta característica, de 31.892 kg.ha⁻¹.

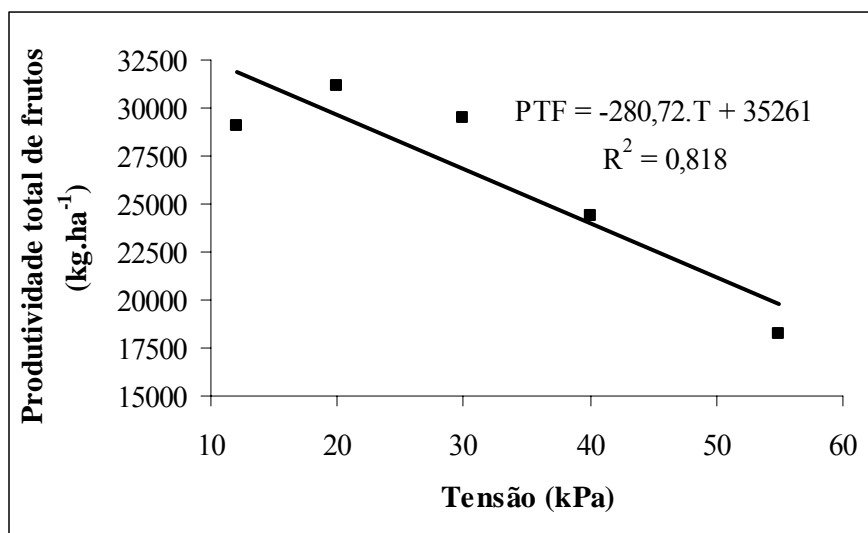


Gráfico 7 Produtividade total de frutos (PTF) de morangueiro, em função das diferentes tensões da água no solo

De acordo com a equação apresentada no Gráfico 7, o aumento da tensão da água no solo, em uma unidade (kPa), implicará em uma diminuição de 280,7 kg.ha⁻¹ na produtividade total de frutos, considerando o intervalo estudado (12 a 55 kPa). Isto quer dizer que, neste intervalo, quanto menor o intervalo entre irrigações (turno de rega), maior é a produtividade total de frutos, pois, a água é aplicada em pequenas intensidades, porém, com alta frequência, de modo a manter a umidade do solo na zona radicular próxima à capacidade de campo.

Serrano et al. (1992) estudaram o efeito de quatro níveis de água no solo, sobre a produção de frutos, eficiência do uso da água, e a função de produção, para a cultivar Chandler, nas condições da Catalunha, Espanha. As

plantas foram cultivadas no campo e em lisímetros de drenagem. As irrigações foram realizadas sempre que a tensão da água no solo atingia 10, 30, 50 e 70 kPa. A produção máxima foi obtida, também, no tratamento mais úmido (10 kPa). A queda da produção nos demais tratamentos foi associada à redução na taxa de assimilação total, decorrente do decréscimo na área foliar.

4.2.8 Produtividade comercial de frutos

Pela análise de variância (Tabela 18), verifica-se efeito significativo a 1% de probabilidade, para a produtividade comercial de frutos, com relação aos fatores cultivares e tensões da água no solo. Na interação entre os fatores, não foi detectada diferença significativa.

Tabela 18 Resumo das análises de variância e de regressão para produtividade comercial de frutos (PCF) de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		PCF (kg.ha ⁻¹)
Bloco	2	3.207.473,55 ^{ns}
Cultivares	1	1.262.445.450,00 ^{**}
Tensões	4	81.159.700,04 ^{**}
Cultivares x Tensões	4	1.245.055,05 ^{ns}
Resíduo	18	12.681.178,98
Média Geral	-	16.795,39
C.V. (%)	-	21,20
Linear	1	213.283.217,84 ^{**}
Quadrática	1	68.169.047,89 [*]
Cúbica	1	43.070.160,93 ^{ns}
Desvios	1	116.373,49 ^{ns}

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F, ^{*} e ^{**} – significativos a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F.

De acordo com o teste de médias (Tabela 19), a cultivar Oso Grande apresentou maior produtividade comercial de frutos (23.282 kg.ha⁻¹),

representando 125,8% a mais de produtividade, do que a cultivar Aromas (10.308 kg.ha⁻¹).

Tabela 19 Média de produtividade comercial de frutos (PCF) de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Cultivares	PCF¹ (kg.ha⁻¹)
Oso Grande	23.282 a
Aromas	10.308 b

¹Médias seguidas por letras diferentes diferem, estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

No caso da produtividade comercial de frutos, as variações ocorridas podem ser explicadas pela regressão quadrática, a 5% de probabilidade (Tabela 18).

Nota-se, pelo Gráfico 8, que houve um acréscimo de produtividade comercial de frutos, à medida que se aumentaram as tensões da água no solo, até o valor de 22 kPa, em que se obteve a maior produtividade comercial de frutos (19.210 kg.ha⁻¹). Observa-se que 86,70% das variações, ocorridas na produtividade comercial de frutos, em função das tensões, são explicadas pela regressão quadrática.

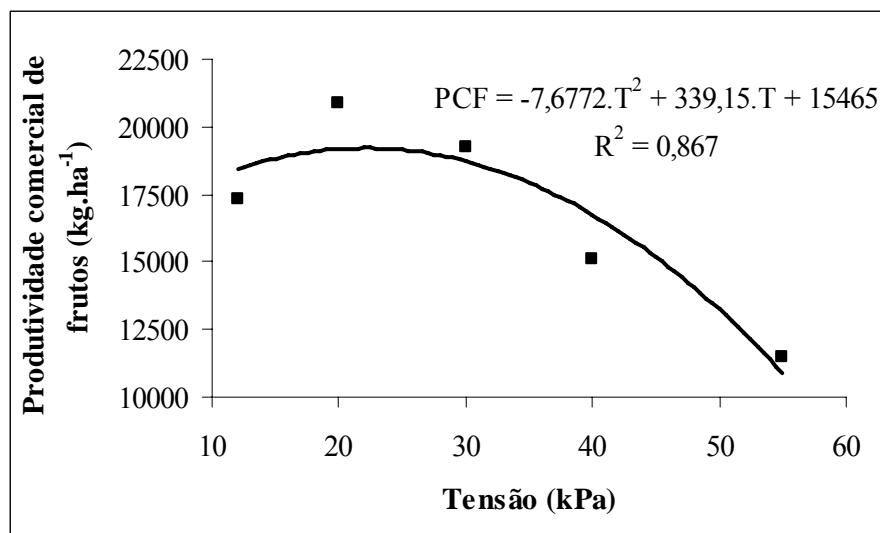


Gráfico 8 Produtividade comercial de frutos (PCF) de morangueiro, em função das diferentes tensões da água no solo

Segundo Haise e Hagan (1967), a tensão da água no solo, na região de maior concentração de raízes, indicada para o morangueiro é de 20 a 30 kPa, valores estes tomados como limites para a manutenção de teores adequados de água a cultura, além dos quais deve-se irrigar. Entretanto, Marouelli, Silva e Silva (1996) ressaltam que esses valores são mais indicados para os métodos de irrigação por aspersão e por superfície, pois, as culturas irrigadas pelo sistema de gotejamento, geralmente, apresentam melhor desempenho quando submetidas a tensões inferiores àquelas consideradas satisfatórias para outros métodos de irrigação. Além disso, tensões menores devem ser utilizadas nos estágios mais exigentes em água, isto é, do desenvolvimento de frutos à maturação (DOORENBOS; PRUIT, 1977).

4.2.9 Eficiência no uso da água

Na análise de variância (Tabela 20), verifica-se efeito significativo, a 1% de probabilidade, para a eficiência no uso da água, com relação ao fator cultivares. Já o fator tensões da água no solo e a interação cultivares versus tensões da água no solo, não apresentaram diferença significativa.

Tabela 20 Resumo da análise de variância para eficiência no uso da água (EUA) de duas cultivares de morango, sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		EUA ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$)
Bloco	2	51,68 ^{ns}
Cultivares	1	10.746,56 ^{**}
Tensões	4	47,31 ^{ns}
Cultivares x Tensões	4	110,06 ^{ns}
Resíduo	18	84,72
Média Geral	-	44,47
C.V. (%)	-	20,70

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F e ^{**} – significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Nota-se, pelo teste de médias (Tabela 21), que a cultivar Oso Grande apresentou maior eficiência no uso da água, 148,2% mais eficiente, quando comparada a cultivar Aromas. Esse fato é justificado pela maior produtividade total de frutos (Tabela 17) e, também, pelo menor consumo de água pela planta (Tabela 3), observado para esta cultivar.

Tabela 21 Média de eficiência no uso da água (EUA) de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Cultivares	EUA¹ (kg.ha⁻¹.mm⁻¹)
Oso Grande	63,39 a
Aromas	25,54 b

¹Médias seguidas por letras diferentes diferem, estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4.3 Análise da qualidade pós-colheita

4.3.1 Sólidos solúveis totais

Os sólidos solúveis totais de frutos foram afetados significativamente pelo fator cultivares, a 1% de probabilidade, pelo teste F (Tabela 22). Não houve efeito significativo entre o fator tensões da água no solo e entre a interação cultivares versus tensões da água no solo.

Tabela 22 Resumo das análises de variância para sólidos solúveis totais (SST) de frutos de duas cultivares de morangueiro sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		SST (% de °Brix)
Bloco	2	0,13 ^{ns}
Cultivares	1	26,13 ^{**}
Tensões	4	0,16 ^{ns}
Cultivares x Tensões	4	0,05 ^{ns}
Resíduo	18	0,06
Média Geral	-	4,91
C.V. (%)	-	5,09

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F e ^{**} – significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

De acordo com o teste de médias (Tabela 23), o maior conteúdo de sólidos solúveis totais de frutos foi obtido pela cultivar Oso Grande

(5,84% de °Brix), quando comparado a cultivar Aromas (3,97% de °Brix), apresentando incremento médio da ordem de 47,1% no teor de °Brix.

Tabela 23 Média de sólidos solúveis totais (SST) de frutos de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Cultivares	SST¹ (% de °Brix)
Oso Grande	5,84 a
Aromas	3,97 b

¹Médias seguidas por letras diferentes diferem, estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Camargo (2008), estudando a produtividade e as características físico-químicas dos frutos de morango, produzidos em diferentes sistemas de cultivo (convencional e orgânico), também encontrou uma diferença significativa nos teores de sólidos solúveis totais entre as cultivares Oso Grande e Aromas, onde a cultivar Oso Grande também apresentou maior teor.

Pereira (2009), avaliando diferentes cultivares de morangueiro, em função de épocas de plantio, não encontrou diferença significativa nos teores de sólidos solúveis totais, entre as cultivares Oso Grande e Aromas.

4.3.2 Acidez total titulável

A acidez total titulável de frutos foi afetada significativamente pelo fator cultivares, a 1% de probabilidade, pelo teste F (Tabela 24). Não houve efeito significativo entre o fator tensões da água no solo e entre a interação cultivares versus tensões da água no solo.

Tabela 24 Resumo das análises de variância para acidez total titulável (ATT) de frutos de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		ATT (%)
Bloco	2	0,0009 ^{ns}
Cultivares	1	0,0282 ^{**}
Tensões	4	0,0043 ^{ns}
Cultivares x Tensões	4	0,0022 ^{ns}
Resíduo	18	0,0022
Média Geral	-	0,89
C.V. (%)	-	5,30

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F e ^{**} – significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

De acordo com o teste de médias (Tabela 25), o maior conteúdo de acidez total titulável de frutos foi obtido pela cultivar Oso Grande (0,92%), quando comparado à cultivar Aromas (0,86%), apresentando um incremento médio da ordem de 7,0%.

Tabela 25 Média de acidez total titulável (ATT) de frutos de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Cultivares	ATT ¹ (%)
Oso Grande	0,92 a
Aromas	0,86 b

¹Médias seguidas por letras diferentes diferem, estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Pereira (2009), avaliando diferentes cultivares de morangueiro, em função de épocas de plantio, não encontrou diferença significativa no conteúdo de acidez total titulável, entre as cultivares Oso Grande e Aromas.

Camargo (2008), estudando a produtividade e as características físico-químicas de frutos de morango, produzidos em diferentes sistemas de cultivo (convencional e orgânico), também não encontrou diferença significativa, no conteúdo de acidez total titulável entre “Oso Grande” e “Aromas”.

4.3.3 Firmeza de polpa

A firmeza de polpa de frutos foi afetada significativamente pelo fator cultivares, a 1% de probabilidade, pelo teste F (Tabela 26). Não houve efeito significativo entre o fator tensões da água no solo e entre a interação cultivares versus tensões da água no solo.

Tabela 26 Resumo das análises de variância para firmeza de polpa (FP) de frutos de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M. FP (N)
Bloco	2	0,0003 ^{ns}
Cultivares	1	0,0516 ^{**}
Tensões	4	0,0044 ^{ns}
Cultivares x Tensões	4	0,0027 ^{ns}
Resíduo	18	0,0020
Média Geral	-	0,40
C.V. (%)	-	11,33

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F e ^{**} – significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

De acordo com o teste de médias (Tabela 27), a cultivar que apresentou maior firmeza de polpa de frutos foi a “Aromas” (0,44 N), quando comparado a “Oso Grande” (0,36 N), apresentando um incremento médio da ordem de 22,2%.

Tabela 27 Médias de firmeza de polpa (FP) de frutos de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Cultivares	FP¹ (N)
Aromas	0,44 a
Oso Grande	0,36 b

¹Médias seguidas por letras diferentes diferem, estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Pereira (2009), comparando diferentes cultivares de morangueiro, em função de épocas de plantio, não encontrou diferença significativa na firmeza de polpa, entre as cultivares Oso Grande e Aromas.

4.3.4 Coloração interna e externa

Não foi verificado efeito significativo para os parâmetros de coloração L* e C*, tanto na superfície interna quanto externa, com relação aos fatores cultivares, tensões da água no solo e interação cultivares versus tensões da água no solo (Tabelas 28 e 29).

Tabela 28 Resumo das análises de variância para o parâmetro de coloração L* das superfícies externa (LE) e interna (LI) dos frutos de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.	
		LE	LI
Bloco	2	10,87 ^{ns}	1,40 ^{ns}
Cultivares	1	2,32 ^{ns}	12,56 ^{ns}
Tensões	4	3,14 ^{ns}	27,72 ^{ns}
Cultivares x Tensões	4	5,24 ^{ns}	51,64 ^{ns}
Resíduo	18	5,61	33,26
Média Geral	-	33,79	52,99
C.V. (%)	-	7,01	10,88

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F.

Tabela 29 Resumo das análises de variância para o parâmetro de coloração C* das superfícies externa (CE) e interna (CI) dos frutos de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.	
		CE	CI
Bloco	2	2,66 ^{ns}	10,06 ^{ns}
Cultivares	1	2,31 ^{ns}	1,49 ^{ns}
Tensões	4	3,24 ^{ns}	36,81 ^{ns}
Cultivares x Tensões	4	11,58 ^{ns}	20,08 ^{ns}
Resíduo	18	7,84	20,96
Média Geral	-	33,27	31,56
C.V. (%)	-	8,42	14,51

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F.

4.3.5 pH

Na análise de variância (Tabela 30), verifica-se efeito significativo, a 1% de probabilidade, para o pH, com relação ao fator cultivares. Não houve diferença significativa entre o fator tensões da água no solo e entre a interação cultivares versus tensões da água no solo.

Tabela 30 Resumo das análises de variância para o pH de frutos de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		pH
Bloco	2	0,0009 ^{ns}
Cultivares	1	0,8267 ^{**}
Tensões	4	0,0020 ^{ns}
Cultivares x Tensões	4	0,0003 ^{ns}
Resíduo	18	0,0008
Média Geral	-	3,4
C.V. (%)	-	0,82

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F e ^{**} – significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

De acordo com o teste de médias (Tabela 31), a cultivar que apresentou maior pH foi a “Oso Grande” (3,6), quando comparado à cultivar “Aromas” (3,2), apresentando um incremento médio do pH, na ordem de 12,5%.

Tabela 31 Média de pH de frutos de duas cultivares de morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo.

Cultivares	pH¹
Oso Grande	3,6 a
Aromas	3,2 b

¹Médias seguidas por letras diferentes diferem, estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Camargo (2008), analisando a produtividade e as características físico-químicas dos frutos de morango, produzidos em diferentes sistemas de cultivo (convencional e orgânico), também encontrou uma diferença significativa no pH entre as cultivares Oso Grande e Aromas, porém, a “Aromas” apresentou maior pH tanto no cultivo convencional, quanto no cultivo orgânico, não corroborando com este trabalho.

5 CONCLUSÕES

Diante das condições em que o experimento foi desenvolvido e dos resultados obtidos para a cultura do morangueiro, pode-se concluir que:

- a) A cultivar Oso Grande apresentou melhores respostas com relação às características de produção avaliadas, justificando o fato de ser a cultivar mais plantada no sul de Minas Gerais.
- b) Para a obtenção dos maiores valores de: massa fresca de frutos comerciais por planta, número de frutos total e comercial por planta e produtividade comercial, deve-se irrigar no momento em que a tensão da água no solo estiver em torno de 23 kPa, à profundidade de 0,15 m, em ambas cultivares.
- c) A massa média de frutos comerciais e a eficiência no uso da água (EUA), não foram afetadas pelas diferentes tensões da água no solo avaliadas.
- d) Com relação às características de qualidade do morango (sólidos solúveis totais, acidez total titulável, firmeza da polpa, pH, coloração externa e interna) não apresentaram respostas às diferentes tensões da água no solo estudadas.

REFERÊNCIAS

ÁLVAREZ, V. H. et al. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ÁLVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 25-32.

ANUÁRIO da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2008. 419 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the AOAC**. Washington, 1990. 2 v.

BINOTTI, C. S.; BENATO, E. A.; SIGRIST, J. M. M. Avaliação do uso de fungicidas e UV- C combinado com atmosfera modificada em maracujá amarelo, pós-colheita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais...** Belém: SBF, 2002. 1 CD-ROM.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Normais climatológicas: 1961-1990**. Brasília: SPI/EMBRAPA, 1992. 84 p.

CABELLO, F. P. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación**. Madrid: Mundi, 1996. 511 p.

CAMARGO, L. K. P. **Produtividade, caracterização físico-química e análise sensorial de frutos de morangueiro obtidos em diferentes sistemas de cultivo**. 2008. 69 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2008.

CARVALHO, L. G. de; SAMPAIO, S. C.; SILVA, A. M. da. Determinação da umidade na capacidade de campo *in situ* de um Latossolo Roxo Distrófico. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 7, n. 1, p. 1-97, dez. 1996.

CARVALHO, S. P. Histórico, importância socioeconômica e zoneamento da produção de morango no estado de Minas Gerais. In: _____. **Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico**. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. p. 9-13.

COSTA, E. L. da et al. Irrigação da cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 218, p. 57-66, 2002.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.

DIAS, M. S. C. et al. Caracterização físicoquímica de morangos cultivados na região Norte de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS NO SEMI-ÁRIDO MINEIRO, 1., 2007, Janaúba. **Anais...** Janaúba: UNIMONTES, 2007a. 1 CD-ROM.

_____. Morango. In: PAULA JÚNIOR, T. J. de; VENZON, M. (Coord.). **101 culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007b. p. 569-580.

_____. Produção de morangos em regiões não tradicionais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 236, p. 24-33, jan./fev. 2007c.

DOMINGUES, D. M. **Efeito da radiação gama e embalagem na conservação de morangos “Toyonoka” armazenados sob refrigeração**. 2000. 60 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2000.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predictings crop water requeriments**. Roma: FAO, 1977. 144 p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).

DOURADO NETO, D. et al. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo utilizando o modelo de van Genuchten. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 1, p. 92-102, jul. 1990.

DUARTE FILHO, J. Cultivares de morango. In: CARVALHO, S. P. de (Coord.). **Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico**. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. p. 15-22.

DUARTE FILHO, J.; ANTUNES, L. E. C.; PÁDUA, J. G. de. Cultivares. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 236, p. 20-23, jan./fev. 2007.

DUARTE FILHO, J. et al. Aspectos do florescimento e técnicas empregadas objetivando a produção precoce em morangueiros. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 198, p. 30-35, maio/jun. 1999.

EL-FARHAN, A. H.; PRITTS, M. Water requirements and water stress in strawberry. **The New York Berry News**, New York, v. 1, n. 1, p. 5-7, Mar. 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Sociedade Internacional de Biometria, 2000. p. 255-258.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, MG: UFV, 2000. 402 p.

GENUCHTEN, M. T. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, Sept./Oct. 1980.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. 477 p.

GOMES, L. A. A.; SILVA, E. C. da; FAQUIN, V. Recomendações de adubação para cultivos em ambiente protegido. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 99-110.

GOMIDE, R. L. Automação de sistemas de irrigação em fruticultura irrigada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBF, 2000. p. 156-181.

GOULART, B. L.; FUNT, R. C. Influence of raised beds and plant spacing on growth and yield of strawberry. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 111, n. 2, p. 176-181, Apr. 1986.

HAISE, H. R.; HAGAN, R. M. Soil, plant, and evaporative measurements as criteria for scheduling irrigation. In: HAGAN, R. M.; HAISE, H. R.; EDMINSTER, T. W. (Ed.). **Irrigation of agricultural lands**. Madison: American Society of Agronomy, 1967. p. 577-604.

IUCHI, T. **Crescimento da planta e do fruto de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) em diferentes regimes hídricos.** 1993. 187 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1993.

KLAR, A. E.; CAMPOS, S.; CATÂNEO, A. Déficits hídricos em plantas de morango (*Fragaria spp*): I., produção, teores de vitamina C, de proteína e umidade dos frutos. **Científica**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 45-61, 1990.

MAAS, J. L. **Compendium of strawberry diseases.** Saint Paul: The American Phytopathological Society, 1984. 138 p.

MANNINI, P.; GALLINA, D. Yield and quality response of strawberries to irrigation. **Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura**, Bologna, v. 56, n. 4, p. 69-73, 1994.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. de C.; SILVA, H. R. da. **Manejo da irrigação em hortaliças.** 5. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 72 p.

MINOLTA. **Precise color communication:** color control from perception to instrumentation. Sakai, 1998. 59 p. Encarte.

MORGAN, K. T.; PARSONS, L. R.; WHEATON, T. A. Comparison of laboratory, and field, derived soil water retention curves for a fine sand soil using tensiometric resistance and capacitance methods. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 234, n. 2, p. 153-157, July 2001.

PACHECO, D. D. et al. Nutrição mineral e adubação do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 236, p. 40-49, jan./fev. 2007.

PEREIRA, W. R. **Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de morangueiro, em diferentes épocas de plantio.** 2009. 46 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

PIRES, R. C. de M. **Desenvolvimento e produtividade do morangueiro sob diferentes níveis de água e coberturas do solo.** 1998. 116 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1998.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera:** conceitos, processos e aplicações. Barueri: Manole, 2004. 478 p.

- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAVEZ, V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 359 p.
- RONQUE, E. R. V. **Cultura do morangueiro: revisão e prática**. Curitiba: EMATER, 1998. 206 p.
- SCALON, S. P. Q. **Qualidade do morango: efeito do CaCl₂ sobre a parede celular e níveis residuais de benomil**. 1996. 105 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.
- SERRANO, L. et al. Effects of irrigation regimes on the yield and water use of strawberry. **Irrigation Science**, New York, v. 13, n. 1, p. 45-48, Mar. 1992.
- SILVA, A. F.; DIAS, M. S. C.; MARO, L. A. C. Botânica e fisiologia do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 236, p. 7-13, jan./fev. 2007.
- SILVA, C. S. **Qualidade e conservação do morango tratado em pós-colheita com cloreto de cálcio e do armazenamento em atmosfera modificada ativa**. 2004. 96 p. Tese (Doutorado em Horticultura) - Universidade Estadual de Paulista, Botucatu, 2004.
- SMAJSTRLA, A. G.; HARRISON, D. S. **Tensiometers for soil moisture measurement and irrigation scheduling**. Davis: University of Florida, 1998. 6 p.
- SMAJSTRLA, A. G.; PITTS, D. J. **Tensiometer service: testing and calibration**. Davis: University of Florida, 1997. 5 p.
- STRABBIOLI, G. A study on strawberry water requirements. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 228, n. 2, p. 179-186, 1988.
- VILAS-BOAS, E. V. de B. **Técnicas para diversas análises de alimentos**. Lavras: UFLA, 1999. 74 p.
- WHITHERS, B.; VIPOND, S. **Irrigação: projeto e prática**. São Paulo: EPU, 1977. 339 p.
- YASUBA, K. et al. High quality production of fruit vegetables by controlling water in a simplified rockwool culture. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 396, n. 1, p. 67-74, 1995.