

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

DISSERTAÇÃO

CRESCIMENTO E RELAÇÕES HÍDRICAS DE
GENÓTIPOS DE MAMOEIRO (*Carica papaya* L.)
CULTIVADOS SOB IRRIGAÇÃO POR
ACIONADOR AUTOMÁTICO

GUSTAVO CARDOSO DE OLIVEIRA DIAS

2012



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE AGRONOMIA
Curso de PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

**CRESCIMENTO E RELAÇÕES HÍDRICAS DE GENÓTIPOS DE
MAMOEIRO (*Carica papaya* L.) CULTIVADOS SOB IRRIGAÇÃO
POR ACIONADOR AUTOMÁTICO**

GUSTAVO CARDOSO DE OLIVEIRA DIAS

Engenheiro Agrônomo

Sob orientação do: Professor

Dr. Marco Antonio da Silva Vasconcellos

e Co-orientação do: Professor

D.Sc. Leonardo Oliveira Medici

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, como parte das exigências para a obtenção do título de **Mestre em Fitotecnia**, Área de concentração: Fisiologia da Produção.

Seropédica, RJ

Fevereiro de 2012

634.651

D541c

T

Dias, Gustavo Cardoso de Oliveira, 1985-
Crescimento e relações hídricas de
genótipos de mamoeiro (*Carica papaya* L.)
cultivados sob irrigação por acionador
automático / Gustavo Cardoso de Oliveira Dias
- 2012.

81 f.: il.

Orientador: Marco Antonio da Silva
Vasconcellos.

Dissertação (mestrado) - Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-
Graduação em Fitotecnia.

Bibliografia: f. 72-81.

1. Mamão - Cultivo - Teses. 2. Mudas -
Cultivo - Teses. 3. Mudas - Irrigação - Teses.
4. Irrigação - Automação - Teses. I.
Vasconcellos, Marco Antonio da Silva, 1963-.
II. Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia.
III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta Dissertação, desde que seja citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

Crescimento e relações hídricas de genótipos de mamoeiro (*Carica papaya* L.)
cultivados sob irrigação por acionador automático

GUSTAVO CARDOSO DE OLIVEIRA DIAS

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Fitotecnia**, no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de Concentração em Fisiologia da Produção.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 29 de Fevereiro de 2012

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Eliemar Campostrini, Ph.D.
Universidade Estadual do Norte Fluminense– UENF

Prof. Dr. Daniel Fonseca de Carvalho
Universidade Federal Rural do Rio De Janeiro – UFRRJ

Prof. Dr. Marco Antonio da Silva Vasconcellos
Universidade Federal Rural do Rio De Janeiro – UFRRJ
(Orientador)

"Só sabemos com exatidão quando sabemos pouco;
à medida que vamos adquirindo conhecimento,
instala-se a dúvida."

(Johan Wolfgang Von Goethe)

"Altiora Semper Petens"

A Deus
A minha família
Pela compreensão, pelo incentivo

Dedico e ofereço

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro com a concessão da bolsa.

Ao Professor Marco Antonio da Silva Vasconcellos pela orientação, confiança, e, principalmente, pelo bom convívio.

Ao Professor Leonardo Oliveira Medici, pelos bons conselhos e ensinamentos durante esses anos.

Aos Professores Daniel Fonseca de Carvalho, Everaldo Zonta, Helena Regina Pinto Lima, Carlos Pimentel e Regina Celi Cavestré Coneglian, que foram indispensáveis para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Departamento de Fitotecnia e demais funcionários.

Aos colegas Aldir Carlos Silva, Victor Pezzin e Adalto Costa, pela ajuda e colaboração na execução deste trabalho

A todos os que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

RESUMO

O Brasil se destaca como um dos principais produtores de mamão do mundo, assim a preocupação em aperfeiçoar as técnicas de produção de mudas é de suma importância, uma vez que o desenvolvimento inicial do mamoeiro tem relação direta com a sua precocidade de florescimento e produção de frutos. O estudo das relações hídricas tem recebido atenção nos últimos anos, visto que a deficiência ou excesso de água muitas vezes torna-se fator limitante para a produtividade. Assim com o intuito de controlar o fluxo de água às culturas, garantindo a umidade necessária, foi desenvolvido um acionador automático de irrigação que é confeccionado com utensílios domésticos de baixo custo com o funcionamento baseado na formação do equilíbrio entre a solução do solo e a água contida no interior do aparelho. O objetivo deste trabalho foi o de gerar informações acerca do consumo de água e das possíveis alterações de crescimento e desenvolvimento em plantas de mamoeiro dos grupos Solo e Formosa. Foram avaliados os efeitos em dois diferentes genótipos em resposta a diferentes regulagens de acionamento do dispositivo de irrigação automatizado, nas fases de germinação e crescimento de mudas. Foram conduzidos experimentos em casa de vegetação no Dep. de Fitotecnia do IA/UFRRJ, utilizando plantas das variedades do grupo Solo (Sunrise Golden) e do grupo Formosa (Tainung 01) em tubetes, sendo submetidas a diferentes níveis de acionamento de um dispositivo de irrigação automatizado, determinados por diferentes regulagens das alturas de localização do pressostato em relação à cápsula de cerâmica inserida no substrato (30, 60 e 90 cm), sendo monitorada a lâmina aplicada em cada tratamento. O delineamento experimental foi definido em blocos casualizados com cinco repetições em um esquema fatorial simples 3 X 2, combinando três desníveis do pressostato e duas variedades. As variáveis analisadas foram: porcentagem de germinação, índice de velocidade de emergência (IVE); taxa de crescimento da altura e diâmetro do caule; número de folhas; área foliar; área foliar específica; massa de matéria fresca e seca (parte aérea+raiz); condutância estomática, conteúdo relativo de água (CRA), déficit de pressão de vapor do ar (DPV_{ar}) e teor relativo de clorofila. Foi monitorado o consumo e as perdas de água e nutrientes pela condutividade elétrica (CE), estimando-se ao final o volume total de água utilizado pelas plantas de mamoeiro. Não foram observados efeitos para porcentagem de germinação e IVE em diferentes regulagens de acionamento automático. O desnível de 30cm apresentou maior drenagem e menores valores de CE e leituras de SPAD, indicando perda de nutrientes no substrato e deficiência nutricional nas plantas. Estes efeitos da drenagem foram mais acentuados para 'Tainung 01' que apresentou menor sistema radicular. A cultivar 'Sunrise Golden' apresentou mudas com maior crescimento com o desnível de 60 cm. O cultivo com 90 cm de desnível do acionador causou deficiência hídrica moderada com redução da condutância estomática e CRA indica um status hídrico inferior. Os dados indicam que a tecnologia é viável, mas é necessário usar emissores com menor vazão para evitar excesso de drenagem.

Palavras-chave: Carica papaya, produção de mudas, automação da irrigação, sensores de umidade, trocas gasosas.

ABSTRACT

The Brazil stands out as a leading producer of papaya in the world, so the concern to improve the techniques of seedling production is of paramount importance, since the initial development of the papaya tree is directly related to its early flowering and fruit production. The study of water relations has received attention in recent years, since the deficiency or excess of water often becomes a limiting factor for productivity. So in order to control the flow of water to crops, ensuring the necessary moisture, was developed a automatic controller for watering systems are made with low cost domestic items with the operation based on the formation of the equilibrium between of the soil solution and the water contained inside automatic controller. The aim of this study was to generate information about the consumption of water and possible changes in growth and development in papaya plants of groups Solo and Formosa. The effects of two different genotypes in response to different levels of activation of the automatic controller at the stages of germination and seedling growth. Experiments were conducted in a greenhouse in Depart. Plant of the IA / UFRRJ, using plants of the varieties of the Solo group (Golden) and the Formosa group (Tainung) in containers, and subjected to different levels of activation of the automatic controller, determined by different heights of the switch relative location the capsule of ceramic inserted into substrate (30, 60 e 90 cm), being monitored the applied water depth in each treatment. The experiment was set in randomized blocks with five replications in a factorial simple design 3 X 2, combining three height of the switch and two varieties. The variables were: percentage of germination, emergence speed index, rate of growth height and stem diameter, leaf area, leaf number, specific leaf area, fresh and dry weight (shoot + root), stomatal conductance, relative water content (RWC), vapor pressure deficit of the air (VPD_{air}) and relative chlorophyll content. Being monitored consumption and losses of water and nutrients by the EC, it estimated at the end the all volume of water used by plants of papaya. No effects were observed for percentage of germination and emergence speed index. The difference of 30cm presented greater drainage and lower values of EC and SPAD readings, indicating a loss of nutrients in the substrate and nutrient deficiency in plants. The drainage effects were more pronounced for 'Tainung 01' with the lowest root system. The seedlings of cultivar 'Sunrise Golden ' had the fastest growing in heights of the switch 60 cm. Cultivation in heights of the switch 90 cm caused mild water deficit a reduction in stomatal conductance and the RWC indicates a lower water status. The data indicate that the technology is feasible, but you must use dripper with less flow to avoid excessive drainage.

Keywords: *Carica papaya*, seedling production, automation of irrigation, moisture sensors, gas exchange.

SUMÁRIO

Página

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 O mamoeiro (<i>Carica papaya</i> L.).....	14
2.2 Características agronômicas.....	15
2.3 Utilizações do mamoeiro.....	18
2.4 Relações hídricas no mamoeiro	19
2.5 Estratégias de manejo da irrigação	25
2.5.1 Manejo da irrigação baseado na umidade do solo.....	25
2.5.2 Tensiometria	26
2.5.3 Equipamentos para manejo de irrigação.....	27
2.5.3.1 Tensiômetro.....	27
2.5.3.2 Irrigas®.....	27
2.5.3.3 Acionador automático para irrigação.....	29
2.6 Automação.....	30
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1 Localização e delineamento experimental.....	31
3.2 Condições de cultivo e irrigação	31
3.3 Efeitos dos níveis de irrigação sobre a germinação de mamão:.....	36
3.4 Desenvolvimento e produção de mudas de mamão sob diferentes níveis de irrigação.....	37
3.5 Características avaliadas	37
3.5.1 Análises biométricas	37
3.5.1.1 Altura da planta, diâmetro do caule e número de folhas	37
3.5.1.2 Área foliar (cm ²).....	38
3.5.1.3 Área foliar específica (AFE).....	38
3.5.1.4 Determinação da massa fresca e	

seca da parte aérea e das raízes	38
3.5.2 Análises Fisiológicas.....	39
3.5.2.1 Condutância estomática.....	39
3.5.2.2 Déficit de pressão de vapor do ar	39
3.5.2.3 Teor relativo de clorofila (SPAD)	40
3.5.2.4 Conteúdo relativo de água (CRA)	40
3.5.3 Análise da irrigação.....	40
3.5.3.1 Condutividade elétrica do substrato.....	40
3.5.3.2 Drenagem (mL/vaso)	41
3.6 Análise dos resultados.....	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5. CONCLUSÕES	71
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

1. INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como um dos principais produtores mundiais de mamão, apresentando produtividade média de 54,40 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2011). Esta cultura é cultivada praticamente em todos os Estados da federação, em cerca de 40 mil hectares, mas é na Bahia e Espírito Santo, e mais recentemente no Rio Grande do Norte, onde se encontram instalados os principais pólos de produção da fruta no Brasil. A Bahia é o maior produtor brasileiro, seguido muito próximo do Estado do Espírito Santo, maior exportador do país, e juntos respondem por cerca de 70% da área e da produção de mamão no país (IBGE, 2010).

A cultura apresenta grande importância social, gerando empregos o ano inteiro e se constitui numa importante fonte de divisas para o país. Nos últimos anos as exportações na balança comercial de frutas frescas aumentaram, aproximadamente, cinco vezes, passando de US\$ 7,2 milhões, em 1998, com a reabertura do mercado americano para o mamão brasileiro, para US\$ 38,6 milhões, em 2008. Apesar disso, o volume exportado é ainda pouco significativo se comparado com o total da produção brasileira desta fruta, que é inferior a 2% (SECEX/MDIC, 2008).

A compreensão das respostas das fruteiras à ação dos fatores do ambiente como luz, temperatura, água no solo e no ar, nutrientes minerais e características físicas do solo é de fundamental importância para minimizar os efeitos indesejados do ambiente sobre os processos fisiológicos. Ao se compreender essas respostas é possível traçar estratégias de manejo afim de propiciar melhores condições de crescimento e desenvolvimento, com grandes possibilidades de aumento na produtividade (SCHAFFER e ANDERSEN, 1994).

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é considerado uma planta herbácea de grande porte (MALO e CAMPBELL, 1986), possuindo essa espécie considerável sensibilidade às variáveis atmosféricas como temperatura, luz e déficit de pressão de vapor (MACHADO FILHO et al., 2006).

Um dos entraves da cadeia produtiva do mamão é a obtenção e manejo do material propagativo (RUGGIERO, 1988). Embora possa ser propagado assexuadamente por meio de enxertia, estaquia ou cultura de tecidos, o mamoeiro é propagado por meio de mudas oriundas de sementes, sendo que, para plantio comercial, a semeadura é feita, geralmente, em saquinhos de polietileno. O uso de bandejas de poliestireno ou tubetes é pouco adotado pela maioria dos produtores de mamão, visto

que ainda são escassos ou inexistentes os trabalhos que comprovem as vantagens deste sistema. No entanto, tem aumentado de forma expressiva o uso de tubetes na produção de mudas de mamoeiro para plantio mecanizado, sendo este adotado pelos grandes exportadores de mamão. Recentemente, surgiram viveiristas especializados na produção de mudas de mamoeiro avançando para a terceirização na produção de mudas, como já ocorre em outros países produtores, a exemplo da Austrália (YAMANISHI et al., 2004).

De acordo com Dantas et al. (2002), por ser uma cultura que necessita de renovação dos pomares após três anos, e por apresentar segregação do sexo, sendo necessária a realização da sexagem em plântulas após cerca de 4 meses da data de plantio (MING et al. 2008), faz-se necessário um aumento na demanda de melhorias e desenvolvimento de novas tecnologias visando à qualidade das mudas, forçando o desenvolvimento de pesquisas na área. A preocupação em aperfeiçoar as técnicas de produção de mudas é de suma importância, uma vez que o desenvolvimento inicial do mamoeiro tem relação direta com a sua precocidade de florescimento e produção de frutos.

Dentro desse contexto, a adoção da tecnologia de irrigação para a cultura do mamoeiro, para o real sucesso do empreendimento, deve ser respaldada por recomendações adequadas de manejo de água, que permitam o seu uso racional (SANCHES & DANTAS, 1999; COELHO et al., 2003). Entretanto, isso não é uma prática de uso comum, tendo sido observada por parte dos produtores a adoção de um tempo de irrigação padrão arbitrário baseado na tradição local, sendo atualmente o maior desafio o manejo de aplicação em função do volume de água necessário as culturas, fazendo-se necessário o uso de sistemas de irrigação e de tecnologias que permitam monitorar a quantidade de água necessária e o momento certo de ser aplicada em determinada.

O objetivo deste trabalho foi, a partir de experimentos realizados em casa de vegetação, o de gerar informações acerca do consumo de água e das possíveis alterações de crescimento e desenvolvimento em plantas de mamoeiro dos grupos Solo e Formosa. Foram avaliados os efeitos em dois diferentes genótipos em resposta a diferentes regulagens de acionamento do dispositivo de irrigação automatizado, nas fases de germinação e crescimento de mudas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O mamoeiro (*Carica papaya* L.)

A espécie *Carica papaya* L. é o mamoeiro mais cultivado em todo mundo, tendo sido descoberto pelos espanhóis no Panamá. É uma planta herbácea tipicamente tropical, cujo centro de origem é, provavelmente, o noroeste da América do Sul, vertente oriental dos Andes, ou mais precisamente, a bacia Amazônica Superior, onde sua diversidade genética é máxima (TRINDADE et al., 2000).

De acordo com Dantas & Castro Neto (2000), a morfologia do mamoeiro é bastante interessante. A planta atinge alturas entre 3 e 8 m. O caule se apresenta com diâmetro entre 0,1 e 0,3 m, verde oco, cilíndrico, ereto, indiviso, herbáceo, fistuloso, terminando com uma concentração de folhas na região apical, disposta de forma espiralada. As folhas se apresentam, de forma alternada no tronco, com grandes limbos foliares, de lâminas ovais ou orbiculares, palmatilobadas, com 7 a 11 nervuras. Os pecíolos são fistulosos, cilíndricos, de comprimento variando de 0,5 a 0,7 m, podendo atingir 1,0 m. O sistema radicular é pivotante, com ramificações radiais e raiz principal napiforme.

De acordo com as condições climáticas e disponibilidade hídrica, a longevidade de uma folha varia de 2,5 a 8 meses, e novas folhas são lançadas na taxa de 1,5 a 4 folhas por semana (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2008).

Segundo Ming et al. (2007), raramente ramificada, apresenta uma fase juvenil curta (3 a 8 meses) e é considerada como uma planta semi-lenhosa por apresentar número de genes envolvidos na síntese de lignina em um número intermediário entre o Poplar (*Populus* sp.) e a *Arabidopsis thaliana*, o que demonstra ser o mamoeiro uma planta que está evoluindo de herbácea para lenhosa.

O mamoeiro cultivado possui três tipos de flores: feminina, masculina e hermafrodita. Segundo Hofmyer (1938), a herança do sexo nesta espécie é monogênica com três alelos designados pelos símbolos m, M1 e M2. Indivíduos com os genótipos mm, M1m e M2m são, respectivamente, femininos, masculinos e hermafroditos.

O mamoeiro pode ser classificado como uma planta do metabolismo C3. Tal afirmação é relatada por Campostrini & Glenn (2007), baseados na anatomia foliar, nos valores da taxa fotossintética líquida em luz saturante, e no valor da discriminação isotópica do carbono, de forma que os fatores do ambiente como luz, vento,

características físicas e químicas do solo, temperatura, água no solo e no ar e fatores bióticos como fungos micorrízicos podem afetar intensamente a produtividade e a fisiologia do mamoeiro.

2.2. Características agronômicas

O mamoeiro é uma planta tipicamente tropical, com crescimento vegetativo em regiões com temperaturas variando de 22 a 26°C. Em temperaturas superiores a 30°C, a taxa de assimilação líquida é significativamente diminuída. Temperaturas elevadas, segundo Dantas & Castro Neto (2000), influenciam a taxa de desenvolvimento dos frutos.

As árvores começam a frutificar no final do primeiro ano. Flores e frutos são produzidos continuamente em climas tropicais. O florescimento é interrompido em climas subtropicais durante os períodos mais frios. O rendimento é maior durante o segundo ano. Durante o terceiro ano, o rendimento diminui consideravelmente, e continua durante os anos seguintes. Com o aumento da idade, a colheita também se torna progressivamente mais difícil, por isso que comercialmente as árvores são geralmente mantidas por 3-5 anos.

A altitude recomendada para o cultivo do mamoeiro é de até 200 m acima do nível do mar, embora sejam citadas algumas variedades, produzindo satisfatoriamente em regiões de maior altitude (OLIVEIRA et al., 1994).

O efeito da radiação solar sobre a assimilação de CO₂ no mamoeiro segue o padrão para a maioria das plantas C3, e o ponto de saturação luminoso é relativamente alto, em torno de 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Nos trópicos, em dias ensolarados com densidade de fluxo de fótons superiores a 2000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, o mamoeiro apresenta fotoinibição. Quando cultivado sombreado, o mamoeiro apresenta redução no tamanho das plantas, na área foliar, na densidade de estômatos, no comprimento das células do mesófilo e no peso específico e espessura da folha, por outro lado, ocorre aumento da quantidade de clorofila da folha (DANTAS e CASTRO NETO, 2000).

Até o momento, não se tem um método prático e rápido para diferenciar o sexo em plântulas de mamoeiro, embora se tenha alguma informação de que as plantas femininas normalmente apresentam maior vigor vegetativo (CHUTTEANG et al., 2007). Segundo Campostrini & Glenn (2007), a identificação precoce pode ser feita por meio de estudos com isoenzimas ou por marcadores moleculares (LEMOS et al. 2002).

Todavia, estas metodologias não são consideradas viáveis economicamente a nível de produtores, tornando a utilização de mudas, sem a prévia identificação do sexo, um processo que incrementa o custo de produção.

A propagação assexuada é bastante difundida na fruticultura, por permitir a obtenção de plantas com as características desejáveis das plantas-mãe. No entanto, na cultura do mamoeiro esta prática não se difundiu em escala comercial. Atribui-se a isso, dentre outros fatores, o fato de se tratar de uma cultura de ciclo econômico relativamente curto (RUGGIERO, 1988).

A estimativa da utilização de sementes de mamão no Brasil é de aproximadamente 5.000 kg por ano, o que significa uma quantia superior a US\$ 4 milhões. Em função do custo elevado, vários produtores optam por produzir suas próprias sementes, reproduzindo em suas lavouras materiais de baixo padrão de qualidade genética, permanecendo no campo cultivares sem expressão econômica, com risco de disseminação de doenças de grande severidade para a cultura (ALVES et al., 2003).

No processo de germinação, a água é essencial ao metabolismo celular, pelo menos por três motivos: para a atividade enzimática, para a solubilização e transporte dos reagentes e como reagente em si, principalmente, na digestão hidrolítica das substâncias de reserva armazenadas na semente (Marcos Filho, 2005). Para isto, há uma quantidade mínima de água que a semente deve absorver.

A caracterização da estrutura da semente do mamoeiro é pouco conhecida, levando muitas das vezes a contradições em relação à terminologia das estruturas das sementes (SANTOS, et al. 2009). A semente apresenta-se envolvida por duas membranas, sendo uma externa denominada arilo ou sarcotesta (envelope mucilaginoso), e a outra interna, chamada esclerotesta (camada enrugada), que envolve o tégmen. Internamente, é constituída pelo endosperma e embrião, sendo este representado pelo eixo hipocótilo-radícula e pelos cotilédones (MARIN et al., 1995).

Na propagação por sementes, o substrato tem um papel importante na formação da muda (PEIXOTO, 1986). O substrato tem a finalidade de proporcionar condições adequadas à germinação e ao desenvolvimento do sistema radicular da muda em formação (RAMOS et al., 2002). Os substratos devem apresentar, entre outras características, fácil disponibilidade de aquisição e transporte, ausência de patógenos,

riqueza em nutrientes essenciais, pH adequado, boa textura e estrutura (SILVA et al., 2001).

Alguns substratos, por serem mais facilmente encontrados, são utilizados em algumas regiões do país, como húmus, Plantmax®, casca de arroz carbonizada, vermiculita, esterco de galinha e carvão vegetal, que têm grande potencial e podem ser utilizados na propagação do mamoeiro (FAGUNDES et al., 2000).

Em geral, o mamoeiro é classificado conforme a característica do fruto, sendo dividido em dois grandes grupos: ‘Solo’ e ‘Formosa’. No Brasil, as principais cultivares plantadas são o Sunrise Solo, Improved Sunrise Solo Line 72/12, Sunrise Golden e Taiwan, todos do grupo Solo. No grupo Formosa, o genótipo Tainung 01 é o mais plantado (Trindade et al., 2000), e recentemente o híbrido brasileiro UENF-Caliman 01.

O genótipo ‘Sunrise Golden’ é um cultivar proveniente de seleção massal de plantas, em campos de produção de ‘Sunrise Solo’, na empresa Caliman Agrícola S/A, no Estado do Espírito Santo. Nesse genótipo, os frutos hermafroditos são do tipo piriforme, com cor da polpa rosa - salmão, cavidade interna do tipo estrelada, casca lisa, tamanho uniforme, com peso médio de 450 g e excelente aspecto visual. No estágio imaturo, apresenta cor da casca verde mais clara, quando comparado com a variedade que lhe deu origem. O ‘Sunrise Golden’ tem boa aceitação no mercado internacional, porém possui teor de sólidos solúveis dos frutos e produtividade inferiores ao do Sunrise Solo (Costa & Pacova, 2003).

O mamoeiro híbrido ‘Tainung 01’ foi desenvolvido pela estação experimental de Fengshan, em Formosa, China, e é resultado do cruzamento entre ‘Sunrise Solo’ e uma seleção da Costa Rica, de polpa vermelha. Este genótipo é bastante produtivo, os frutos são alongados nas plantas hermafroditas, e oblongo- obovados (redondo-alongados), nas femininas. Os frutos do híbrido apresentam casca de coloração verde-clara e cor da polpa laranja-avermelhada. O peso dos frutos varia entre 900 e 1100 g, tem ótimo sabor, possui boa durabilidade, resistência ao frio e tem grande aceitação no mercado interno (COSTA & PACOVA, 2003).

A necessidade hídrica das culturas pode ser definida como a quantidade de água que as plantas cultivadas devem receber para se desenvolverem sem estresse hídrico (FISCHER et al., 2007). Em condições de déficit hídrico apresenta redução do seu porte e leve clorose das folhas mais velhas, com posterior abscisão (OLIVEIRA et al., 1994).

2.3. Utilizações do mamoeiro

O mamoeiro é um fruto nutritivo que apresenta boas qualidades organolépticas (FAGUNDES & YAMANISHI, 2001). Na composição química da polpa do mamão predominam água (86,8%), açúcares (12,18%) e proteínas (0,5%). O fruto é considerado uma importante fonte de carotenóides, precursores da vitamina A, e bastante rico em vitamina C (SOUZA, 1998). Além disso, o mamão é boa fonte de cálcio (SIQUEIRA, 2003).

No setor alimentar, as frutas se sobressaem como a principal fonte de vitaminas e sais minerais, essenciais à nutrição humana. Já no socioeconômico, a fruticultura representa a geração de renda e divisas criando empregos e diminuindo a desigualdade social. Além das frutas frescas, são explorados produtos processados como polpa de mamão e papaia seca.

Bioquimicamente, as suas folhas e frutos são complexos, produzindo diversas proteínas e alcalóides com importantes aplicações farmacêuticas e industriais (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2008).

Segundo Augstburger et al. (2000), o mamão é fonte de papaína, retirada do látex da casca que pode ser explorado comercialmente, marcando o fruto. Empregada em uma variedade de formas, esta enzima proteolítica de ação semelhante à da pepsina e tripsina, pode ser utilizada nos alimentos (digestão e amaciamento de carnes), no processamento de borracha natural, na indústria têxtil (degomagem de seda e amaciamento de lã), de curtume, farmacêutica, (medicamentos para várias doenças digestivas e tratamento de feridas gangrenosas), de alimentos (de cerveja, queijo e gomas de mascar) e de cosméticos (sabonetes e xampus). O látex é extraído por escarificação da casca do fruto para induzir o fluxo de látex, principalmente do fruto verde, e contém 0,15 a 3,75% papaína (NAKASONE & PAULL, 1998).

Evolutivamente, a papaína pode ser associada à proteção contra predadores herbívoros e frutívoros (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2008). Também segundo esta publicação, da semente, folha e fruto extrai-se um alcalóide, a carpaína, que é usada farmacêuticamente.

Todos os resíduos, incluindo as folhas, podem ser utilizados como alimentos para animais (por exemplo, para suínos). Sementes de mamão são usadas em muitos lugares para combater os endoparasitas (vermes) nos seres humanos e animais (AUGSTBURGER et al. 2000).

Segundo a FAO (2011), a produção mundial de mamão representa 10% da produção mundial de frutas tropicais, girando em torno de oito milhões de toneladas, das quais 39% são produzidas na América Latina e Caribe. Os principais produtores mundiais são o Brasil, México, Nigéria, Índia e Indonésia, enquanto os maiores exportadores são o México e a Malásia. A Comunidade Européia (Holanda, Portugal, Espanha, Reino Unido, França, Itália, Alemanha e Suíça) e os Estados Unidos são os principais importadores do mamão brasileiro, representando 80% e 14%, respectivamente (SECEX/MDIC, 2008).

2.4. Relações hídricas no mamoeiro

A distribuição dos vegetais na superfície terrestre depende mais da disponibilidade de água que de qualquer outro fator ambiental (TUNER, 1986). O estudo das relações hídricas em processos de crescimento, de desenvolvimento e no metabolismo vegetal tem recebido considerável atenção nos últimos anos. A justificativa deve-se à escassez de chuvas e ao aumento de temperatura média do planeta. De acordo com Larcher (2000) a capacidade de superar o déficit hídrico é determinante para a produtividade dos cultivos, sendo esta a limitação mais comum para o crescimento.

Quando há disponibilidade de água no solo, esta se movimenta, por difusão, do solo para a planta e da planta para a atmosfera, no sistema contínuo solo-planta-atmosfera. A água está no estado líquido no solo e na planta, até a superfície das paredes celulares da folha, na câmara subestomática, ou na epiderme, onde ela se vaporiza, passando para a atmosfera no estado gasoso (SUTCLIFFE, 1971). Este movimento de difusão da água ocorre devido ao gradiente de potencial de água Ψ_a , que existe entre o solo, a planta e a atmosfera, o que provoca o transporte da água do solo para a planta, à medida que esta perde água para a atmosfera, pela transpiração (WINTER, 1976). Apesar da importância da água para o metabolismo vegetal, assim como para a sua constituição, a quantidade de água existente na planta é pequena, quando comparada com a quantidade de água que passa pela planta através da transpiração (PIMENTEL, 2004).

Embora o cultivo comercial do mamoeiro seja feito em sua maioria utilizando sistemas de irrigação, os estudos relacionados com as relações hídricas são fundamentais para um manejo adequado da aplicação de água na cultura. De acordo

com Torres Netto et al. (2005), é de extrema importância para a gestão da irrigação o conhecimento dos valores dos potenciais de água da planta e do solo, para os quais haverá limitação do metabolismo fotossintético do carbono.

O mamoeiro apresenta bom desenvolvimento em umidade relativa do ar entre 60% e 85%, a abertura e fechamento dos estômatos são controlados primariamente pelo déficit de pressão de vapor do ar (DPV_{ar}) (DANTAS e CASTRO NETO, 2000). O déficit hídrico no solo, associado ao DPV_{ar} , altera a pressão de turgescência das células, que está relacionada com a expansão e alongamento celular, e vários processos bioquímicos e fisiológicos, induzindo respostas metabólicas e fisiológicas como o fechamento estomático, declínio na taxa de crescimento, acúmulo de solutos e substâncias antioxidantes, e expressão de genes específicos de estresse (Singh-Sangwan et al., 1994).

A primeira e mais sensível resposta ao déficit hídrico é a diminuição da turgescência e, associada a esse evento, a diminuição do processo de crescimento, com significativa limitação do metabolismo das proteínas e dos aminoácidos. Nas plantas, um reduzido potencial de água do solo pode resultar em grandes mudanças, como a inibição do crescimento de ramos e por vezes de raízes, a diminuição da condutância estomática, limitação da fotossíntese, estímulo à produção de solutos, mudanças nas concentrações e nas atividades de vários fitormônios e mudanças na expressão gênica e nos padrões de desenvolvimento (TAIZ e ZEIGER, 2002).

Idealmente, a irrigação deveria ser feita um pouco antes das plantas sofrerem estresse hídrico prejudicial à produção. Simples em tese, o ato de medir o estresse diretamente na planta tem sido difícil de realizar e não está bem resolvido, apesar do grande número de pesquisas realizadas sobre este tema (CALBO & CARVALHO e SILVA, 2005).

Em uma revisão feita por Jones (2004), são apresentados vários métodos disponíveis para planejamento de irrigação baseados na planta e indicando suas vantagens e problemas, onde no estudo das relações hídricas em plantas estes são métodos que descrevem as respostas ao déficit de água. Nela é apresentada uma série de processos generalizados na planta devido a respostas ao estresse por água, indicando o crescimento celular como sendo o processo mais sensível, seguido pela síntese de parede e proteínas.

O conteúdo relativo de água (CRA) (protocolo descrito por Munns, 2010b, in PrometheusWiki) é uma medida amplamente usada de status de água que não necessita de equipamentos sofisticados, tendo a vantagem de ser relacionado intimamente ao turgor celular, que é o processo motriz para a expansão da célula, ou seja, mais a função fisiológica do que o potencial total de água (JONES, 2004). O CRA mede a desidratação das folhas (MUNNS et al., 2010), geralmente para se avaliar mudanças no status de água da folha quando não ocorre ajuste osmótico (KRAMER & BOYER, 1995).

Outro indicador seguro para diferenças fenotípicas no crescimento em resposta ao estresse é a condutância estomática (gs) que além de ser um método de medida rápido e não destrutivo quando comparado a área foliar e a biomassa, permite a análise de um maior número de plantas individuais. A desvantagem da condutância é que ela pode ser altamente variável, sendo sensível não apenas à luz, mas também ao DPV e a concentração de CO₂, podendo causar um acúmulo na câmara do porômetro de mão devido, por exemplo pela respiração, ao aumento rápido da concentração de CO₂ acima do ambiente e levando ao fechamento estomático (MUNNS et al., 2010).

A condutância estomática por meio do porômetro, como foi dito, é geralmente muito sensível, exceto em plantas anisohídricas, com grandes variações folha a folha. Em casos extremos, plantas com bom sistema de controle endógeno mantêm um estável status de água sobre ampla demanda evapotranspirométrica. Essas plantas são chamadas isohídricas (STOCHER, 1956), e de outra forma, as que parecem ter menos controle efetivo do status de água foliar tem sido chamadas anisohídrica. Na prática a distinção entre o comportamento isohídrica e anisohídrica freqüentemente não é claro; mesmo diferentes cultivares de videiras tem mostrado ter comportamento hidráulico contrastante (SCHULTZ, 2003).

Alguns pesquisadores têm expressado a abertura estomática em termos de condutância, outros como a resistência que é o inverso da condutância. O uso de resistências e condutâncias é discutido em Nobel (2009, capítulo 8) e os problemas resultantes da utilização da resistência. Métodos visuais têm sido largamente suplantados por porômetros que medem o movimento do gás para fora de folhas de tal forma que as leituras podem ser convertidas em resistência à difusão da folha ou a sua condutância. Este método mede a resistência da folha total, mas se a resistência

cuticular é alta há uma boa aproximação da resistência estomática. Existe dois tipos de porômetros: pressão ou fluxo de massa e difusão (KRAMER & BOYER, 1995).

Atualmente, existem duas linhas de pesquisa sobre as causas da diminuição da atividade fotossintética sob desidratação (PIMENTEL, 2009), se o efeito limitante é difusivo ou metabólico. Alguns autores afirmam que esta redução é devida apenas a uma limitação do substrato CO_2 para o interior da folha (menor C_i e disponibilidade de CO_2 para a Rubisco), efeito da limitação difusiva, devido ao fechamento estomático. Porém estudos conduzidos desde a década de 1970 mostram que, sob seca moderada, ocorre a limitação difusiva, mas também uma limitação metabólica, que provavelmente é devida ao efeito fotoinibitório associado à seca, e uma redução da velocidade de regeneração da RuBP no ciclo de Calvin que ocorreria só com o estresse severo (CHAVES et al., 2002). Esta redução da regeneração da RuBP pode ser causada por uma menor atividade da ATPase cloroplástica ou menor disponibilidade de fósforo inorgânico citoplasmático para a síntese do ATP trocado por triose-P do cloroplasto através do transportador de fosfato (PT), que usam P_i como substrato, há uma prisão de exportação de fotoassimilados das folhas (KRAMER & BOYER, 1995) e um acúmulo de açúcares-P, especialmente frutose-2,6-bisfosfato (YORDANOV et al., 2000) que regulam o regime antiporte PT e sustenta a fotofosforilação e o ciclo de Calvin, através da regulação de entrada P_i e carbono exportado dos cloroplastos (LEEGOOD, 1996).

Assim o estresse hídrico afeta a fotossíntese da planta devido aos efeitos estomáticos e não-estomáticos. O efeito estomático seria o evento primário, já os efeitos não-estomáticos estão relacionados às perturbações nos processos fotoquímicos e bioquímicos.

O fechamento estomático reduz a perda de água pela planta (CHAVES, 1991), tendo uma importante função de atuar no controle térmico da folha, onde uma elevação significativa da temperatura do dossel acima da temperatura do ar é um indicativo de fechamento estomático e estresse por déficit de água (Jones, 2004). A abertura e o fechamento estomático têm uma função importante na determinação da eficiência do uso da água (EUA) (Nobel, 2009), que traduz o balanço entre o carbono assimilado e a água consumida. Um eficiente fechamento estomático permite que as plantas não diminuam demasiado o potencial hídrico sob estresse hídrico (SCHAFFER e ANDERSEN, 1994). Sob condições de estresse hídrico, o controle da abertura

estomática é mais importante do que o tamanho e o número de estômatos (CHAVES, 1991).

É sabido que o ácido abscísico (ABA) é um sinal de stress (HARTUNG et al., 2002). O aumento do teor de ABA nas plantas, principalmente nas raízes, está relacionado ao conteúdo de água no solo. Assim, quando as plantas estão submetidas a um período de deficiência hídrica no solo, ocorre um aumento na biossíntese de ABA nas raízes (ZHANG e DAVIES, 1990). Uma relação entre a condutância estomática e o potencial hídrico do solo e/ou concentração de ABA no xilema, sem afetar a turgescência da folha, foi observada em várias espécies (DAVIES e ZHANG, 1991). Este fato sugere que nestas espécies, o primeiro estímulo ao fechamento dos estômatos não é de natureza hidráulica. Zhang e Davies (1990) relataram que nem sempre as condições hídricas da planta desempenham uma função central na regulação das respostas à seca, ou seja, o termo deficiência hídrica não está limitado a situações em que somente as relações hídricas são modificadas.

A partir dos vasos terminais do xilema até a epiderme, o transporte via apoplasto do ABA é influenciado, dentre outros fatores, pelo pH, pela biossíntese e pelo metabolismo deste fitormônio, além da síntese por microorganismos promotores de crescimento da raiz na rizosfera, fluxo lateral no córtex da raiz através das barreiras apoplástica, redistribuição no caule, e pela ação de β -glicosidases, tanto no apoplasto quanto no citosol do mesofilo, desempenhando um papel importante na regulação da intensidade do sinal. O ácido abscísico na forma de éster glicólico (ABA-GE) é um perfeito sinal de longa distância por causa de sua translocação sem perdas para os tecidos (HARTUNG et al., 2008).

O ABA é distribuído aos compartimentos celulares das folhas através da difusão pela membrana por meio de gradientes de pH. O ABA atravessa as membranas na forma protonada (ABAH) e nos compartimentos alcalinos (citosol ou estroma do cloroplasto), ele dissocia-se no ânion ABA⁻. Na regulação do movimento estomático, o primeiro sítio de ação do ABA é a membrana externa da célula-guarda. Em condições de estresse hídrico, o pH do apoplasto e a capacidade de troca do ânion (ABA⁻) são aumentados, favorecendo o rápido acúmulo de ABA na célula guarda (HARTUNG et al., 2002).

O conteúdo de pigmentos fotossintético, principalmente as clorofilas, também pode ser afetado devido à ação de fatores do ambiente como deficiências minerais,

estresse hídrico, poluição industrial, baixas e altas temperaturas (HENRY & PRICE, 1993), mostrando que a determinação dos pigmentos fotossintéticos, em plantas, pode ser uma importante ferramenta no diagnóstico de estresse.

O método padrão de determinação de clorofila em laboratório (ARNON, 1949), ainda que fácil, apresenta desvantagens, como coleta destrutiva do material vegetal, extração via maceração com acetona e leitura em espectrofotômetro. Com o advento de medidores portáteis, a determinação de clorofila tornou-se mais fácil e rápida, sendo realizada diretamente no campo.

Torres Netto et al. (2002) utilizando folhas de mamoeiros (grupos 'Solo' e 'Formosa') de diferentes estádios de desenvolvimento, propuseram a quantificação não-destrutiva dos teores de clorofila e nitrogênio por meio do SPAD-502, estabelecendo ainda uma relação entre a fluorescência e os valores obtidos pelo SPAD-502. De acordo com os resultados apresentados, concluiu-se que o determinador portátil de clorofila pode ser utilizado na quantificação dos pigmentos fotossintéticos (clorofilas e carotenóides) e indiretamente auxiliar nas interpretações avançadas do processo fotoquímico da fotossíntese em plantas da espécie *Carica papaya* L.

O medidor de clorofila possui diodos que emitem luz a 650 nm (vermelho) e a 940 nm (infravermelho). A luz em 650 nm situa-se próxima dos dois comprimentos primários de ondas associados à atividade da clorofila (645 e 663 nm). O comprimento de onda de 940 nm serve como referência interna para compensar diferenças na espessura ou no conteúdo de água da folha ou que sejam devidas a outros fatores. A luz que passa através da amostra da folha atinge um receptor (fotodiodo de silicone) que converte a luz transmitida em sinais elétricos analógicos. Por meio do conversor A/D, esses sinais são amplificados e convertidos em sinais digitais (MINOLTA, 1989), sendo usados por um microprocessador para calcular os valores SPAD ("Soil plant analysis development"), que são mostrados num visor. Os valores obtidos são proporcionais ao teor de clorofila presente na folha (ARGENTA et al., 2001), onde a intensidade da coloração verde das folhas pode estar relacionada com os teores de clorofila (TORRES NETTO et al., 2002).

2.5. Estratégias de manejo da irrigação

O suprimento adequado de água por meio da irrigação possibilita à planta manter um contínuo fluxo de água e nutrientes do solo para as folhas, favorecendo os processos de crescimento, floração e frutificação, o que acarretará em aumento da produtividade e a melhoria da qualidade da fruta, constituindo, portanto, os pontos mais importantes de uma economia globalizada (COELHO et al., 2003; SANCHES & DANTAS, 1999).

A determinação da quantidade de água a ser aplicada por irrigação geralmente é feita por meio da avaliação da umidade do solo ou de estimativa da evapotranspiração da cultura. Segundo MACEDO (2008), na literatura existem recomendações de frequências fixas de irrigação para cada cultura. Embora possa ser prático no sentido de programação das operações, esse método apresenta falhas, uma vez que as condições climáticas são variáveis de um dia para o outro. Desse modo, existe a necessidade do uso de métodos de campo que determinem, direta ou indiretamente, a disponibilidade hídrica do solo para as culturas, de acordo com as condições ambientais predominantes durante o desenvolvimento das plantas.

2.5.1. Manejo da irrigação baseado na umidade do solo

O solo é o reservatório natural de água para as plantas. Essa água armazenada e disponível às plantas está compreendida entre a capacidade de campo (Cc) e o ponto de murcha permanente (Pm) (KIEHL, 1979). Segundo o autor, a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente são de caráter dinâmico, pois depende da interação solo-planta-atmosfera. Na irrigação, para fins práticos, a umidade correspondente à capacidade de campo é obtida com a tensão de 0,10 atm (10 kPa) em solos arenosos e 0,33 atm (33 kPa) nos argilosos. A umidade correspondente ao ponto de murcha permanente é obtida com a tensão de 15 atm (1.500 kPa).

As propriedades do solo, as práticas culturais e de manejo do solo, a quantidade e intensidade de aplicação de água e o estágio de desenvolvimento das culturas também são fatores que afetam a umidade do solo (PALTINEANU & STARR, 1997 *apud* in LEÃO, 2004).

Várias alternativas vêm sendo utilizadas para a decisão do momento certo de se iniciar uma irrigação ou de terminá-la. Baseando-se nas características do solo relacionadas à umidade (NETO & SILVA, 2007), vários métodos podem ser utilizados para sua determinação, os quais são classificados em diretos e indiretos, conforme forneçam diretamente ou através de estimativas a umidade do solo. Os principais métodos diretos são o método padrão da estufa e o da pesagem. Já entre os métodos indiretos destacam-se: resistência elétrica, constante dielétrica, moderação de nêutrons, atenuação da radiação gama e tensiometria (MACEDO, 2008).

A possibilidade de determinação instantânea da umidade torna os métodos indiretos mais adequados para o manejo da irrigação. Segundo Brandelik & Hübner (1996), todos os métodos disponíveis apresentam alguma desvantagem que os afasta do ideal. Coelho et al., (2003) afirma que o melhor método dependerá dos objetivos desejados, da disponibilidade, da precisão e de outros fatores que possam indicá-lo.

2.5.2. Tensiometria

A tensiometria é uma das técnicas de monitoramento indireto da umidade no solo mais acessíveis para o manejo de irrigação, por ser uma alternativa barata e de fácil instalação no campo (NETO & SILVA, 2007). Os sensores utilizados nesse método são constituídos de uma cápsula porosa, geralmente de material cerâmico, conectada por meio de um tubo a um manômetro, com todas as partes preenchidas por um fluido, fornecendo de forma direta o potencial ou a tensão de água no solo e de forma indireta sua umidade. Seu princípio de funcionamento baseia-se na formação do equilíbrio entre a solução do solo e fluido contido no interior do aparelho (MACEDO, 2008).

A cápsula de cerâmica porosa deve ser instalada numa profundidade mediana representativa da camada de solo com maior concentração de raízes das plantas. No caso de culturas que apresentam sistema radicular mais profundo, pode-se dividir o perfil do solo abrangido pela maior concentração radicular em duas ou mais camadas, instalando-se tensiômetros com as cápsulas localizadas nas porções medianas de cada uma delas. Dessa maneira, aumenta-se a precisão no manejo, mas eleva-se o custo decorrente da aquisição de maior número de sensores (NETO & SILVA, 2007).

O número de sensores a ser instalado numa área irrigada depende, principalmente, das características do solo e da cultura, da precisão desejada no manejo e do poder aquisitivo do irrigante (NETO & SILVA, 2007).

Dentre os equipamentos que funcionam seguindo este princípio para o monitoramento da quantidade de água no solo tem-se o tensiômetro, o Irrigás e o acionador automático para irrigação, objeto de estudo.

2.5.3. Equipamentos para manejo de irrigação

2.5.3.1. Tensiômetro

O tensiômetro é constituído por um tubo plástico com um vacuômetro e um tampão conectados na parte superior e uma cápsula de cerâmica porosa instalada na sua extremidade inferior, denominado aqui de tensiômetro comum (NETO & SILVA, 2007). É um dispositivo de medição de tensão ou sucção que é mantido em contato com a superfície do solo, ou neste inserido. Em equilíbrio, sua leitura possibilita a medida da tensão da água no solo, em unidade de energia dividida por volume (pressão). Quando se refere a calibração de tensiômetro, em geral, o que se está calibrando, na verdade, é o manômetro deste instrumento. Sua faixa de trabalho teórica é um assunto discutível, porém, nos usos de campo os tensiômetros funcionam bem entre zero e 70 kPa, apesar de poderem medir tensões mais elevadas, que se aproximam e até superam o módulo da pressão barométrica por curtos intervalos de tempo (CALBO & CARVALHO e SILVA, 2005).

Atualmente têm sido usados tensiômetros sem o vacuômetro metálico, denominados tubos tensiométricos, os quais possuem uma membrana de borracha siliconizada na extremidade superior. A leitura da tensão é feita com um tensímetro digital após puncionar a membrana siliconizada com uma agulha especial existente na base do medidor. Esse equipamento fornece maior precisão que o tensiômetro clássico e pode ser vantajoso quando houver a necessidade de instalação de muitas unidades no campo, porém os tensiômetros clássicos de mercúrio são ainda muito usuais e fáceis de serem confeccionados. Antes da instalação do tensiômetro no campo, recomenda-se encher o tubo com água e deixar a cápsula submersa por aproximadamente um dia. Em seguida, deve ser feita a escorva, retirando-se o ar preso nos poros da cápsula com o uso

de uma bomba de vácuo apropriada. O tensiômetro deve estar hermeticamente fechado para funcionar corretamente. (NETO & SILVA, 2007)

Quando o tensiômetro se encontra instalado adequadamente no campo, a água do seu interior entra em contato com a do solo, através dos poros da cápsula porosa, e o equilíbrio tende a se estabelecer. À medida que ocorre a evapotranspiração, a umidade do solo diminui e reduz a pressão dentro do tensiômetro. No entanto, quando chove ou ocorre irrigação, a umidade do solo aumenta, e o equilíbrio entre as águas do solo e do tensiômetro tende a ser novamente estabelecido, elevando a pressão hidrostática no interior do equipamento. (NETO & SILVA, 2007)

2.5.3.2. Irrigas®

O Irrigas, “sistema gasoso de controle de irrigação”, na sua forma mais simples, é um sistema que consta de uma cápsula porosa (sensor), conectada através de um tubo flexível a uma pequena cuba transparente, que é o dispositivo para medir umidade necessária no solo. A cápsula porosa é instalada seca à profundidade desejada no solo ou substrato e após algumas horas entra em equilíbrio com a água presente no solo ou substrato, impregnando-se dela apenas os poros da parede externa. As cavidades internas da cápsula porosa e do tubo flexível permanecem cheias de ar (OLIVEIRA, 2004).

No momento da medida da umidade no solo, se o mesmo estiver “úmido”, a passagem de ar através da cápsula porosa é bloqueada quando a cuba é imersa na água. Isto é, a água não entra na cuba porque o ar não sai do sistema através dos poros da cápsula. Por outro lado, quando o solo seca e a umidade diminui para abaixo de um valor crítico e a cápsula porosa torna-se permeável à passagem do ar. Assim, estando o solo “seco”, quando se emborca a cuba transparente no frasco de água, o menisco ar - água se movimenta na mesma, no sentido de se igualar com o nível da água no frasco. Quando isto ocorre, o solo deve ser irrigado. Ao contrário, se a cápsula úmida bloquear a entrada de água na cuba, então o solo ainda permanece suficientemente “úmido” e não deve ser irrigado (CALBO & CARVALHO e SILVA, 2005).

Anteriormente à instalação, as cápsulas de Irrigas devem ser testadas quanto à pressão de borbulhamento da cápsula, valor de tensão crítica, utilizando a metodologia adaptada da descrita por Molina & Pavani (2002), levando em consideração a ausência

de vazamentos através da junção da cápsula com a tampa de conexão de plástico e os valores da pressão de borbulhamento.

2.5.3.3. Acionador automático para irrigação

Segundo Medici (2008), o modelo, objeto de estudo deste trabalho, é confeccionado com utensílios domésticos de baixo custo, sendo compreendido por uma cápsula cerâmica, usada como filtro de água em residências, conectada por um tubo flexível a um pressostato usado em máquinas de lavar roupas residenciais. O espaço interno destas peças deve ser preenchido com água durante a montagem do modelo.

A cápsula é instalada em contato com o substrato das plantas e o pressostato deve ficar posicionado abaixo da mesma, com desníveis do pressostato em relação à cápsula cerâmica nas posições de 0,30 a 1,00 m. Com o dessecamento do substrato a cápsula cerâmica gera uma sucção que anula a pressão, a água de dentro da cápsula irá se movimentar para fora gerando pressão negativa, acionando eletricamente a irrigação.

Com a irrigação há a entrada de água na cápsula cerâmica fazendo com que ocorra dentro da mesma um aumento da pressão, o qual será comunicado ao pressostato desligando o sistema.

Na montagem do dispositivo devem-se tomar os mesmos cuidados considerados para o tensiômetro, em relação ao ar preso nos poros da cápsula, e para os testes dos sensores quanto ao valor de tensão crítica, em torno de 1,20 m de coluna de água, e a ausência de vazamentos, com um correto funcionamento quando hermeticamente fechado.

O modelo foi avaliado por Medici et al. (2010) como acionador automático para irrigar plantas em substrato orgânico comercial e solo, entre as posições do pressostato de 0,30 a 0,90 m abaixo do sensor, onde a tensão da água variou de 1 a 8 kPa para o substrato comercial e de 4 a 13 kPa para o solo, permitindo com sucesso o acionamento e o desligamento da irrigação automaticamente para cultivar plantas em função da umidade do solo, evitando seca e desperdício de água.

2.6. Automação

Um sistema automatizado de irrigação bem programado e instalado garante a umidade necessária às culturas em cada estágio de desenvolvimento, evitando a escassez ou o excesso de irrigação. Esses sistemas devem controlar o fluxo de água às culturas de uma maneira que maximize a produção e otimize o consumo de água e energia (CALBO & CARVALHO e SILVA, 2005).

O considerável interesse em uma irrigação de precisão tem levado ao desenvolvimento de novas tecnologias, e com a evolução cada vez maior da informática nos dias de hoje, há uma crescente utilização de sistemas informatizados no manejo da irrigação, e grande parte dessas inovações tecnológicas tem como princípios básicos dispositivos eletrônicos (MACEDO, 2008).

O propósito de qualquer sistema de controle é regular uma ou mais variáveis dinâmicas de um processo, e o controle automático da irrigação é um passo a frente da tecnologia de calendário de irrigação. A automação tem sido neste século, uma tecnologia de profunda repercussão, cuja importância provém não só de substituir o trabalho humano nas tarefas monótonas e/ou cansativas, mas também, e principalmente, do fato de permitir sensível melhoria na qualidade dos processos, com pequena elevação no custo do equipamento (CASTRUCCI, 1969).

Com a automação, os controladores desenvolvidos são capazes de acionar ou desligar os sistemas de irrigação a partir dos dados enviados continuamente pelos sensores de umidade do solo capazes de detectar estímulos ou sinais.

Maciel (2005), trabalhando com automação de sistema de irrigação, associa o uso desta tecnologia com vantagens de melhorar a administração da propriedade ou projeto agrícola; a obtenção de maiores produtividades a um menor custo; de um controle preciso do tempo de aplicação da irrigação; uma economia de mão-de-obra, com abertura e fechamento automático de válvulas e registros; operação automática de bombas de recalque e de reforço; e ainda uma economia de água, energia e fertilizante. Supre muita das necessidades da exploração racional e rentável, pela possibilidade de diminuição dos custos com mão de obra, mas principalmente por necessidades operacionais, tais como irrigação de grandes áreas no período noturno.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e delineamento experimental

Os experimentos foram realizados no Campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 22° 45' S Latitude e 43° 41' W Longitude entre 34 - 40 metros de altitude em condições de casa de vegetação coberta com plástico agrícola. Foram utilizadas bandejas de tubetes redondos de polipropileno para produção de mudas de 190 mm de altura e 280 mL de volume, onde foi avaliado a influência na germinação e emergência das sementes e o desenvolvimento e crescimento de mudas de mamoeiro.

O delineamento experimental foi definido com seis tratamentos de um experimento em blocos casualizados com cinco repetições, totalizando 30 parcelas, cada parcela correspondeu a 18 tubetes, em um esquema fatorial simples 3 X 2, sendo três diferentes regulagens dos níveis de acionamento do acionador automático de irrigação a (30, 60 e 90 cm), e duas cultivares de mamoeiro.

3.2. Condições de cultivo e irrigação

O material vegetal testado consistiu de plantas de 2 genótipos da espécie *Carica papaya* L., “Formosa” (Tainung 01) e “Solo” (Sunrise Golden), sendo realizadas duas sementeiras em períodos distintos com o intuito de avaliar inicialmente a germinação e em seguida o crescimento das plantas.

O sistema de irrigação ficou definido com uma linha principal onde foi adaptado um filtro de tela inox para retenção de partículas, seguido de um cabeçal de controle onde foram instalados as válvulas solenóide e hidrômetros, com precisão de 0,00001 m³ (Figura 8), para medir o volume de água aplicado, acompanhado de seis linhas de derivação que compõem os tratamentos testados e 30 linhas laterais sorteadas ao acaso em cinco blocos.

As cápsulas do acionador automático (Figura 3) de irrigação foram inseridas no interior dos tubetes (Figura 4), tendo o total contato com o substrato. Os sensores de umidade foram fabricados manualmente com cápsulas em dimensões aproximadas de 1x4 cm, sendo utilizado o mesmo material das velas de filtro de cerâmica. foram usados dois acionadores independentes para cada tratamento, totalizando 12 sensores.

O pressostato foi posicionado abaixo do sensor e quanto mais baixo ele estiver, maior é a tensão da água que aciona a irrigação, pois quanto mais baixo estiver o pressostato, maior é a coluna de água acima do mesmo e, portanto, maior é a tensão na cápsula cerâmica para puxar para cima a coluna de água. Foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento com emissores com vazão nominal de $4,5 \text{ L h}^{-1}$ modelo Katif em pequenos potes preenchidos com substrato comercial (Figura 6), onde para solucionar o fato do sistema de gotejamento não direcionar toda a água dentro dos tubetes, foi adaptado um anteparo feito a partir de mangueira plástica usada para aeração de aquários que funciona como um emissor das gotas (Figura 7), aumentando a eficiência de aplicação de água. Foi feito um teste de coeficiente de uniformidade de vazão ($\text{CUV} = 80\%$), avaliando todos os 540 gotejadores em cada linha, o que permitiu conhecer o desvio de cada um deles.

Um ponto crítico encontrado foi à determinação da umidade do substrato, que é a quantidade de água contida em uma unidade de massa ou volume de solo quando submetido a diferentes níveis de acionamento da irrigação, pois sendo a água no solo dinâmica e estar em constante movimento de um local para outro, em resposta às forças que são criadas pela percolação, evaporação, irrigação, uso pelas plantas e temperatura, foi necessário quantificar esta água para manejá-la e com isso obter melhores desempenhos agrícolas. Assim foram construídos tensiômetros de coluna de mercúrio adaptados ao tamanho dos vasos, uma medida indireta da umidade do solo, por ser este um aparelho simples e de fácil utilização, apresenta baixo custo, não requer calibração e fornece leituras instantâneas, desde que devidamente instalado e manejado. Esta informação é necessária para calcular a necessidade de água a ser aplicada para reabastecer a zona radicular das culturas e determinar a magnitude do potencial da água do solo.

Para instalação do experimento os tubetes foram preenchidos com substrato composto por casca de Pinus, turfa, carvão, vermiculita e adubação inicial com NPK e micronutrientes, o produto foi umedecido antes do enchimento dos tubetes e após o enchimento o produto foi levemente compactado e com os sensores já instalados foi feita uma irrigação por aspersão até que este atingisse a capacidade de retenção de água com a observação da formação das primeiras gotas de drenagem a serem formadas no orifício inferior ao tubete. Isto se deve a necessidade de na instalação do acionador se forme um continuum fluxo de água entre o substrato, a cápsula e o tubo preenchido com

água, visto que no solo não existem tubos capilares perfeitos e sim vários tipos e formas de espaços porosos os quais apresentam mais de um raio de curvatura para influenciar a pressão através da interface. Os fenômenos de capilaridade e adsorção dependem principalmente de fatores como arranjo poroso, distribuição de poros, tensão superficial da água, afinidade entre a água e as superfícies sólidas, superfície específica do solo e qualidade das partículas sólidas.

A análise físico-química do substrato apresentou: Condutividade elétrica (CE) = $1,3 \pm 0,3$ mS/cm; pH em água 5.5; 0.1 cmol/dm^3 de Al^{+3} ; 25.0 cmol/dm^3 de $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$; 17.2 cmol/dm^3 de Ca^{+2} ; 13.7 mol/dm^3 de Mg^{+2} ; 48 % de N; 164.0 mg/dm^3 de P e 800 mg/dm^3 de K^+ .

Foram realizadas quatro adubações foliares aos 34, 41 51 e 56 DAS com pulverização de adubo foliar comercial $0,2 \text{ g L}^{-1}$ de N, igualmente distribuída a todos os tratamentos.

Durante a condução do experimento I instalou-se um termômetro de mínimas e máximas monitorando-se a variação de temperaturas diárias. Para o experimento II foi medido a umidade relativa e a temperatura por meio de um termohigrômetro Data Logger (modelo Impac IP-747RH) onde os dados e as informações foram armazenados a cada uma hora.

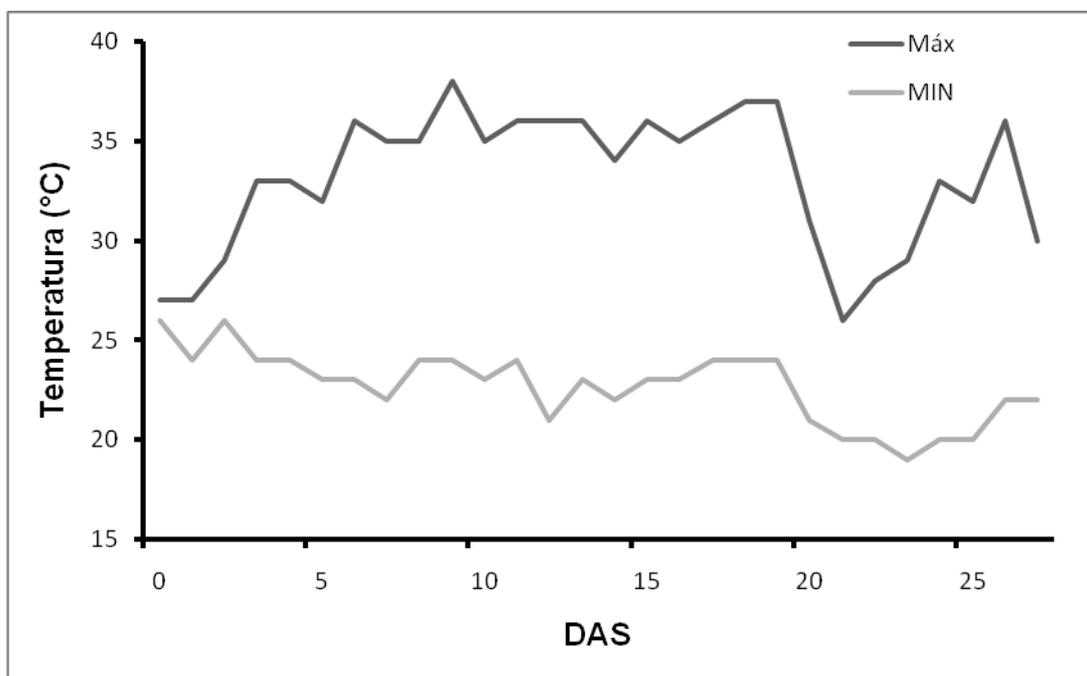


Figura 1 – Temperatura máxima e mínima diária do ambiente aonde as plantas foram cultivadas do experimento semeado em 05 de abril de 2011.

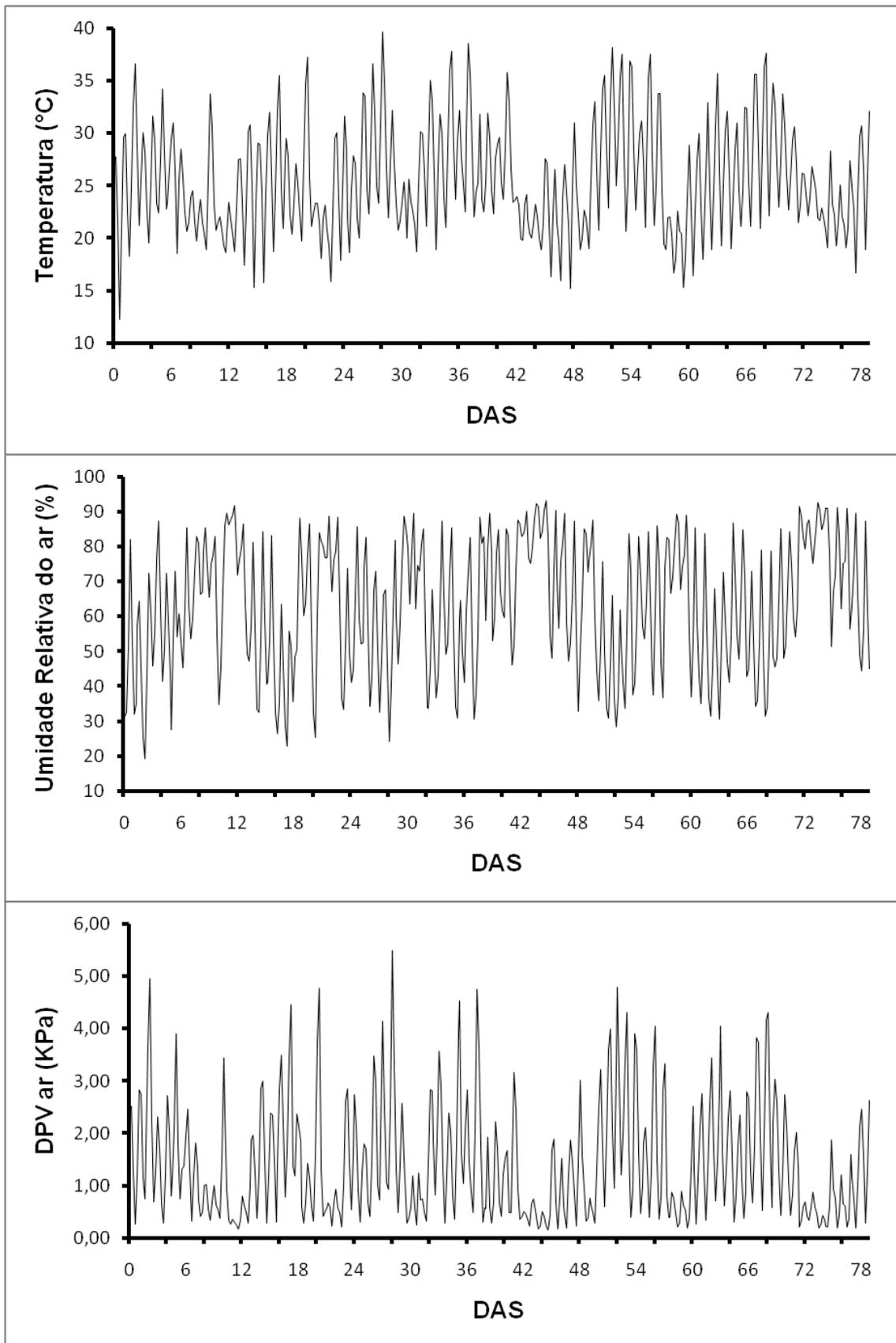


Figura 2 – Temperatura (a), Umidade relativa (b) e DPV_{ar} (c) diário do ambiente aonde as plantas foram cultivadas do experimento semeado em 03 de setembro de 2011.



Figura 3. Acionador simplificado para irrigação



Figura 4. Cápsula instalada no fundo do tubete.



Figura 5. Foto do experimento.



Figura 6. Irrigação por gotejamento em tubetes.



Figura 7. Adaptação nos gotejadores para tubetes.



Figura 8. Controle do volume de água por hidrômetros.

3.3. Efeitos dos níveis de irrigação sobre a germinação de mamão

Foram feitas duas semeaduras nos dias 05 de abril e 03 de setembro de 2011, sendo avaliadas a germinação em casa de vegetação e o índice de velocidade de emergência (IVE), utilizando-se cinco subamostras de 54 sementes semeadas em tubetes com substrato comercial em casa de vegetação. A avaliação do teste de germinação foi realizada aos 28 dias após a semeadura, considerando as plântulas emergidas, expressando-se o resultado em porcentagem. O índice de velocidade de emergência (IVE) foi calculado segundo adaptação do protocolo de Maguire (1962) para o cálculo do índice de velocidade de germinação, utilizando-se o teste de emergência de plântulas, consideradas aquelas em que os cotilédones se apresentavam totalmente abertos, sendo realizada a contagem diariamente, a partir da primeira plântula emergida até os 28 dias. Em que o $IVE = E_1/N_1 + E_2/N_2 + \dots + E_n/N_n$, na qual $E_1, E_2 \dots E_n$ correspondem ao número de sementes emergidas, e N_1, N_2 e N_n é igual ao número de dias após a implantação do teste. As sementes dos dois genótipos foram submetidas à análise do teste de germinação segundo adaptação das regras para análise de sementes - RAS (Brasil, 2009), buscando determinar o potencial máximo de germinação dos lotes de sementes em campo.

3.4. Desenvolvimento e produção de mudas de mamão sob diferentes níveis de irrigação

Com a segunda sementeira, realizada no dia 03 de setembro de 2011, foi avaliado, além da fase de germinação, o desempenho das plântulas durante a produção. Frisando que a imposição dos tratamentos se deu ao longo de todo período desde a sementeira, e toda a água foi fornecida pela automação. O experimento teve duração de 80 dias.

Foram realizadas análises biométricas e análises fisiológicas esperando-se gerar informações que auxiliem na tomada de decisão sobre o cultivo desta espécie, bem como sobre a possibilidade de se aumentar a eficiência do uso da água nessa espécie, por meio da análise do manejo automatizado da irrigação.

Vinte oito dias após a sementeira (DAS), as mudas foram desbastadas, deixando-se apenas a mais vigorosa por recipiente, iniciando-se a determinação das características biométricas e fisiológicas e do sistema de irrigação.

3.5. Características avaliadas

3.5.1. Análises biométricas:

3.5.1.1. Altura da planta, diâmetro do caule e número de folhas

O desenvolvimento vegetativo foi avaliado mediante o crescimento durante os 30, 37, 44, 51, 58, 65 e 75 DAS, sendo a altura total (cm) determinada a partir da região do coleto até a gema apical por meio de uma régua milimetrada, o diâmetro (mm) determinado próximo a região do coleto por meio de um paquímetro eletrônico e número de folhas determinado pela contagem destes órgãos.

3.5.1.2. Área foliar (cm²)

Obtida no final do experimento aos 79 DAS, para tanto, as folhas de quatro plantas por parcela foram destacadas da planta e analisadas a partir do *software* SIARCS 3.0 (Sistema Integrado para Análises de Raízes e Cobertura do Solo), desenvolvido pela EMBRAPA/CNPDIA, cujo método é descrito por Jorge e Crestana (1996), nesse método, as imagens digitalizadas de folhas são obtidas por um *scanner* de mesa e enviadas para um arquivo de computador para serem processadas pelo SIARCS (versão 3.0). A área foliar é avaliada utilizando um algoritmo, integrando a superfície digitalizada por meio da técnica de medida e classificação de objetos em imagens digitais.

3.5.1.3. Área foliar específica (AFE)

A partir da avaliação da massa de matéria seca das folhas de quatro plantas por parcela, coletadas aos 79 DAS, mantidas em estufa com circulação de ar forçado a 60 °C até peso constante, foi determinada a área foliar específica (cm² g⁻¹) dado pelo quociente entre a área foliar total e a matéria seca das folhas, este parâmetro relaciona a superfície de material assimilatório com a matéria seca da própria folha (Evans, 1972), ou seja, é a área foliar por unidade de massa de folha.

3.5.1.4. Determinação da massa fresca e seca da parte aérea e das raízes

Aos 65 DAS as plantas foram divididas em parte aérea e raízes, procedendo-se a pesagem em balança analítica para obtenção da massa fresca e logo após mantidas em estufa com circulação de ar forçado a 60 °C até peso constante, foi obtida a massa seca.

3.5.2. Análises Fisiológicas

3.5.2.1. Condutância estomática

A condutância estomática (gs) e a densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF) foram medidas com o porômetro (modelo AP4 Delta T Company, England). Para tanto, estas medições foram efetuadas na 4^o ou 5^o folha na face abaxial, contada a partir do ápice, ao longo dos 54 DAS às 8:00h, 10:00h, 12:00h, 14:00h, 16:00h e às 18:00h; e aos 61 DAS às 9:00h, 12:00h e às 15:00h.

3.5.2.2. Déficit de pressão de vapor do ar (DPV_{ar})

Calculado segundo as equações propostas por Jones (1992) descritas abaixo, a partir das medidas de umidade relativa e a temperatura obtidas por meio de um termohigrômetro Data Logger (modelo Impac IP-747RH) instalado na casa de vegetação, onde os dados e as informações foram armazenadas a cada uma hora e apresentadas na Figura 2:

Pressão de vapor de saturação (e_s)

$$e_s = 0,6108 \times e^{\left(\frac{17,27 \times T}{T+237,3}\right)} \text{ [kPa]},$$

em que **T** é a temperatura do ar [°C],
e é o inverso do logaritmo natural.

Pressão parcial de vapor (e_a)

$$e_a = e_s \times \frac{UR}{100} \text{ [kPa]},$$

em que **UR** é a umidade relativa média do ar [%].

Déficit de pressão de vapor (DPV_{ar})

$$DPV_{ar} = e_s - e_a \text{ [kPa]}.$$

3.5.2.3. Teor relativo de clorofila (SPAD)

O teor relativo de clorofila (unidades SPAD) foi estimado por meio do medidor portátil de clorofila SPAD-502 modelo (Minolta, Ramsay, New Jersey, EUA), na 4ª ou 5ª folha contada a partir do ápice, usando duas medidas na face adaxial de cada folha de 5 plantas por parcela. Foram realizadas duas leituras uma aos 51 DAS e outra aos 62 DAS.

3.5.2.4. Conteúdo relativo de água (CRA)

As análises foram efetuadas aos 79 DAS às 12:00h (midday depression), as folhas foram coletadas no campo e devidamente acondicionadas em sacolas plásticas e mantidas em recipiente térmico resfriado para se evitar a desidratação dos tecidos e logo em seguida o material foi enviada ao laboratório.

As medidas foram feitas segundo adaptação do protocolo de Turner (1981) e Munns (2010b), utilizando a seguinte equação: $(\text{peso fresco} - \text{peso seco}) / (\text{peso saturado} - \text{peso seco}) \times 100$. Sendo utilizados 10 discos foliares com área conhecida (1,0 cm²) da 3ª ou 4ª folha completamente expandida, sendo imersos em água por 12 h e então determinado o peso túrgido. Finalmente seu peso seco foi obtido em balança analítica após estufa com circulação de ar forçado a 60° C até peso constante.

3.5.3. Análise da irrigação

3.5.3.1. Condutividade elétrica do substrato

Foi realizada por meio de um condutivímetro portátil para solo aos 62 DAS buscando se estimar a perda de nutrientes por lavagem do substrato durante a produção de mudas em diferentes níveis do pressostato, onde se avaliou a condutividade elétrica (mS cm⁻¹) em duas profundidades do tubete, a 7 e 10 cm. A condutividade elétrica é a habilidade que um material tem em transmitir corrente elétrica, principalmente devido ao seu teor de água e de sais dissolvidos, ou seja, a composição química da solução do solo e dos íons trocáveis, além da interação entre os íons não trocáveis e os trocáveis.

3.5.3.2. Drenagem (mL/vaso)

Foram monitorados dezesseis eventos de irrigação contando-se a partir do segundo acionamento do dispositivo, durante o experimento, por meio de quatro coletores sorteados ao acaso em cada parcela, onde por meio de uma proveta graduada foi quantificada a água perdida por drenagem em cada evento de irrigação.

3.6. Análise dos resultados

O experimento instalado seguiu as metodologias de experimentação agrícola conforme Pimentel-Gomes (1990), no qual, ao final, os resultados foram interpretados estatisticamente e submetidos à análise de variância dos dados à significância de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F com o auxílio do Programa estatístico SAS e para comparação das diferenças entre as médias foi usado o teste de média “least significant difference” (LSD) ao nível de 5% de probabilidade, quando o teste F apresentou-se significativo para efeito isolado de níveis de irrigação sem interação cultivar x irrigação. A variável porcentagem de germinação foi transformada para arco seno ($x/100$) e as variáveis IVE e número de folhas foram transformadas para raiz do valor acrescido de 0,5.

Quando houve interação significativa entre os efeitos cultivar x irrigação se optou em estudar genótipos dentro de cada nível, fazendo o desdobramento da análise de variância pelo teste F até 1 grau de liberdade.

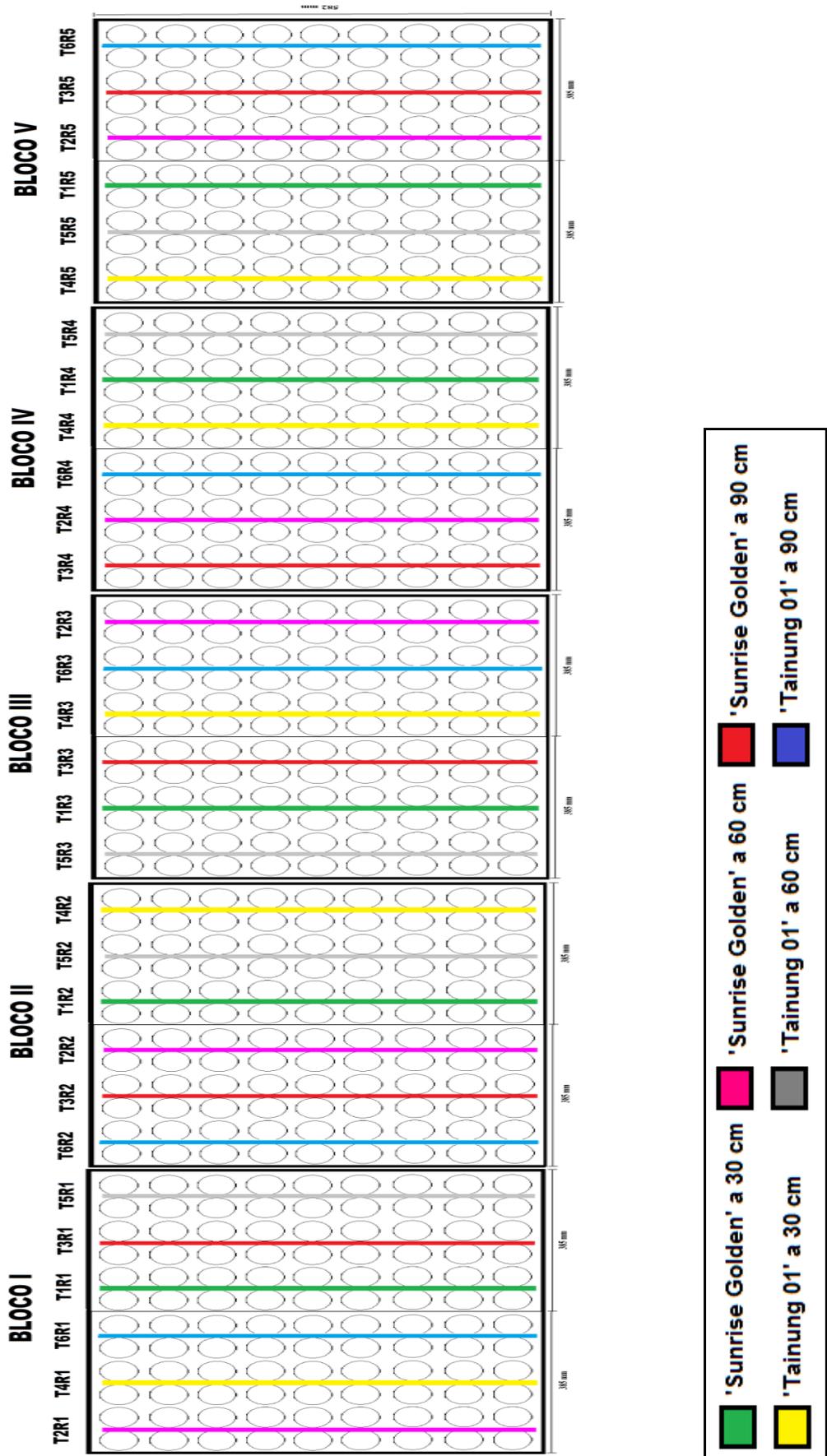


Figura 9. Croqui da Área Experimental.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a condução do experimento semeado em 03 de setembro de 2011 foi constatado que o número de acionamentos (Figura 10) para a cultivar ‘Sunrise Golden’ não diferiu entre as regulagens de 30 e 60 cm, apresentando 24 eventos de irrigação e quando cultivado com 90 cm, 22 eventos. Já para ‘Tainung 01’ o acionamento com 30 cm apresentou um maior número de eventos em comparação com 60 e 90 cm que ligaram 17 e 18 vezes ao longo do experimento.

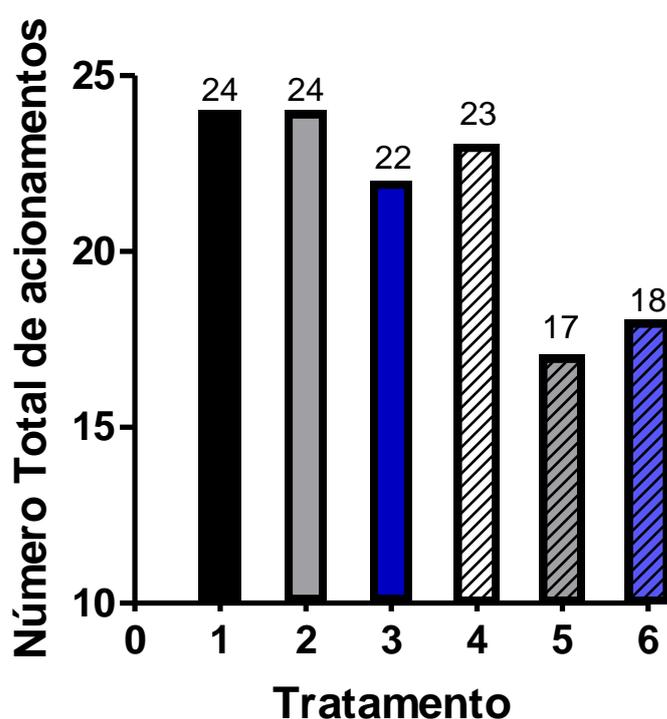


Figura 10. Número total de acionamentos de cada tratamento do experimento semeado em 03 de setembro de 2011. T1: ‘Sunrise Golden’ a 30cm, T2: ‘Sunrise Golden’ a 60cm, T3: ‘Sunrise Golden’ a 90cm, T4: ‘Tainung 01’ a 30cm, T5: ‘Tainung 01’ a 60cm e T6: ‘Tainung 01’ a 90cm.

Pode-se observar na Figura 11 que ao longo dos 80 dias após a semeadura (DAS) o volume aplicado em cada evento de irrigação foi maior nos tratamentos com 30 cm de desnível, seguido dos tratamentos 60 cm e o 90 cm, que apresenta o menor volume aplicado. O tratamento ‘Tainung 01’ com o acionador regulado a 30 cm apresenta um padrão crescente, com volumes progressivamente maiores quando

comparado com 'Sunrise Golden' a 30 cm que aplicou menor volume, entretanto, nota-se que ocorreram duas falhas onde estes pontos apresentam maior variação nos 57 e 68 DAS.

Verificou-se que com um maior desnível, além do substrato atingir maiores tensões (Figura 13) , o sistema desliga mais rápido, isto devido o comportamento do acionador que responde ao fluxo dependente da diferença de potencial de água, ou seja, quando maior o desnível, mais rápido ele desliga. Um maior número de acionamentos não implica em um maior volume de água aplicado (Figuras 10 e 12). Esse fato foi confirmado a partir do teste do tempo de desligamento em função do desnível para condutividade hidráulica de cada sensor (dados não apresentados), constatando que os tratamentos com desníveis a 30 cm ligavam mais vezes e com um maior tempo de molhamento em comparação com os tratamentos a 90 cm, que interrompem rapidamente a irrigação.

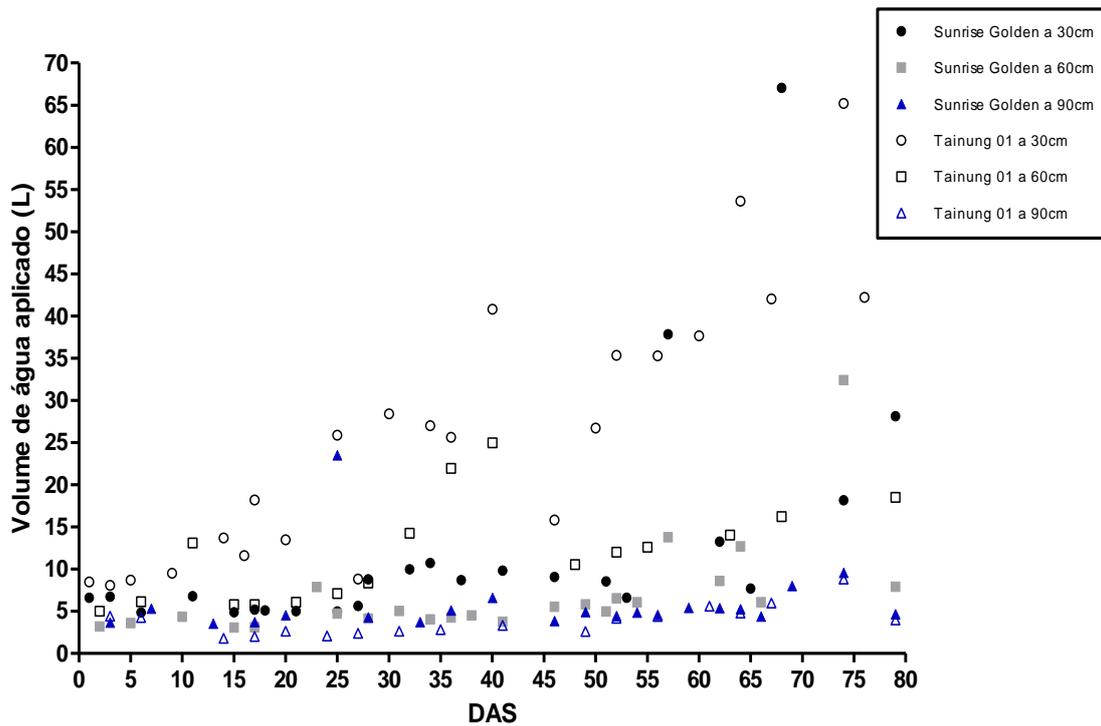


Figura 11. Volume de água aplicado (L) de cada tratamento ao longo do experimento semeado em 03 de setembro de 2011.

A partir da análise da Figura 12 que apresenta o volume total de água aplicado aos 80 DAS nota-se que a razão do volume aplicado de ‘Sunrise Golden’ por ‘Tainung 01’ regulado a 30cm é de 0,5 e que o mesmo se repete quanto à razão de ‘Tainung 01’ por ‘Sunrise Golden’ a 90 cm, ou seja, ‘Tainung 01’ regulado a 30cm aplicou duas vezes mais água que ‘Sunrise Golden’ a 30cm e ‘Sunrise Golden’ a 90 cm aplicou duas vezes mais água que ‘Tainung 01’ a 90 cm. Já para o desnível 60cm a razão é de $\pm 0,2$.

Em diversos trabalhos de experimentação como em Tosta et al. (2005); Mendonça et al. (2006); Lacerda et al. (2009); Saraiva et al. (2011), recomenda-se que a irrigação de mudas de mamão seja feita diariamente, duas vezes ao dia, utilizando o mesmo volume de água por muda, de acordo com a necessidade das plantas. Porém na sua maioria, é feita de forma empírica devido à dificuldade de haver poucos estudos e recomendações para fase de casa de vegetação. Quando realizada com técnicas adequadas de irrigação, como exemplo, com um dos métodos mais usuais como Penman-Monteith FAO e os valores da evapotranspiração da cultura pelo balanço hídrico, por meio de expressões apresentadas no boletim FAO 56, o que se tem são os cálculos dos valores de coeficientes de cultura (K_c) já na fase inicial no campo a partir de 84 DAS (MONTENEGRO et al. 2004). Assim o que se propõem aqui é uma alternativa para o irrigante nesta fase fenológica, mesmo que seu interesse não seja de avaliar o efeito da água na produção, com um sistema de baixo custo operacional e automatizado, visto que outras técnicas de automação tendem a ser demasiadamente onerosas, quando comparadas a este sistema.

Nas condições deste trabalho não foram observados o surgimento de sintomas de doenças fitopatológicas comuns a produção de mudas de mamoeiro, onde se faz necessário a realização de pulverizações semanais com soluções fungicidas, exceto para oídio (provavelmente *Oidium caricae* F Noack) identificado aos 48 DAS, doença secundária e facilmente controlada com intervenção no ambiente, sendo raro causar sérios danos à cultura. Bergamin Filho & Kimati (1980) afirmam que não é necessário o controle da doença, onde geralmente a planta pode superá-la. Atribui-se a isso a irrigação direcionada, evitando o molhamento do limbo foliar, que gerou um ambiente propício para o desenvolvimento do ódio.

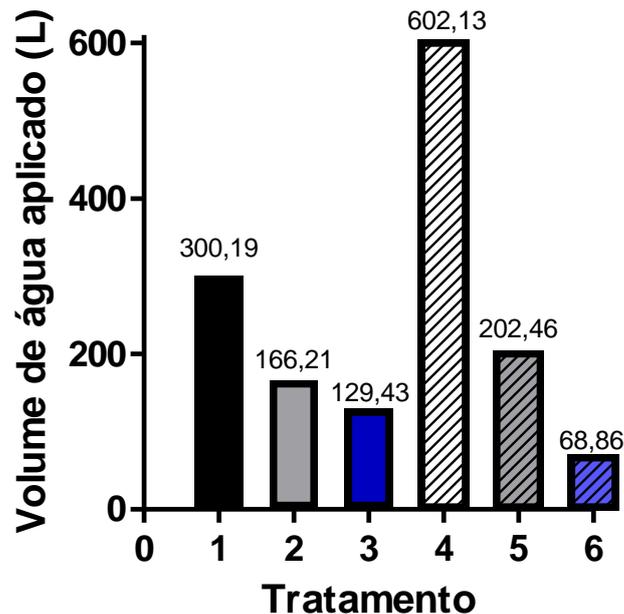


Figura 12. Volume total de água aplicado (L) de cada tratamento aos 80 DAS do experimento semeado em 03 de setembro de 2011. T1: ‘Sunrise Golden’ a 30cm, T2: ‘Sunrise Golden’ a 60cm, T3: ‘Sunrise Golden’ a 90cm, T4: ‘Tainung 01’ a 30cm, T5: ‘Tainung 01’ a 60cm e T6: ‘Tainung 01’ a 90cm.

Os resultados observados a partir das leituras dos tensiômetros (Figura 13) entre as posições do pressostato de 30 a 90 cm abaixo do sensor, a tensão da água variou de -0,40 a -15,85 kPa para o substrato comercial, onde se pode acompanhar a variação diária da tensão da água para cada tratamento, verificando-se um bom funcionamento do acionador automático durante toda a fase do experimento, mantendo um suprimento de água para as plantas sempre próximo a capacidade de campo.

De acordo com QUEIROZ et al. (2005) e MACEDO (2008), estudando a automação, a irrigação se inicia quando o substrato atinge -15 kPa, valores próximos a encontrados na regulagem de 90 cm.

Klein et al. (2000), testando as propriedades físico-hídricas de substratos hortícolas comerciais, indicaram não ocorrer problemas de deficiência de aeração ao sistema radicular das plantas em tensões de -0,5 kPa, resultado que reforça a utilidade do equipamento.

Os dados de tensão e volume de água obtidas a partir dos hidrômetros deixam claro que os tratamentos regulados a 90 cm recebem menos água e atingem maiores tensões.

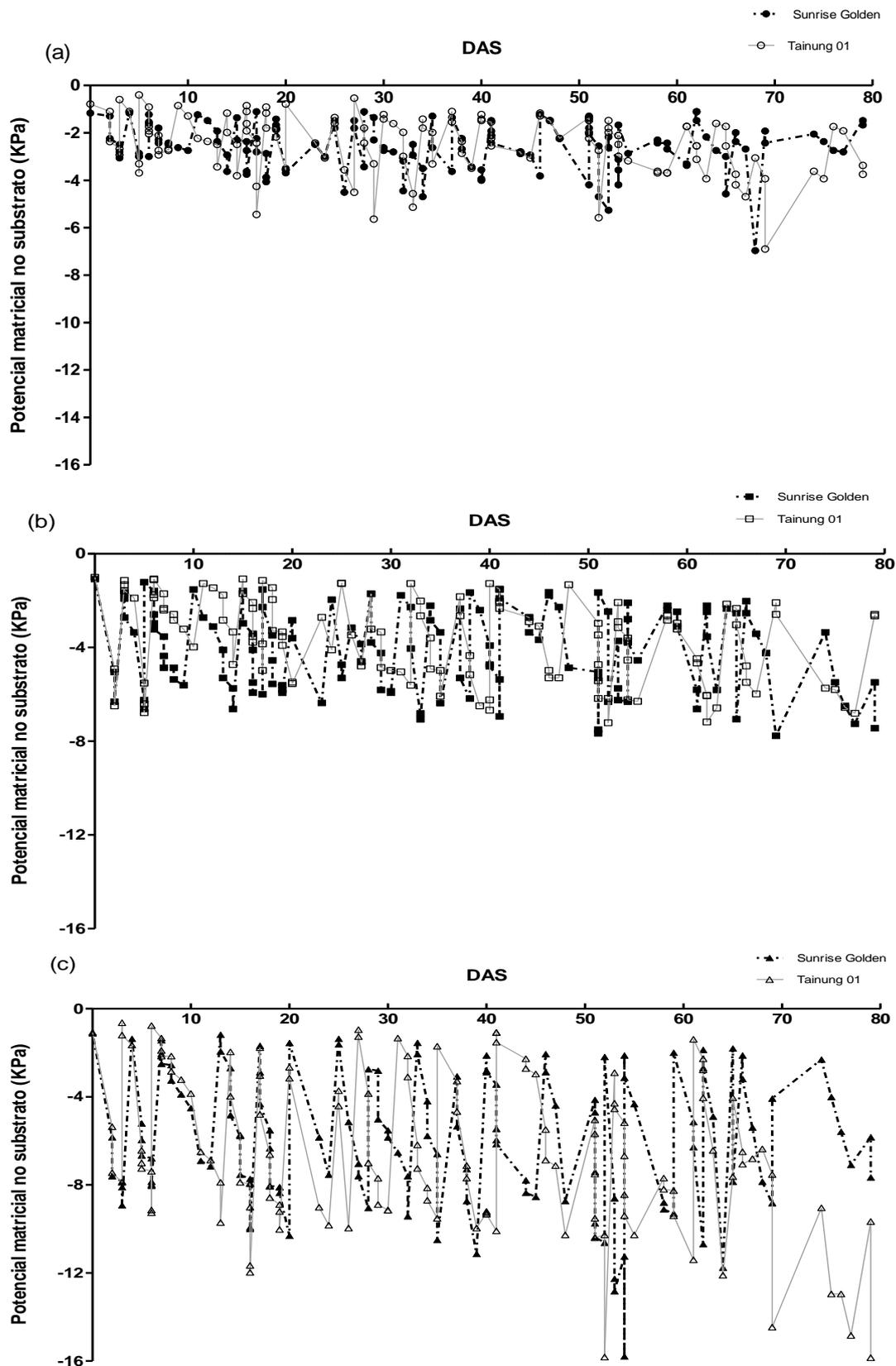


Figura 13. Potencial matricial no substrato medido diariamente por tensiômetros de coluna de mercúrio para três regulagens de acionamento do dispositivo de irrigação automatizado, (a) a 30 cm, (b) 60 cm e (c) 90 cm do experimento semeado em 03 de setembro de 2011.

Tabela 1. Análise de variância: Probabilidade dos efeitos de 3 regulagens de irrigação por acionamento automático (I) e duas cultivares de mamão (C) e interação (I x C) na variável drenagem em 16 eventos de irrigação.

Variável	BLOCO	I	C	I x C	CV%
Dren 1	NS	**	*	*	24,06
Dren 2	NS	**	**	**	17,62
Dren 3	NS	**	**	**	15,02
Dren 4	NS	**	**	**	20,11
Dren 5	NS	**	**	**	13,06
Dren 6	NS	**	**	**	15,88
Dren 7	NS	**	**	**	17,63
Dren 8	NS	**	**	**	10,29
Dren 9	NS	**	**	**	16,46
Dren 10	NS	**	**	**	12,01
Dren 11	**	**	**	**	9,36
Dren 12	NS	**	**	**	9,78
Dren 13	NS	**	**	**	9,90
Dren 14	NS	**	**	**	16,75
Dren 15	NS	**	**	**	9,44
Dren 16	NS	**	**	**	13,69

*, ** - Significativo aos níveis 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

NS – não significativo.

Na Tabela 1 é apresentado o quadro de análise de variância resumido para a variável drenagem em cada evento de irrigação. Foi observado durante todos os acionamentos da automação haver interação significativa entre os 3 desníveis de irrigação por acionamento automático (I) e as duas cultivares de mamão (C) testados, onde as diferenças dos efeitos não foram discutidos isoladamente, optando-se por desdobrar os graus de liberdade (GL) da interação pelo teste F para comparar genótipos dentro de cada desnível, escolhendo apenas um desdobramento, como são apenas dois genótipos, este teste é conclusivo. Não foram realizadas as comparações a partir do desdobramento dos desníveis dentro de cada genótipo separadamente o que resultaria em 2 GL, ou seja, testar os desníveis 30, 60 e 90 cm apenas para ‘Sunrise Golden’ e

posteriormente para ‘Tainung 01’, o que teriam de ser obtidas com o teste de média, quando significativo pelo teste F. Assim as comparações foram feitas no sentido vertical (tabela 2).

Tabela 2. Comparação de médias para variável drenagem estudada em plantas de mamão cultivado em casa de vegetação sob diferente umidade do substrato para cada tratamento. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4).

Drenagem (mL/vaso)	Cultivar	Regulagens de acionamento (cm)		
		30	60	90
1° Acionamento	Sunrise Golden	54,2	20,6	33,2
	Tainung 01	69,2*	40,0**	29,4ns
	Média	61,7	30,3	31,3
2° Acionamento	Sunrise Golden	34,0	32,4	18,6*
	Tainung 01	73,8**	115,6**	5,0
	Média	53,9	74,0	11,8
3° Acionamento	Sunrise Golden	55,4	18,6	16,0*
	Tainung 01	84,6**	40,6**	7,4
	Média	70,0	29,6	11,7
4° Acionamento	Sunrise Golden	33,6	18,4	22,4*
	Tainung 01	112,8**	39,6**	9,8
	Média	73,2	29,0	16,1
5° Acionamento	Sunrise Golden	37,0	28,0	176,2**
	Tainung 01	132,4**	44,8**	7,2
	Média	84,7	36,4	91,7
6° Acionamento	Sunrise Golden	36,6	21,6	23,0*
	Tainung 01	153,0**	50,4**	10,8
	Média	94,8	36,0	16,9
7° Acionamento	Sunrise Golden	35,6	34,4	18,4ns
	Tainung 01	122,6**	63,2**	12,0
	Média	79,1	48,8	15,2
8° Acionamento	Sunrise Golden	32,2	27,8	22,8*
	Tainung 01	140,6**	124,8**	12,4
	Média	86,4	76,3	17,6
9° Acionamento	Sunrise Golden	41,6	44,0	40,8**
	Tainung 01	159,4**	165,2**	14,6
	Média	100,5	104,6	27,7
10° Acionamento	Sunrise Golden	75,8	23,8	19,2ns
	Tainung 01	190,6**	178,2**	13,0
	Média	133,2	101,0	16,1
11° Acionamento	Sunrise Golden	87,4	21,2	22,4ns
	Tainung 01	173,8**	84,0**	24,4
	Média	130,6	52,6	23,4
12° Acionamento	Sunrise Golden	93,2	26,0	20,0ns
	Tainung 01	173,8**	95,0**	27,6
	Média	133,5	60,5	23,8
13° Acionamento	Sunrise Golden	76,4	14,0	21,8
	Tainung 01	176,2**	96,8**	42,8**
	Média	126,3	55,4	32,3
14° Acionamento	Sunrise Golden	83,6	39,8	23,0ns
	Tainung 01	176,2**	111,2**	29,6
	Média	129,9	75,5	26,3
15° Acionamento	Sunrise Golden	74,0	37,4	27,0
	Tainung 01	172,8**	119,0**	42,2*
	Média	123,4	78,2	34,6
16° Acionamento	Sunrise Golden	67,0	24,8	25,6
	Tainung 01	162,0**	125,8**	71,2**
	Média	114,5	75,3	48,4

Médias seguidas de símbolos distintos na coluna diferem entre si pelo teste F, ns – não significativo (P<0,05), * e ** - significativo (P<0,05) e (P < 0,01) , respectivamente.

Na Tabela 2 observa-se que a cultivar ‘Tainung 01’, tanto para a regulagem de 30 cm quanto para 60 cm apresentou valores significativamente maiores de drenagem (P < 0,01), sendo que somente no 1° acionamento a cultivar ‘Tainung 01’ com o acionador regulado a 30cm a diferença foi de (P<0,05). Para os desníveis 90 cm, este

fato não foi generalizado, havendo acionamentos em que a perda não foi estatisticamente diferente ou que a cultivar ‘Sunrise Golden’ apresentou valores superiores, sendo que o inverso também se repete.

Estes resultados estão estreitamente ligados à quantidade de água fornecida e ao fornecimento de nutrientes. Regas em excesso promovem a lavagem do substrato e, conseqüente, perda de nutrientes, enquanto que baixas quantidades de água podem tanto reduzir o crescimento da planta, como suprir apenas pequenas quantidades de nutrientes às mesmas ou ainda promover a salinização do substrato em função da alta concentração dos fertilizantes (STAMATO JÚNIOR, 2007).

Foi constatado a partir da leitura da condutividade elétrica (CE) do substrato aos 62 DAS (Tabela 11) que ‘Sunrise Golden’, nas duas profundidades dos tubetes avaliadas, apresentou em média valor superior a ‘Tainung 01’ ($p < 0,01$). Na análise dos 3 desníveis, os tratamentos a 60cm apresentaram os maiores valores em média ($p < 0,05$), ou seja, valores superiores de CE esclarecem que ocorreu uma menor lavagem e perda de nutrientes, visto que o substrato inicialmente no momento da semeadura apresentava valor de $1,3 \pm 0,3$ mS/cm.

Ainda relacionando a perda de nutrientes pela drenagem, podem-se discutir os resultados obtidos a partir das leituras de SPAD do teor relativo de clorofila, que pela ANOVA apresentou interação significativa (Tabela 3). Vemos que os valores em unidades SPAD aos 51 DAS, a cultivar ‘Sunrise Golden’ foi maior nos desníveis 30 e 60cm ($p < 0,05$) e aos 62 DAS, o desnível 30 e 60cm mostra diferença de $p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente (resultados disponíveis na Tabela 12).

Para os desníveis 90 cm, a cultivar ‘Tainung 01’ apresentou valores significativamente acima de ‘Sunrise Golden’ aos 51 DAS e 62 DAS, respectivamente, $p < 0,05$ e $p < 0,01$. Isto provavelmente em decorrência de um menor volume de irrigação e drenagem comprovado neste tratamento.

Os teores de clorofila, estimados pelo medidor portátil de clorofila, apresentaram uma queda para os tratamentos que receberam maior lavagem do substrato, ocorrendo este fato devido a uma possível deficiência de nutrientes no solo, levando a planta a translocar estes nutrientes, de maior mobilidade, para as regiões de crescimento, como pode se observar na Figura 14.

O tratamento ‘Tainung 01’ regulado a 90cm também apresentou baixos valores de CE, porém como este sofreu menor drenagem, possivelmente absorveu mais os adubos pelas plantas, com mais eficiência no uso de nutrientes.

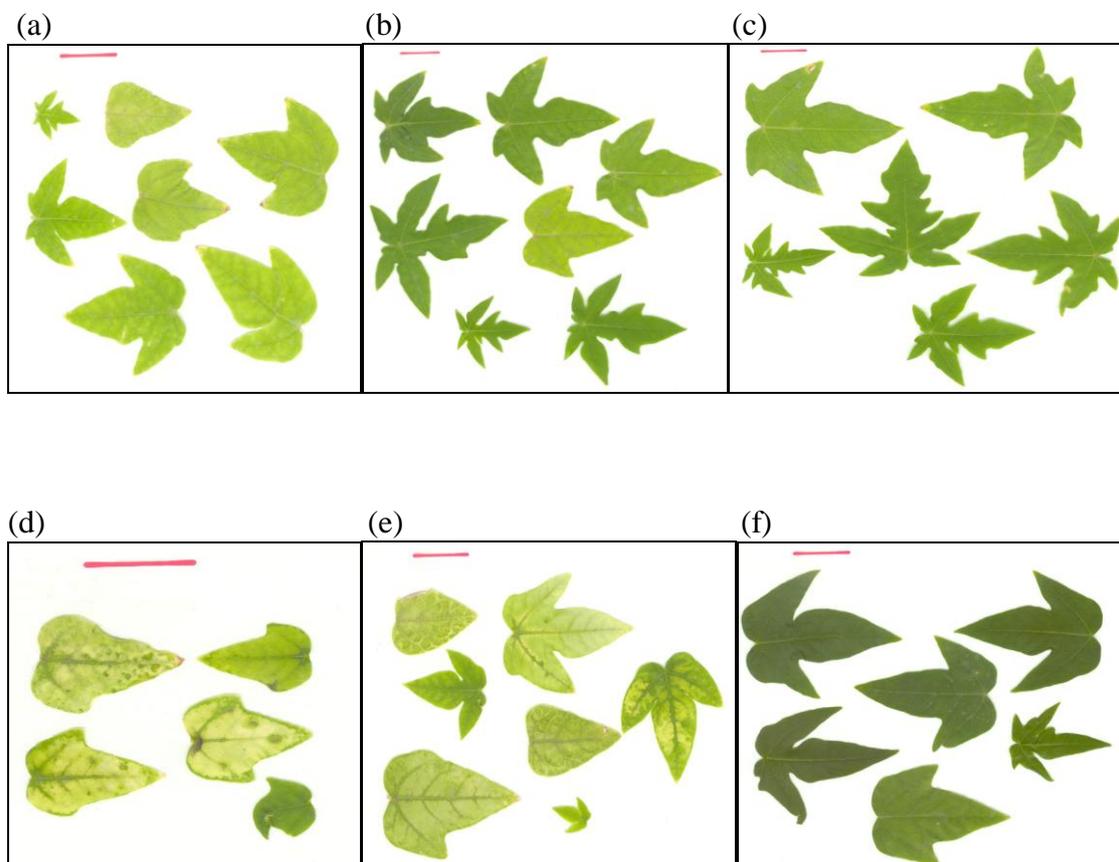


Figura 14. Fotos obtidas a partir de scanner de mesa de uma amostra de cada tratamento de plantas de mamão cultivado em casa de vegetação sob diferente umidade do substrato aos 79 DAS, (a) Sunrise Golden a 30cm, (b) Sunrise Golden a 60cm, (c) Sunrise Golden a 90cm, (d) Tainung 01 a 30cm, (e) Tainung 01 a 60cm e (f) Tainung 01 a 90cm (escala: 2cm).

Segundo Torres Netto et al. (2002) valores de SPAD-502 abaixo de 40 unidades indicam problemas iniciais no processo fotoquímico mostrando comprometimentos na eficiência fotoquímica do PSII em folhas de mamoeiro. Valores superiores revelam ótima disponibilidade de N no tecido foliar, bem como excelente quantidade de pigmentos fotossintéticos, esses valores apenas foram encontrados para o tratamento ‘Tainung 01’ com o acionador regulado a 90cm (Tabela 12).

Os dados apresentados na Tabela 3 mostram que houve efeito significativo para os diferentes desníveis de irrigação (I) para as variáveis área foliar, área foliar específica (AFE), massa fresca da parte aérea e das raízes, massa seca da parte aérea e das raízes, teor relativo de clorofila aos 51 e 62 DAS, conteúdo relativo de água, CE a 7 e 10cm de profundidade, exceto para porcentagem de germinação e índice de velocidade de emergência (IVE) em ambos os períodos de avaliação, que se demonstraram não significativo para irrigação. O efeito de cultivar (C) não foi significativo para teor relativo de clorofila aos 51 e 62 DAS, conteúdo relativo de água e porcentagem de germinação no período de Setembro de 2011 (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de variância: Probabilidade dos efeitos de 3 regulagens de irrigação por acionamento automático (I) e duas cultivares de mamão (C) e interação (I x C) nas variáveis analisadas.

Variável	BLOCO	I	C	I x C	CV%
% germinação Abril-11	NS	NS	**	NS	12,47
IVE Abril-11	NS	NS	**	NS	4,76
% germinação Setembro-11	NS	NS	NS	NS	11,45
IVE Setembro-11	NS	NS	*	NS	3,95
Área foliar	*	**	**	*	21,71
Área foliar específica (AFE)	*	**	**	NS	7,62
Massa fresca da parte aérea	*	**	**	**	22,71
Massa fresca das raízes	*	**	**	**	18,96
Massa seca da parte aérea	NS	**	**	**	26,73
Massa seca das raízes	NS	**	**	*	22,16
Teor relativo de clorofila (51 DAS)	NS	**	NS	**	14,57
Teor relativo de clorofila (62 DAS)	NS	**	NS	**	18,93
Conteúdo relativo de água	NS	*	NS	NS	3,17
CE 7cm prof.	NS	*	**	NS	34,08
CE 10cm prof.	NS	**	**	NS	33,12

*, ** - Significativo aos níveis 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

NS – não significativo.

A interação (I x C) significativa foi detectada para as variáveis área foliar, massa fresca da parte aérea, massa fresca das raízes, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, teor relativo de clorofila aos 51 DAS e aos 62 DAS (Tabela 3).

Tabela 4. Porcentagem de germinação e índice de velocidade de emergência (IVE) em plântulas de mamão cultivado em casa de vegetação sob diferente umidade do substrato aos 28 DAS. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=54).

Variáveis	Cultivar	Regulagens de acionamento (cm)			Média
		30	60	90	
% germinação Abril-11	Sunrise Golden	68,52	74,44	72,96	71,97**
	Tainung 01	57,78	61,11	58,89	59,26
	Média	63,15 ns	67,77	65,92	
IVE Abril-11	Sunrise Golden	2,93	3,34	3,10	3,12 **
	Tainung 01	2,38	2,44	2,26	2,36
	Média	2,66 ns	2,89	2,68	
% germinação Setembro-11	Sunrise Golden	72,96	69,63	66,67	69,75 ns
	Tainung 01	67,78	62,96	68,89	66,54
	Média	70,37 ns	66,29	67,78	
IVE Setembro-11	Sunrise Golden	2,40	2,27	2,15	2,27 *
	Tainung 01	2,19	1,93	2,07	2,06
	Média	2,23 ns	2,10	2,11	

Médias seguidas de símbolos distintos na coluna e nas linhas diferem entre si pelo teste F, ns – não significativo ($P < 0,05$), * e ** - significativo ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$), respectivamente.

A partir da análise dos dados coletados (Tabela 4) foi observado que os diferentes desníveis de irrigação aplicados não resultaram em diferenças significativas para germinação e IVE pelo teste F. O contrário ocorreu para efeito das duas cultivares testadas, com exceção para porcentagem de germinação em setembro de 2011 que apresentaram valores iguais. As diferenças encontradas demonstram que ‘Sunrise Golden’ obteve valores significativamente superiores.

Embora os dados não deixem dúvidas que os tratamentos que recebem menos água e atingem maiores tensões com menor disponibilidade hídrica, isto não afeta a germinação e o IVE, de fato há diferenças, porém estas são apenas para efeito de diferentes lotes de sementes, visto a similaridade de condições climáticas para os dois momentos distintos (Figuras 1 e 2), o que explicaria o fato de ‘Sunrise Golden’ apresentar melhor desempenho.

Diversos trabalhos como FONSECA & PEREZ (2003); AROUCHA et al. (2006); STEFANELLO et al. (2006), todos estes autores simulando o estresse hídrico por meio do polietileno glicol, tem demonstrado que o estresse tem efeito sobre a germinação apenas a partir de -100 kPa, tensão muito superior as encontradas aqui nestes estudos.

Tabela 5. Análise de variância: Probabilidade dos efeitos de 3 regulagens de irrigação por acionamento automático (I) e duas cultivares de mamão (C) e interação (I x C) na variável diâmetro (Diam) aos 30, 37, 44, 51, 58, 65 e 75 DAS.

Variável	Diam 1	Diam 2	Diam 3	Diam 4	Diam 5	Diam 6	Diam 7
BLOCO	**	NS	NS	*	*	**	*
I	NS	NS	NS	*	**	**	**
C	NS	**	**	**	**	**	**
I x C	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS
CV%	6,55	13,01	16,63	16,15	11,59	10,24	12,85

*, ** - Significativo aos níveis 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

NS – não significativo.

Tabela 6. Análise de variância: Probabilidade dos efeitos de 3 regulagens de irrigação por acionamento automático (I) e duas cultivares de mamão (C) e interação (I x C) na variável altura de planta (Alt) aos 30, 37, 44, 51, 58, 65 e 75 DAS.

Variável	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6	Alt 7
BLOCO	**	**	*	*	**	**	*
I	*	NS	NS	NS	**	**	**
C	NS	**	**	**	**	**	**
I x C	*	NS	NS	NS	NS	NS	*
CV%	8,35	12,52	17,97	18,87	12,48	13,44	10,52

*, ** - Significativo aos níveis 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

NS – não significativo.

Tabela 7. Análise de variância: Probabilidade dos efeitos de 3 regulagens de irrigação por acionamento automático (I) e duas cultivares de mamão (C) e interação (I x C) na variável número de folhas (N° de F) aos 30, 37, 44, 51, 58, 65 e 75 DAS.

Variável	N° de F1	N° de F2	N° de F3	N° de F4	N° de F5	N° de F6	N° de F7
BLOCO	NS						
I	*	NS	*	**	**	**	**
C	**	**	NS	NS	*	*	**
I x C	*	NS	NS	NS	*	*	*
CV%	3,10	4,84	7,48	4,24	3,70	3,86	4,06

*, ** - Significativo aos níveis 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

NS – não significativo.

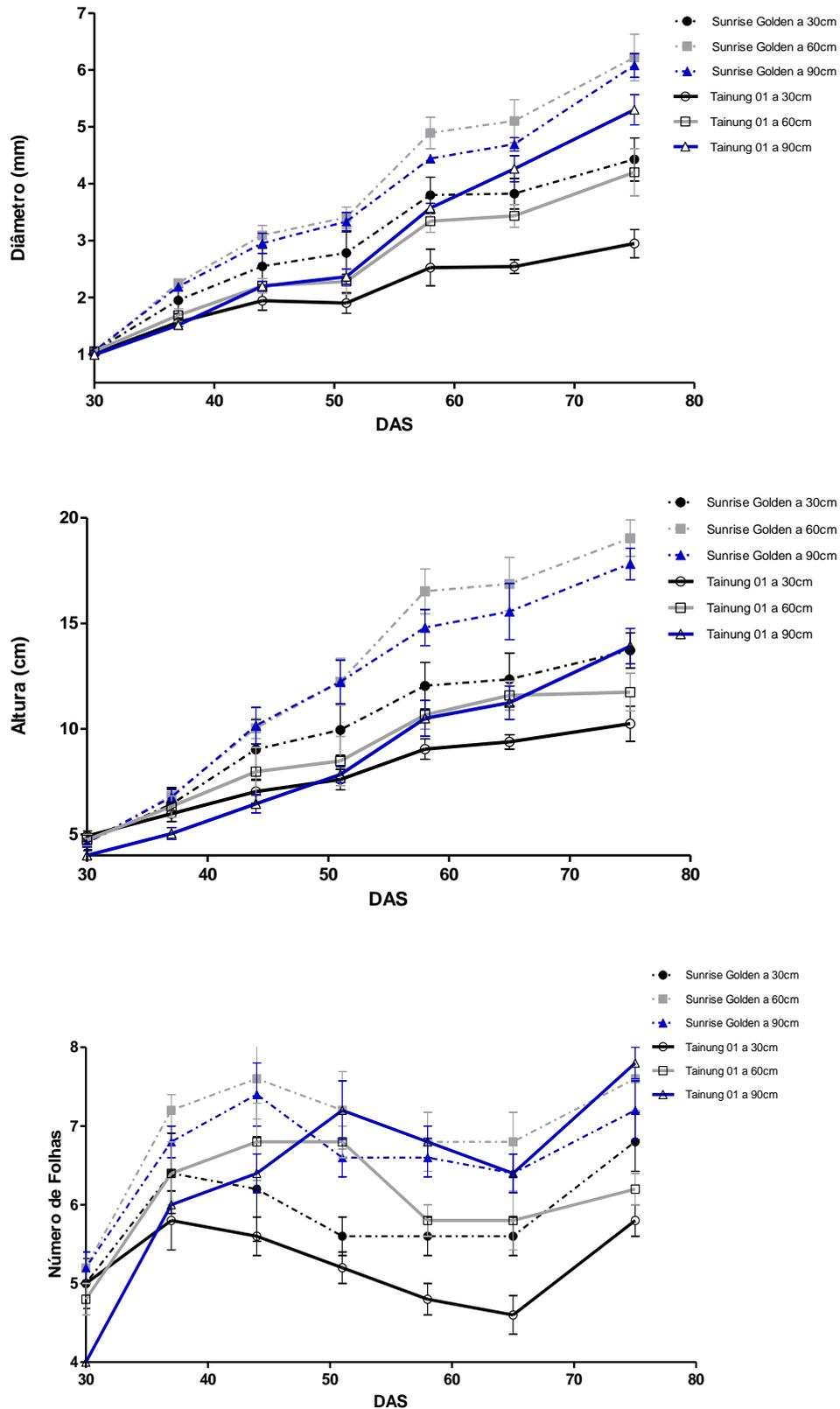


Figura 15. Diâmetro do caule (mm), altura da planta (cm) e número de folhas avaliado durante o crescimento de plantas de mamão aos 30, 37, 44, 51, 58, 65 e 75 DAS. Pontos representam médias determinadas com cinco repetições por tratamento (n= 4) e barras verticais é o desvio padrão.

As leituras de diâmetro do caule efetuadas ao longo do desenvolvimento das plantas revelam, na primeira avaliação, que todos os tratamentos inicialmente possuíam os mesmos valores, não diferindo estatisticamente. Assim foi possível acompanhar o crescimento do caule durante a condução do experimento, visto que segundo Benincasa (2003), o aumento de qualquer órgão da planta está relacionado ao instante em que se inicia o período de observação. Nota-se também que apenas ocorreu interação significativa nos 65 DAS, sendo feitas as comparações para os outros períodos a partir das médias dos efeitos isolados (Tabela 5).

Nos 37, 44, 51, 58, e 75 DAS constata-se que ‘Sunrise Golden’ apresenta diâmetro do caule médio superior a ‘Tainung 01’. O efeito da irrigação apenas surge a partir da quarta leitura, onde os desníveis 60 e 90 cm apresentam um incremento em relação a 30 cm aos 51, 58, e 75 DAS (Figura 15 e Tabela 8).

Com relação à interação, ao se analisar genótipos dentro de cada desnível aos 65 DAS, vê-se que ‘Sunrise Golden’ é maior que ‘Tainung 01’ com acionador regulado a 30 e 60 cm ($p < 0,01$), não havendo diferença para diâmetro quando cultivado com maiores tensões nesta fase (Figura 15 e Tabela 8), observando-se que ao final ‘Tainung 01’ com acionamento a 90 cm ultrapassa ‘Sunrise Golden’ a 30 cm.

Com os referidos dados da tabela 6, pode-se comprovar interação significativa para altura da planta aos 30 e 75 DAS, observando-se também na maior parte do tempo uma superioridade de ‘Sunrise Golden’. Para desníveis ocorreram diferenças entre 60 e 90 cm, que se apresentaram maiores, se confrontados com 30 cm aos 58 e 65 DAS (Figura 15 e Tabela 9).

Quanto ao número de folhas (Figura 15 e Tabela 10), aos 30 DAS o tratamento ‘Tainung 01’ na regulagem do acionador de 90 cm se apresentava com menor valor ($p < 0,01$), no entanto nas avaliações seguintes nota-se uma recuperação com o lançamento de novas folhas. Aos 37 DAS ‘Sunrise Golden’ possui mais folhas que ‘Tainung 01’ ($p < 0,01$) e assim como as duas variáveis discutidas acima para número de folhas aos 51 e 58 DAS nas regulagens de 60 e 90 foram maiores que 30cm.

A partir dos 58 DAS as comparações foram feitas de acordo com a interação entre dois fatores estudados, sendo que com 90 cm as cultivares não tiveram variação, aos 58 DAS os tratamentos a 60 cm tiveram o mesmo desempenho e nos outros momentos ‘Sunrise Golden’ foi maior para 60 cm, assim como quando submetido ao acionamento com 30 cm.

Pode-se notar na Figura 15 que os tratamentos com as regulagens de 60 e 90 cm possibilitaram, na maior parte do tempo das avaliações, os melhores valores para diâmetro do caule, altura da planta e número de folhas, evidenciando uma tendência para a produção de mudas de mamão em tubetes não possuir bom rendimento quando cultivado com desnível de 30 cm. É provável que diferenças entre genótipos sejam devido às características morfológicas das cultivares. Isto reforça que a regulagem de 30 cm possa ter sofrido alguma deficiência nutricional causada pela drenagem.

Tabela 8. Comparação de médias para a variável diâmetro do caule estudada em plantas de mamão cultivado em casa de vegetação sob diferente umidade do substrato para cada tratamento. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4).

Variável	Cultivar	Regulagens de acionamento (cm)			Média
		30	60	90	
Diâmetro do caule 30 DAS (mm)	Sunrise Golden	1,06	1,02	1,06	1,04ns
	Tainung 01	1,02	1,05	0,99	1,02
	Média	1,04ns	1,04	1,02	
Diâmetro do caule 37 DAS (mm)	Sunrise Golden	1,95	2,25	2,19	2,13**
	Tainung 01	1,57	1,69	1,51	1,59
	Média	1,76ns	1,97	1,85	
Diâmetro do caule 44 DAS (mm)	Sunrise Golden	2,55	3,09	2,95	2,86**
	Tainung 01	1,90	2,20	2,20	2,10
	Média	2,22ns	2,65	2,58	
Diâmetro do caule 51 DAS (mm)	Sunrise Golden	2,78	3,41	3,33	3,17**
	Tainung 01	1,90	2,28	2,37	2,18
	Média	2,34b	2,84a	2,85a	
Diâmetro do caule 58 DAS (mm)	Sunrise Golden	3,80	4,89	4,44	4,38**
	Tainung 01	2,53	3,34	3,57	3,15
	Média	3,16b	4,12a	4,01a	
Diâmetro do caule 65 DAS (mm)	Sunrise Golden	3,82**	5,10**	4,69ns	4,54
	Tainung 01	2,54	3,43	4,26	3,41
	Média	3,18	4,27	4,48	
Diâmetro do caule 75 DAS (mm)	Sunrise Golden	4,43	6,22	6,08	5,58**
	Tainung 01	2,95	4,20	5,30	4,15
	Média	3,69b	5,21a	5,69a	

Médias seguidas de símbolos distintos na coluna diferem entre si pelo teste F, ns – não significativo ($P < 0,05$) e ** - significativo ($P < 0,01$). Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de LSD ($P < 0,05$).

Tabela 9. Comparação de médias para a variável altura de planta estudada em plantas de mamão cultivado em casa de vegetação sob diferente umidade do substrato para cada tratamento. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4).

Variável	Cultivar	Regulagens de acionamento (cm)			Média
		30	60	90	
Altura de planta 30 DAS (cm)	Sunrise Golden	4,7ns	4,6ns	4,6ns	4,6
	Tainung 01	4,9	4,7	4,0	4,6
	Média	4,8	4,7	4,3	
Altura de planta 37 DAS (cm)	Sunrise Golden	6,4	6,8	6,8	6,7**
	Tainung 01	6,0	6,3	5,0	5,8
	Média	6,2ns	6,6	5,9	
Altura de planta 44 DAS (cm)	Sunrise Golden	8,7	10,6	10,3	9,9**
	Tainung 01	6,9	8,2	6,5	7,2
	Média	7,8ns	9,4	8,4	
Altura de planta 51 DAS (cm)	Sunrise Golden	10,0	12,2	12,2	11,5**
	Tainung 01	7,6	8,5	7,8	8,0
	Média	8,8ns	10,4	10,0	
Altura de planta 58 DAS (cm)	Sunrise Golden	12,0	16,5	14,8	14,5**
	Tainung 01	9,0	10,7	10,5	10,1
	Média	10,5b	13,6a	12,7a	
Altura de planta 65 DAS (cm)	Sunrise Golden	12,3	16,9	15,5	14,9**
	Tainung 01	9,4	11,6	11,2	10,7
	Média	10,9b	14,2a	13,4a	
Altura de planta 75 DAS (cm)	Sunrise Golden	13,7**	19,0**	17,8**	16,9
	Tainung 01	10,2	11,7	13,9	12,0
	Média	12,0	15,4	15,9	

Médias seguidas de símbolos distintos na coluna diferem entre si pelo teste F, ns – não significativo ($P < 0,05$) e ** - significativo ($P < 0,01$). Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de LSD ($P < 0,05$).

Tabela 10. Comparação de médias para a variável número de folhas estudada em plantas de mamão cultivado em casa de vegetação sob diferente umidade do substrato para cada tratamento. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento (n=4).

Variável	Cultivar	Regulagens de acionamento (cm)			Média
		30	60	90	
Número de folhas 30 DAS	Sunrise Golden	5,0 ^{ns}	5,2 ^{ns}	5,2 ^{**}	5,1
	Tainung 01	5,0	4,8	4,0	4,6
	Média	5,0	5,0	4,6	
Número de folhas 37 DAS	Sunrise Golden	6,4	7,2	6,8	6,8 ^{**}
	Tainung 01	5,8	6,4	6,0	6,1
	Média	6,1 ^{ns}	6,8	6,4	
Número de folhas 44 DAS	Sunrise Golden	6,2	7,6	7,4	7,1 ^{ns}
	Tainung 01	5,6	6,8	6,4	6,3
	Média	5,9 ^b	7,2 ^a	6,9 ^a	
Número de folhas 51 DAS	Sunrise Golden	5,6	7,2	6,6	6,5 ^{ns}
	Tainung 01	5,2	6,8	7,2	6,4
	Média	5,4 ^b	7,0 ^a	6,9 ^a	
Número de folhas 58 DAS	Sunrise Golden	5,6 ^{**}	6,8 ^{ns}	6,6 ^{ns}	6,3
	Tainung 01	4,8	5,8	6,8	5,8
	Média	5,2	6,3	6,7	
Número de folhas 65 DAS	Sunrise Golden	5,6 ^{**}	6,8 [*]	6,4 ^{ns}	6,3
	Tainung 01	4,6	5,8	6,4	5,6
	Média	5,1	6,3	6,4	
Número de folhas 75 DAS	Sunrise Golden	6,8 ^{**}	7,6 [*]	7,2 ^{ns}	7,2
	Tainung 01	5,8	6,2	7,8	6,6
	Média	6,3	6,9	7,5	

Médias seguidas de símbolos distintos na coluna diferem entre si pelo teste F, ns – não significativo ($P < 0,05$) e ** - significativo ($P < 0,01$). Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de LSD ($P < 0,05$).

Sob o cultivo com a regulação do dispositivo no desnível de 30cm ocorreu maior drenagem, reduzindo os valores de CE com perda de nutrientes e deficiência nutricional nas plantas, indicado por menores valores das leituras de SPAD, este resultado foi mais acentuado para ‘Tainung 01’ podendo ter sido causado por diferenças morfológicas do sistema radicular, onde no tratamento ‘Sunrise Golden’ a 60 cm, foi constatado um incremento em massa seca de raízes e menor lixiviação de nutrientes (Tabelas 11 e 12).

Tabela 11. Comparação de médias para variáveis estudadas em plantas de mamão cultivado em casa de vegetação sob diferente umidade do substrato para cada tratamento. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento.

Variáveis	Cultivar	Regulagens de acionamento (cm)			Média
		30	60	90	
Área Foliar Específica (AFE) (cm ² g ⁻¹) n=4	Sunrise Golden	260,67	217,50	215,30	231,16
	Tainung 01	304,61	275,64	251,21	277,15 **
	Média	282,64 a	246,57 b	233,26 b	
Conteúdo Relativo de Água n=10	Sunrise Golden	96,60	93,20	94,40	94,73 ns
	Tainung 01	95,80	95,40	90,00	93,73
	Média	96,20 a	94,30 ab	92,20 b	
CE 7cm prof. (mS cm ⁻¹) n=3	Sunrise Golden	0,06	0,12	0,09	0,09 **
	Tainung 01	0,05	0,06	0,06	0,06
	Média	0,06 b	0,09 a	0,07 ab	
CE 10cm prof. (mS cm ⁻¹) n=3	Sunrise Golden	0,08	0,14	0,10	0,10 **
	Tainung 01	0,05	0,08	0,06	0,06
	Média	0,06 b	0,11 a	0,08 b	

Médias seguidas de símbolos distintos na coluna diferem entre si pelo teste F, ns – não significativo (P<0,05) e ** - significativo (P < 0,01). Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de LSD (P<0,05).

No presente estudo, verificou-se um incremento de produção de biomassa de ‘Sunrise Golden’ sobre ‘Tainung 01’ nas regulagens de irrigação testadas, onde somente não foi demonstrada diferença significativa para a massa seca de parte aérea quando imposta a irrigação com 90 cm (Tabela 12).

Com o proposto trabalho buscou-se estudar a automação de irrigação aliando-se os questionamentos científicos com o sistema de produção de mudas em tubetes, visto que a maioria dos trabalhos realizados experimenta-se em vasos com volumes superiores ao utilizados aqui. Assim cuidados na interpretação dos resultados obtidos em potes devem ser tomados, salientando-se que o desenvolvimento do sistema radicular é extremamente plástico, e por isso, as raízes desenvolvidas em potes têm características bastante diferentes no campo (McCully, 1995).

O uso da tecnologia da automação resultou em diferenças entre os desníveis de irrigação para o CRA, visto que se verificaram máximos valores para os tratamentos que receberam mais água e foram submetidos a menores tensões do substrato, não

havendo diferenças entre as cultivares (Tabela 11). A queda observada no conteúdo relativo de água é devido à menor taxa de absorção de água proveniente do solo pelo sistema radicular. Entretanto, Chiquieri et al. (2005) impondo oito dias de deficiência hídrica do solo em todo o sistema radicular ou em apenas uma parte, verificaram não ser suficiente para causar alterações no CRA, atingindo o valor mínimo de -200 kPa de potencial de água foliar com manutenção do CRA na faixa de 80%, indicando os autores, possivelmente ser o mamoeiro uma planta que sofre danos somente após valores de CRA inferiores a 75%.

Mahouachi et al. (2006) encontraram dados que sugerem, sob condições de estresse hídrico estas plantas parecem possuir certa capacidade para aumentar o conteúdo de íons, o que pode contribuir para o ajustamento osmótico. No entanto, se deduz aqui que a resposta ao estresse seja devido às diferenças morfológicas do sistema radicular entre as cultivares. Pode-se notar que ‘Sunrise Golden’ apresentou maior massa seca de raízes e isto pode ter reduzido a lavagem pela drenagem, causando distúrbios nutricionais, como indicam os menores valores de CE para ‘Tainung 01’ e ‘Sunrise Golden’ a 30 cm (Tabela 11). Um sistema radicular mais desenvolvido contribui para agregar mais o substrato e reduzir a taxa de infiltração da água aplicada (Tabela 12).

Observa-se que o tratamento ‘Sunrise Golden’ a 60 cm (Tabela 12), em que se constatou um incremento em massa seca de raízes, foi o que teve o maior crescimento, ou seja, as raízes podem ter ajudado também a sofrer menos o estresse, explicando as possíveis causas da superioridade de ‘Sunrise Golden’.

Em relação à área foliar o comportamento das cultivares foi semelhante para os desníveis 30 e 90 cm, considerando-se apenas os efeitos da irrigação, não diferindo estatisticamente. Entretanto, para o desnível 60 cm ‘Sunrise Golden’ foi maior (Tabela 12), como a fotossíntese depende da área foliar, o rendimento da cultura será maior quanto mais rápido a planta atingir o índice de área foliar máximo (cm^2 de folha/ cm^2 de solo) e quanto mais tempo à área foliar permanecer ativa (Pereira & Machado, 1987).

Para AFE, que segundo Evans (1972), representa a área foliar por unidade de massa de folha, ‘Tainung 01’ foi superior e os tratamentos a 30 cm apresentaram folhas com maior superfície de transpiração e menor espessura foliar (Tabela 11). A área foliar é um componente morfofisiológico e a massa um componente anatômico de uma espécie vegetal, pois está relacionado à composição interna (número e tamanho) das

células do mesofilo. Infere-se daí, que o inverso da AFE reflete a espessura das folhas (BENINCASA, 2003), decréscimos na AFE indicam aumento na espessura da folha resultante do aumento e do tamanho do número de células nas folhas..

Tabela 12. Comparação de médias para variáveis estudadas em plantas de mamão cultivado em casa de vegetação sob diferente umidade do substrato para cada tratamento. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento.

Variáveis	Cultivar	Regulagens de acionamento (cm)		
		30	60	90
Área foliar (cm ²) n=4	Sunrise Golden	32,54 ns	69,06 **	68,16 ns
	Tainung 01	22,19	35,04	57,33
	Média	27,36	52,05	62,74
Massa fresca da parte aérea (g) n ≥ 5	Sunrise Golden	1,72 **	3,51 **	2,72 *
	Tainung 01	0,79	1,44	2,00
	Média	1,25	2,47	2,36
Massa fresca das raízes (g) n ≥ 5	Sunrise Golden	3,02 **	5,72 **	4,81 **
	Tainung 01	1,17	1,84	1,56
	Média	2,09	3,78	3,18
Massa seca da parte aérea (g) n ≥ 5	Sunrise Golden	0,27 **	0,62 **	0,43 ns
	Tainung 01	0,11	0,23	0,35
	Média	0,19	0,43	0,39
Massa seca das raízes (g) n ≥ 5	Sunrise Golden	0,16 **	0,29 **	0,23 **
	Tainung 01	0,06	0,10	0,10
	Média	0,11	0,20	0,17
Teor relativo de clorofila (51 DAS) Unidades SPAD n=10	Sunrise Golden	26,76 *	35,50 *	34,92
	Tainung 01	20,00	27,44	42,86 *
	Média	23,38	37,47	34,92
Teor relativo de clorofila (62 DAS) Unidades SPAD n=10	Sunrise Golden	18,34 **	25,54 *	27,70
	Tainung 01	9,84	19,36	45,34 **
	Média	14,09	22,45	36,52

Médias seguidas de símbolos distintos na coluna diferem entre si pelo teste F, ns – não significativo (P<0,05), * e ** - significativo (P<0,05) e (P < 0,01) , respectivamente.

Tabela 13. Análise de variância: Probabilidade dos efeitos de 3 regulagens de irrigação por acionamento automático (I) e duas cultivares de mamão (C) e interação (I x C) na variável condutância estomática (gs) aos 54 DAS .

Variável	gs 8:00	gs 10:00	gs 12:00	gs 14:00	gs 16:00	gs 18:00
BLOCO	NS	NS	NS	NS	NS	NS
I	NS	NS	*	*	NS	NS
C	NS	**	NS	**	NS	**
I x C	NS	NS	NS	**	NS	*

*, ** - Significativo aos níveis 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

NS – não significativo.

Tabela 14. Análise de variância: Probabilidade dos efeitos de 3 regulagens de irrigação por acionamento automático (I) e duas cultivares de mamão (C) e interação (I x C) na variável condutância estomática (gs) aos 61 DAS.

Variável	gs 9:00	gs 12:00	gs 15:00
BLOCO	NS	NS	NS
I	NS	NS	NS
C	**	**	NS
I x C	NS	NS	NS

*, ** - Significativo aos níveis 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

NS – não significativo.

A análise da abertura estomática foi realizada em dois momentos distintos estando apresentado o quadro resumido de análise de variância nas tabelas 13 e 14. Verifica-se que ocorreu interação entre os efeitos às 14:00 e 18:00 horas aos 54 DAS. Para o efeito de irrigação, foi observada significância ($p < 0,05$) às 12:00 e 14:00 horas, períodos com os maiores valores de DPV_{ar} e saturação luminosa. Aos 61 DAS não se evidenciou efeito da irrigação, constatando-se diferenças entre as cultivares às 9:00 12:00 horas ($p < 0,01$).

Tabela 14 - Comparação de médias para a variável condutância estomática estudada em plantas de mamão cultivado em casa de vegetação sob diferente umidade do substrato para cada tratamento. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento.

gs 54 DAS (mmol m ⁻² s ⁻¹)	Cultivar	Regulagens de acionamento (cm)			Média
		30	60	90	
8:00h	Sunrise Golden	105,0	381,2	167,8	218,0ns
	Tainung 01	251,7	141,7	88,0	160,5
	Média	178,4ns	261,5	127,9	
10:00h	Sunrise Golden	479,6	463,4	443,6	462,2**
	Tainung 01	170,2	193,2	151,8	171,7
	Média	324,9ns	328,3	297,7	
12:00h	Sunrise Golden	849,0	1956,0	189,2	998,1ns
	Tainung 01	327,0	1134,1	20,6	493,9
	Média	588,0b	1545,1a	104,9b	
14:00h	Sunrise Golden	338,2ns	1348,0**	590,2*	758,8
	Tainung 01	397,2	226,2	83,6	235,7
	Média	367,7	787,1	336,9	
16:00h	Sunrise Golden	156,6	223,6	405,6	261,9ns
	Tainung 01	164,8	123,6	108,9	132,4
	Média	160,7ns	173,6	257,3	
18:00h	Sunrise Golden	34,4ns	49,6ns	73,9**	52,6
	Tainung 01	34,0	28,3	18,5	26,9
	Média	34,2	38,9	46,2	

Médias seguidas de símbolos distintos na coluna diferem entre si pelo teste F, ns – não significativo (P<0,05) e ** - significativo (P < 0,01). Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de LSD (P<0,05).

Tabela 15 - Comparação de médias para a variável condutância estomática estudada em plantas de mamão cultivado em casa de vegetação sob diferente umidade do substrato para cada tratamento. Dados médios foram determinados com cinco repetições por tratamento.

gs 61 DAS (mmol m ⁻² s ⁻¹)	Cultivar	Regulagens de acionamento (cm)			Média
		30	60	90	
9:00h	Sunrise Golden	96,6	129,8	114,6	113,7**
	Tainung 01	75,5	59,6	37,3	57,5
	Média	86,1ns	94,7	75,9	
12:00h	Sunrise Golden	135,6	182,0	182,8	166,8**
	Tainung 01	86,3	143,4	43,0	90,9
	Média	111,0ns	162,7	112,9	
15:00h	Sunrise Golden	97,2	128,2	106,0	110,5ns
	Tainung 01	78,6	113,0	61,7	84,4
	Média	87,9ns	120,6	83,9	

Médias seguidas de símbolos distintos na coluna diferem entre si pelo teste F, ns – não significativo (P<0,05) e ** - significativo (P < 0,01). Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de LSD (P<0,05).

Com redução de água no substrato os tratamentos a 90 cm aos 54 DAS (Tabela 14 e Figura 16) ficaram submetidos ao fechamento estomático com redução de gs e sucessiva recuperação às 14:00h. No entanto, para ‘Tainung 01’ esta recuperação foi inferior ($p < 0,05$). Esta recuperação mais expressiva de ‘Sunrise Golden’ a 90 cm pode ser explicada devido ao acionamento automático deste tratamento após o meio-dia (Figura 11), onde pode se verificar os maiores valores após às 16:00h e uma manutenção significativa da condutância estomática mesmo às 18:00h ($p < 0,05$).

Para o tratamento ‘Sunrise Golden’ na regulação do acionador de 60 cm também foi evidenciado o ligamento do sistema em torno da oito horas da manhã, na qual se podem observar os maiores picos e a superioridade em relação a ‘Tainung 01’ regulado a 60 cm às 14:00h. Uma das causas pode ser atribuída ao aumento da transpiração pelo suprimento de água que pode ser devido ao incremento da condutividade hidráulica das raízes, causando aumento no potencial de água das folhas. No entanto, a alteração da condutância estomática, muitas vezes, pode não estar diretamente relacionada com o potencial de água nas folhas.

Para a irrigação a 30 cm de acionamento não se verificou fechamento estomático nos períodos de maior estresse porém os valores são inferiores aos tratamentos a 60 cm.

Apesar de ter sido comprovado o acionamento de ‘Tainung 01’ regulado a 90 cm no momento da avaliação aos 61 DAS o comportamento foi independente do acionamento com os menores valores de gs, apesar de não se evidenciar diferenças significativas para efeito dos três desníveis de irrigação (Tabela 15 e Figura 17). Às 9:00 e 12:00h ‘Sunrise Golden’ foi maior que ‘Tainung 01’ ($p < 0,01$).

Segundo Pimentel & Rossiello (1995) um ligeiro ressecamento do solo, mesmo que não afete as relações hídricas da parte aérea, causa um aumento na concentração de ácido abscísico (ABA) no xilema, provavelmente produzido na coifa das raízes, levando ao fechamento estomático, o que possivelmente explica a menor abertura estomática de 90 cm.

Ao se comparar os dois dias de leituras de gs, verifica-se que o mamoeiro responde proporcionalmente ao DFFF, na qual pode se verificar semelhança entre as curvas traçadas (Figuras 16 e 17), visto que aos 54 DAS ocorreram picos de $769 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de DFFF causando valores muito maiores de gs para os tratamentos mais supridos de água quando comparados aos 61 DAS, que apresentou picos de $518 \mu\text{mol}$

$\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de DFFF, reforçando que os experimentos foram realizados em condições de casa-de-vegetação.

De acordo com Campostrini & Glenn (2007), para o mamão um ambiente freqüentemente limitante para a fisiologia de plantas, com DFFF a $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, se encontrou máxima assimilação líquida de carbono (A) sugerindo mínima perda por fotorrespiração e adaptação a alta intensidade luminosa, porém apenas se foi avaliado g_s em nosso trabalho. Nesta revisão os autores descrevem que quando o DFFF diminuiu de 2000 para $320 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, A diminuiu de 20 para $9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ em apenas 20 s, enquanto g_s diminuiu de 385 para $340 \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ em cerca de 200 s, resultado de acordo com Machado Filho et al. (2006) ao efetuar a análise diária dos genótipos, ‘Tainung 01’ e ‘Sunrise Solo’, em duas épocas, seca e chuvosa, associando a combinação dos valores de DFFF, de g_s e ainda da temperatura do ar dentro da câmara.

Reis & Campostrini (2008) estudando o mamoeiro em duas épocas distintas por meio de medições das trocas gasosas e eficiência fotoquímica potencial, não verificaram efeito fotoinibitório do tipo crônico nos horários mais quentes do dia, descrevendo que esta não-detecção do dano ao aparato fotossintético tenha sido devido ao movimento paraeliotrópico das folhas o que evitaria aquecimento da superfície foliar, fenômeno também observado em nossos experimentos.

Segundo Lawson (2009), a abertura estomática é regulada por fatores fisiológicos internos e ambientais externos e pode responder em escalas de tempo de segundos a horas. Em geral para plantas C3 e C4, o movimento dos poros da célula guarda é estimulado por iluminação com luz na faixa de ondas de máxima absorção fotossintética (400 a 700 nm), baixas concentrações de CO_2 e alta umidade, o fechamento é promovido pelo escuro, baixa umidade, alta temperatura e altas concentrações de CO_2 , bem como fitohormônios tais como o ácido abscísico.

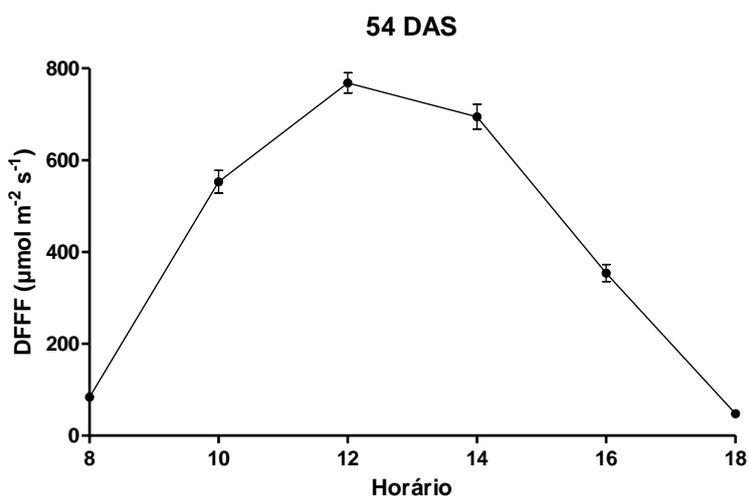
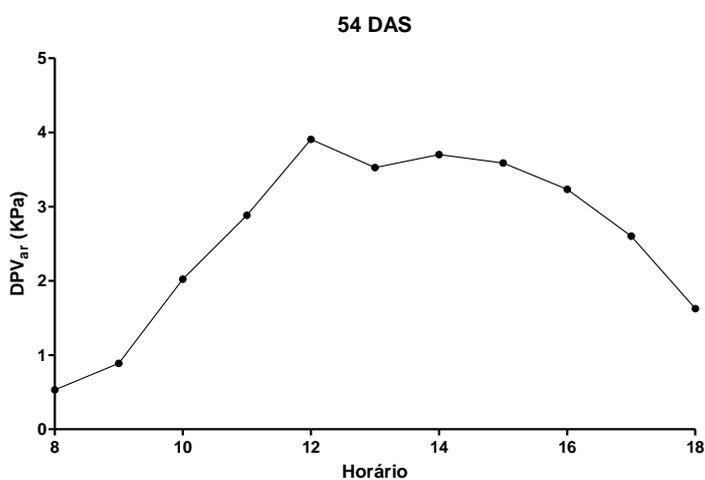
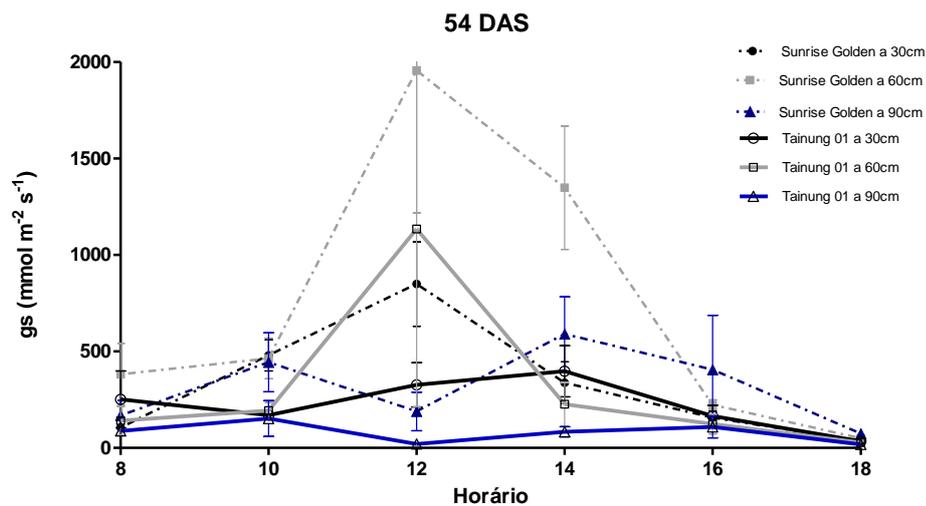


Figura 16 - Condutância estomática (gs), déficit de pressão de vapor do ar (DPV_{ar}) e densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF) aos 54 DAS às 8:00h, 10:00h, 12:00h, 14:00h, 16:00h e às 18:00h. Pontos representam médias determinadas com cinco repetições por tratamento e barras verticais é o desvio padrão.

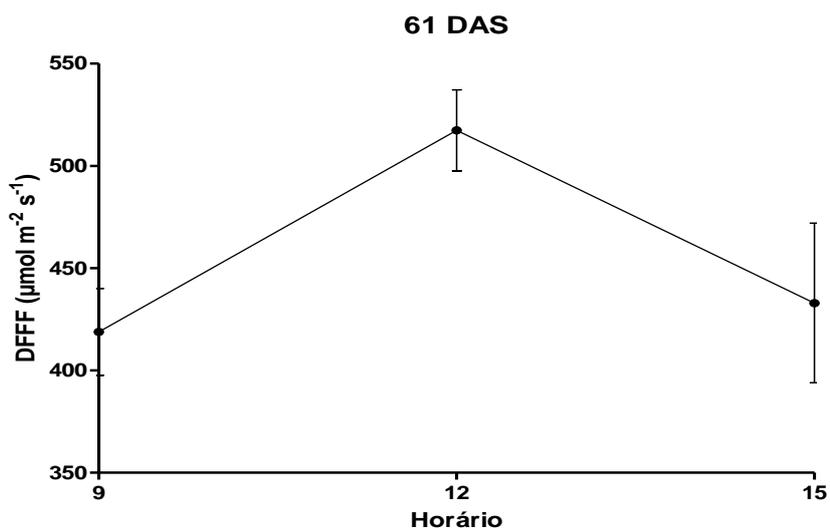
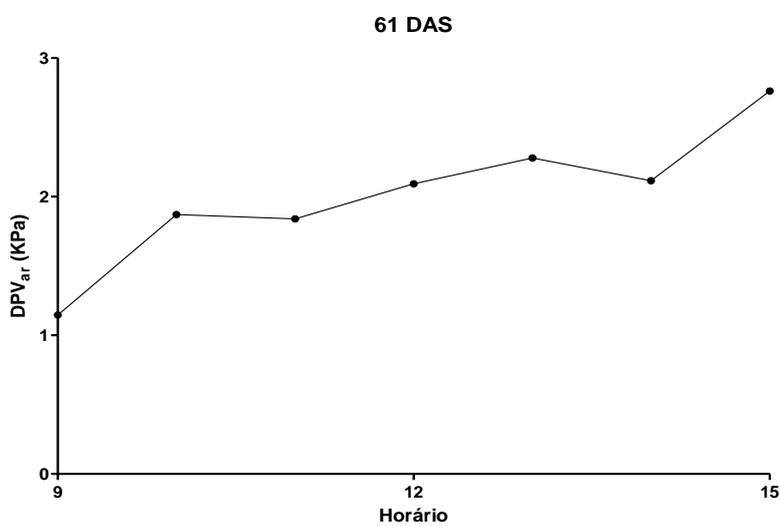
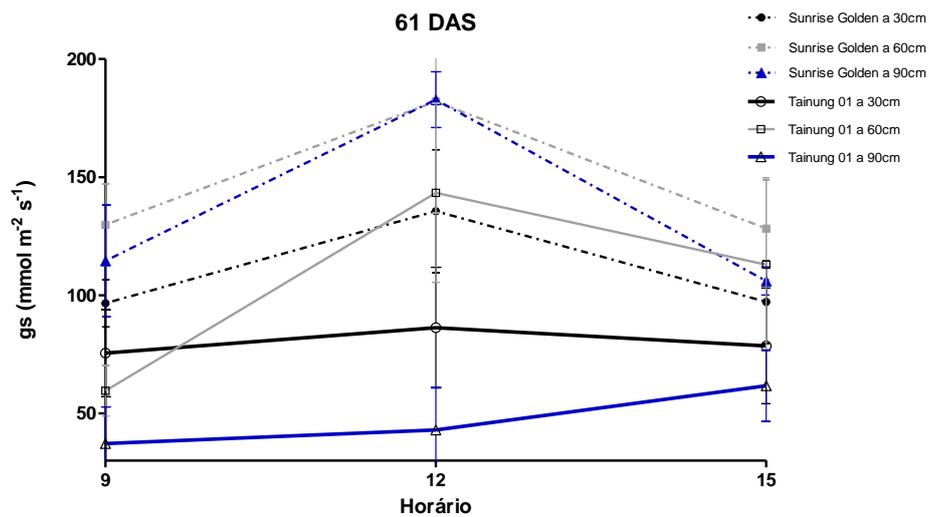


Figura 17 - Condutância estomática (gs), déficit de pressão de vapor do ar (DPV_{ar}) e densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF) aos 61 DAS às 9:00h, 12:00h e às 15:00h. Pontos representam médias determinadas com cinco repetições por tratamento e barras verticais é o desvio padrão.

Estes ensaios demonstraram que o uso desta tecnologia é bastante promissor, quando se considera a reposição do volume de água perdido por evapotranspiração às plantas, podendo ser empregada tanto por irrigantes ou técnicos extensionistas, com nível médio de tecnologia e conhecimento, quanto na condução de experimentos que envolvam um grande número de vasos. Deve ser destacado que com relação ao método para se determinar o volume de água a se adicionar na condução de experimentos com plantas em vasos, são utilizados: tensiômetros (que requerem um custo operacional e não se adaptam a todos os tamanhos de vasos); alguns métodos de adição contínua de água como os temporizadores (na sua maioria usada de forma empírica); e o uso do método da pesagem dos vasos, sendo esse último o mais amplamente utilizado.

É fato que melhorias no dimensionamento do sistema de irrigação e na eficiência de aplicação de água podem reduzir as perdas de água por drenagem e conseqüentemente diminuir a lavagem de nutrientes, com um melhor desenvolvimento das plantas, como foi verificado nos experimentos realizados. Isto poderia ser alcançado com o uso de gotejadores com menor vazão ou mesmo com o uso de emissores em cruzeta encontrados no mercado, derivando a vazão dos gotejadores para mais de um vaso, sendo talvez mais adequada a capacidade do container e em um possível maior tempo de resposta aos sensores. No entanto mais pesquisas são necessárias para que isso seja comprovado e verificar o desenvolvimento e o comportamento dessas plantas nos estádios mais avançados, assim como as especificidades de cada cultivar. No qual poderiam ser aliadas junto com a automação técnicas como dessecação parcial das raízes (KANG; ZHANG, 2004) onde o sistema radicular exposto a essa deficiência pode sinalizar a parte aérea o déficit hídrico e causar o fechamento dos estômatos reduzindo a perda de água.

É relevante esclarecer que a opção de se utilizar um sistema por gotejamento deve-se a condição experimental de direcionar toda a água aplicada no interior dos tubetes, não inviabilizando o uso de sistemas mais convencionais para produção de mudas como a microaspersão, onde testes prévios com plantas em saquinhos de polietileno demonstraram o funcionamento do acionador automático. Porém mais experimentos devem ser realizados para avaliar o desempenho durante o crescimento das plantas.

5. CONCLUSÕES

A germinação das sementes foi semelhante nas diferentes regulagens do acionador automático de irrigação.

As cultivares ‘Sunrise Golden’ e ‘Tainung 01’ apresentaram maior crescimento das mudas respectivamente nas regulagens do acionador de 60 e 90 cm.

As drenagens dos tubetes foram gradativamente maiores nas regulagens de menor desnível do acionador.

Nas regulagens de 30 e 60 cm, ‘Tainung 01’ apresentou menor sistema radicular e maior drenagem do que ‘Sunrise Golden’.

O desnível de 90 cm apresentou déficit hídrico moderado com redução da condutância estomática e o conteúdo relativo de água indica um status hídrico sub-ótimo.

O acionador automático de irrigação é viável para produção de mudas de mamão.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, F.L.; PACOVA, B.E.V.; GALVAES, P.A.O. Seleção de plantas matrizes de mamão, grupo Solo, para produção de sementes. In: MARTINES, D.S.; COSTA, A.F.S. (Ed.). A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção. Vitória: Incaper, 2003. p.103-114.
- ANGELOCCI, L. R. Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera. Introdução ao tratamento biofísico. ed. Piracicaba: pelo autor, 2002.
- ARGENTA, G., SILVA, P. R. F. da, BORTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. *Cienc. Rural*, v.. 31, n. 4, p. 715-722. 2001.
- ARNON, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated choroplasts: Polyphenoloxidase in *Beta Vulgaris*. *Plant Physiol.*, 24: 1-15. In: JESUS, S.V. de & MARENCO, R.A. O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. *Acta Amazonica* vol. 38(4) 2008: 815 – 818
- AROUCHA, E. M.M.; SILVA, R.F.; Nunes, G.H. S.; AROUCHA, M.C.M.; VIANA, A.P. Condicionamento osmótico na germinação de sementes de mamão. *Caatinga* (Mossoró,Brasil), v.19, n.3, p.272-277, 2006.
- AUGSTBURGER, F.; BERGER, J.; CENSKOWSKY, U.; HEID, P.; MILZ, J.; STREIT, C. Organic Farming in the Tropics and Subtropics: Exemplary Description of 20 Crops - Special section: Organic Papaya Cultivation. ©Naturland e.V. – 1st edition 2000, Germany.
- AUSTRALIAN GOVERNMENT. The biology of *Carica papaya* L. (papaya,papaw, paw paw). Department of health and ageing. Office of the gene technology regulator. Disponível em <<http://www.ogtr.gov.au>.> 2008. 55p.
- BENINCASA, M.M.P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: UNESP-Campus de Jaboticabal, 2003. 41p.
- BERGAMIN FILHO, A.KIMATH, H. Doenças do mamoeiro *Carica papaya* L. In: GALLI, F. BERGAMIN, A.F (Coord). Manual de Fitopatologia. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.
- BRANDELIK, A.; HUBNER, C. Soil moisture determination-accurate, large and deep. *Phys. Chem. Earth* 21(3): 157-160. 1996.

- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília, DF: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 147-224 p.
- CALBO, A. G. & CARVALHO e SILVA, W. L. de. Sistema irrigas para manejo de irrigação: Fundamentos, aplicações e desenvolvimentos. Brasília : Embrapa Hortaliças, 2005. 174 p.
- CAMPOSTRINI, E.; GLENN, D.M. Ecophysiology of papaya: a review. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 19, n. 4, p. 413-424, 2007.
- CASTRUCCI, P. B. L. Controle automático: teoria e projeto. São Paulo: EDUSP, 1969. 280p.
- CHAVES, M.M. (1991) Effects of water deficits on carbon assimilation. *Journal of Experimental Botany* 42 (234): 1-16.
- CHAVES, M.M., PEREIRA, J.S., MAROCO, J., RODRIGUES, M.L., RICARDO, C.P.P., OSÓRIO, M.L., CARVALHO, I., FARIA, T., PINHEIRO, C. (2002). How plants cope with water stress in the field? *Photosynthesis and Growth. Annals of Botany* 89: 907-916.
- CHIQUIERI, T. B.; CAMPOSTRINI, E.; GOMES, M. de M. de A.; CASTRO, F. A.; REIS, F. de O.; AZEVEDO, L. da C.; SOUZA, M. A.; BORTOT, P. de A.; SIQUEIRA, L. do N.; FERRAZ, T. M. Avaliação da fotossíntese potencial em plantas de *Carica papaya* (híbrido UENF/Caliman 01) submetidas à irrigação parcial do sistema radicular. *Papaya Brasil – 2005* p. 529-533.
- CHUTTEANG, C.; YINGJAJAVAL, S.; WASEE, S. Leaf photosynthetic potential of female and hermaphrodite papaya (*Carica papaya* cv. Khaeg Nuan). *Acta Horticulturae*, v. 740, p. 197-202. 2007.
- COELHO, E. F.; SILVA, J. G. F. da; ALVES, A. A. C.; CRUZ, J. L. Irrigação do Mamoeiro. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, jul. 2003. 8p. (Embrapa-CNPMP. Série Circular Técnica, 54).
- COSTA, A. F. S.; PACOVA, B. E. V. (2003) Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas do melhoramento genético do mamoeiro. In: Martins, D. dos S; COSTA, A. F. S. (Ed.) *A cultura do mamoeiro: tecnologia de produção*. Vitória, ES: incaper, 497p.
- DANTAS, J. L. L. e CASTRO NETO, M. T. de. 2000. Aspectos botânicos e fisiológicos. In: A.V. Trindade (org.) *Mamão. Produção: Aspectos técnicos*. p.

- 11-14. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. Frutas do Brasil, 3. Brasília, DF.
- DANTAS, J. L. L.; DANTAS, A. C. V. L.; LIMA, J. F. de. Mamoeiro. In: BRUCKNER, C. H. Melhoramento de fruteiras tropicais. Viçosa: UFV, 2002. p. 309-349.
- DAVIES, W.J.; ZHANG, J. 1991. Root signal and the regulation of growth and development of plant in drying soil. Annual Review of Plant Physiology and molecular Biology 42, 55- 76.
- EVANS, G.C. The quantitative analysis of plant growth. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1972. 734p.
- FAGUNDES, G.R.; MACHADO FILHO, J.A.; VALONE, G.V.; YAMANISHI, O.K. Avaliação de diferentes substratos e duas formas de adubação na produção de mudas de mamoeiro da cultivar “Tainung 1”, em bandejas de poliestileno. In: Congresso brasileiro de fruticultura, 16., 2000, Fortaleza. Anais... Fortaleza: SBF, 2000. p.393.
- FAGUNDES, G.R.; YAMANISHI, O.K. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo ‘solo’ comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília-DF. Rev. Bras. Frutic: Jaboticabal - SP, v. 23, n. 3, p. 541-545, dezembro 2001.
- FAO. FAOSTAT. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Estatistical Databases Agriculture. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 25de fevereiro de 2012.
- FISCHER, G.; TUBIELLO, F.N.; VELTHUIZEN, H.V.; WIBERG, D.A. Climate change impacts on irrigation water requirements: effects of mitigation: 1990-2008. Technological Forecasting & Social Change, v.74, p.1083-1107, 2007.
- FONSECA , S. C. L. e PEREZ, S. C. J. G. de A. Ação do polietileno glicol na germinação de sementes de *Adenantha pavonina* e o uso de poliaminas na atenuação do estresse hídrico sob diferentes temperaturas. Revista Brasileira de Sementes, vol. 25, nº 1, p.1-6, 2003
- HENRY, G.A.F.; PRICE, A.H. Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. In:1993 Henry, G.A.F.; Grime, J.P. (ed.) Methods in comparative plant ecology. London: Chapman e Hall, p. 148-152.
- HOFMEYER, J.D.J. Genetical studies of *Carica papaya* L. South African Department of Agriculture and Science Bulletin, v.35, p.300-304, 1938.

- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20 de Dezembro de 2011.
- JONES, H.G. Plants and microclimate: quantitative approach to environmental plant physiology. 2 ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1992 85 p.
- JONES, H.G. 2004. Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 55, No. 407
- JORGE, L.A.C.; CRESTANA, S. SIARCS 3.0: novo aplicativo para análise de imagens digitais aplicado a ciência do solo. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia, CD-ROM. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 5p.
- KANG, S.; ZHANG, J. Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 55, N. 407, 2004, p. 2437–2446.
- KIEHL, E. J. Manual de Edafologia. Ed. Ceres. São Paulo (SP), 1979.
- KLEIN, Vilson A. ; SIOTA, Tiago A. ; ANESI, André L. ; BARBOZA, Robinson. Propriedades físico-hídricas de substratos hortícolas comerciais Rev. Bras. de Agrociência, v.6 n°3, 218-221, 2000.
- KRAMER, P. J. & BOYER, J. S. 1995. Water relations of plants and soils. Academic Press, New York. p. 63 e p.277-279
- LACERDA, J.S.; PEREIRA, W.E.; DIAS, T.J.; COSTA, D. DE S.; BRITO NETO, J. F.; FREIRE, J. L. DE O. Produção de mudas de mamoeiro em substratos fertilizados. *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal*, v. 6, n. 1, p. 293-302, 2009.
- LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. RiMa Artes e Textos, 2000. 531p.
- LAWSON, T. Guard cell, photosynthesis and stomatal function. *Tansley review, New Phytologist* (2009) 181: 13–34.
- LEÃO, R. A. de O. Desenvolvimento de dispositivo para calibração de sensor de umidade do solo e aplicação em sensores tipo tensiômetro eletrônico e resistência elétrica. 2004. 72 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- LEEGOOD, R.C. Primary photosynthate production: physiology and metabolism, in: E. Zamski, A.A. Schaffer (Eds.), *Photoassimilate Distribution in Plants and Crops. Source–Sink Relationships*, Marcel Dekker, New York, 1996, pp. 21–42.

- LEMOS, E. G. M.; PETRAROLHA, C. L. S. S. & Zaidan, H. A. Identification of sex in *Carica papaya* L. using RAPD markers. *Euphytica*, Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands 127: 179–184, 2002
- MACEDO, A. B. M. Produção e eficiência de uso da água da bananeira cv. Pacovan Ken sob diferentes tensões de água no solo. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.
- MACIEL, M. W. Montagem e instalação de um sistema de controle automático de irrigação. 2005. 86 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- MACHADO FILHO, J. A.; CAMPOSTRINI, E.; YAMANISHI, O. K.; FAGUNDES, G. R. Variação sazonal das trocas gasosas em folhas de mamoeiro cultivado em condições de campo. *Bragantia*, Campinas, v.65, n.2, p.185-196, 2006.
- MAGUIRE, J.D. (1962). Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, Madison, 2(2):176-177.
- MAHOUACHI, J.; SOCORRO, A.R. & TALON, M. Responses of papaya seedlings (*Carica papaya* L.) to water stress and re-hydration: growth, photosynthesis and mineral nutrient imbalance. *Plant and Soil* 281:137–146, Springer 2006.
- MALO, S. e CAMPBELL, C.W. (1986) The papaya. University of Florida, Cooperative Extension Service Fruits Crops Fact Sheet FC-11. Gainesville.
- MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MARIN, S.L.D.; GOMES, J.A.; SALGADO, J.S.; MARTINS, D.S.; FULLIN, E.A. Recomendações para a cultura do mamoeiro no estado do Espírito Santo. 4. ed. Vitória: EMCAPA, 1995. 57p.
- MCCULLY, M. 1995. How do real roots work? Some news views of root structure. *Plant Physiol.*, 109: 1-6.
- MEDICI, L. O. Acionador automático para irrigação. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e do Comércio Exterior: Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Patente MU 8700270-1U, 2008.
- MEDICI, L. O.; ROCHA, H. S. da; CARVALHO, D. F. de; PIMENTEL, C.; AZEVEDO, R. A. Automatic controller to water plants. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, v.67, n.6, p.727-730, 2010.

- MENDONÇA, V.; ABREU, N. A. A. DE; GURGEL, R. L. DA S.; FERREIRA, E. A.; ORBES, M. Y.; TOSTA, M. DA S. Crescimento de mudas de mamoeiro 'Formosa' em substratos com utilização de composto orgânico e superfosfato simples *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 30, n. 5, p. 861-868, 2006
- MING, R.; YU, Q. & MOORE, P.H. Sex determination in papaya. *Seminars in Cell & developmental Biology* v. 18, p. 401-408, 2007.
- MING R, HOU S, FENG Y, YU Q, DIONNE-LAPORTE A, SAW JH, et al. The draft genome of the transgenic tropical fruit tree papaya (*Carica papaya* Linnaeus). *Nature*. v. 452, p. 991-997, 2008.
- MINOLTA. 1989. Chlorophyll meter SPAD-502. Instruction manual. Minolta Co., Osaka, Japan. 22 pp.
- MOLINA, J.P. & PAVANI, L.C. Avaliação de alguns parâmetros físico-hídricos de duas marcas comerciais de cápsulas porosas de porcelana usadas no aparelho Irrigás-Embrapa. 2002. (Curso Agronomia) - UNESP, Jaboticabal. MOORE, W.J.
- MONTENEGRO, A. A. T.; BEZERRA, F. M. L.; DE LIMA, R. N. EVAPOTRANSPIRAÇÃO E COEFICIENTES DE CULTURA DO MAMOEIRO PARA A REGIÃO LITORÂNEA DO CEARÁ. *ENG. AGRÍC., JABOTICABAL*, V.24, N.2, P.464-472, 2004
- MUNNS, R.; JAMES, R.A.; SIRSAULT, X.R.R.; FURBANK, R.T.; JONES, H.G. New phenotyping methods for screening wheat and barley for beneficial responses to water deficit. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 61, No. 13, pp. 3499–3507, 2010
- MUNNS, R. 2010b. Plant water content. In: Prometheus Wiki, Version 1, www.prometheuswiki.publish.csiro.au/. Acesso: 15//07/2011.
- NAKASONE, H.Y., Paull, R.E. (1998). *Tropical fruits*. CAB International, Wallingford.
- NETO, D. E. & SILVA, J. G. F. da. Manejo da água no mamoeiro. *Papaya Brasil* 2007.
- NOBEL, P. S. *Physicochemical and Environmental Plant Physiology*. Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of California, Los Angeles California. Academic Press is an imprint of Elsevier (4° Ed.), 2009 p.365-390

- OLIVEIRA, E. B. de. Sistemas de manejo de irrigação para a produção do porta-enxerto tangerineira ‘cleópatra’ (Citrus reshni Hort. ex Tanaka). 2004 (Curso Agronomia) - UNESP – Jaboticabal - SP.
- OLIVEIRA, A.M.G.; A.R.N. FARIAS, H.P. SANTOS FILHO, J.R.P. OLIVEIRA, J.L.L. DANTAS, L.B. dos SANTOS, M. de A. OLIVEIRA, M.T. SOUZA JUNIOR, M.J. SILVA, O.A. de ALMEIDA, O. NICKEL, V.M. MEDINA, and Z.J.M. CORDEIRO. 1994. Mamão para exportação: Aspectos técnicos da produção. Embrapa-SPI, Frupex. Série Publicações Técnicas, 9. Cruz das Almas, BA.
- PEIXOTO, J. R. Efeito da matéria orgânica, do superfosfato simples e do cloreto de potássio na formação de mudas de maracujazeiro azedo (Passiflora edulis f. flavicarpa DENEGER). Lavras, 1986. 101f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras.
- PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. Análise quantitativa do crescimento de comunidade vegetal. Campinas: Instituto Agronômico, 1987. 33p. (Boletim Técnico, 114).
- PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. 13.ed. Piracicaba: Nobel, 1990.
- PIMENTEL, C.; ROSSIELO, R.O.P. Entendimento sobre relações hídricas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL: O MILHO EM PERSPECTIVA, 1995, Belo Horizonte, MG. Anais... EMBRAPA/CNPMS, 1995. v.1. 449p. p.131-146.
- PIMENTEL, C. A relação da planta com a água. Seropédica, RJ: Edur, 48-70 p. 2004
- PIMENTEL, C. Respostas fisiológicas à falta d’água: limitação difusiva ou metabólica? XII Congresso Brasileiro de Fisiologia vegetal. SBFV 2009 In: Nogueira, R. M. C.; Araújo, E. L.; Willadino, L. G.; Cavalcante, U. M. T. Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. (Eds.). Imprensa Universitária UFRPE, Recife, 2005, p.: 13- 21.
- QUEIROZ, T. M. de; CARVALHO, J. de A.; RABELO, G. F.; ANDRADE, M. J. B. Avaliação de sistema alternativo de automação da irrigação do feijoeiro em casa de vegetação. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.3, p.632-641, set./dez. 2005.

- RAMOS, J. D.; CHLFUN, N. N J.; PASQUAL, M., et al. Produção de mudas de plantas frutíferas por semente. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.23, n.216, p.64-72, 2002.
- REIS, F. de O. & CAMPOSTRINI, E. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica potencial em mamoeiro do grupo 'formosa' cultivado em condição de campo. Bragantia, Campinas, v.67, n.4, p.815-822, 2008
- RUGGIERO, C. Mamão. Jaboticabal: FCAV Unesp, 428 p.1988.
- SANCHES, N.F.; DANTAS, J.L.L. O cultivo do mamão. Circular Técnica, 34. EMBRAPA, 105 p., 1999.
- SANTOS, S. A. dos; SILVA, R. F. da; PEREIRA, M. G.; ALVES, E.; MACHADO J. C.; BORÉM, F. M.; GUIMARÃES, R. M.; MARQUES, E. R. Estudos morfo-anatômicos de sementes de dois genótipos de mamão (*Carica papaya* L.). Revista Brasileira de Sementes, vol. 31, nº 2, p.116-122, 2009.
- SARAIVA, K. R.; NASCIMENTO, R. S.; SALES, F. A. DE L.; ARAÚJO, H. F. DE; FERNANDES, C. N. V.; LIMA, A. D.; Produção de mudas de mamoeiro sob doses de adubação fosfatada utilizando como fonte superfosfato simples. Rev. Bras. Agric. Irrigada v. 5, nº. 4, p 376- 383, 2011.
- SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P.C. Handbook of environmental physiology of fruits crops. Boca Raton: CRC press, 1994 p. 1-2.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; HEMINGSEN, E.A.; BRADSTREET, E.D. Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants. Proceedings National Academy of Sciences USA, v. 52, p.119-125, 1964.
- SCHULTZ, HR. 2003. Differences in hydraulic architecture account for near-isohydric and anisohydric behaviour of two field-grown *Vitis vinifera* L. cultivars during drought. Plant, Cell and Environment 26, 1393–1405.
- SECEX/MDIC. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/>>. Acesso em: 20 Dezembro 2010.
- SILVA, R.P. da.; PEIXOTO, J.R.; JUNQUEIRA, N.T.V. Influência de diversos substratos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* DEG). Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal-SP, v.23, n.2, p.377-381, agosto 2001.

- SINGH-SANGWAN, N.; FAROOQI, A. H.A; SINGH-SANGWAN, R. Effect of drought stress on growth and essential oil metabolism in lemongrasses. *New Phytologist*, v. 128, p. 173- 179, 1994.
- SIQUEIRA, T. V. A cultura do mamão: desempenho no período de 1961 – 2002. BNDES Setorial. Rio de Janeiro, n. 18, p. 91-148, set.2003.
- SOUZA, G. DE Características físicas, químicas e sensoriais do fruto de cinco cultivares de mamoeiro (*Carica papaya* L.) produzidas em Macaé-RJ. Campos dos Goytacazes, 1998. 87p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense.
- STAMATO JÚNIOR, Rubens Paulo. Condições meteorológicas e consumo de água por mudas cítricas em ambiente protegido. 2007. 55 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola), Instituto Agronômico de Campinas, São Paulo, 2007.
- STEFANELLO, R.; GARCIA, D. C.; MENEZES, N. L. de; MUNIZ, M. F; B.; WRASSE, C. F. Efeito da luz, temperatura e estresse hídrico no potencial fisiológico de sementes de funcho. *Rev. bras. sementes* [online]. 2006, vol.28, n.2,
- STOCKER, O. 1956. Die Abhängigkeit des transpiration von den unweilfaktoren. Ruhland W, ed. *Encyclopedia of plant physiology*, Vol. 3. Berlin: Springer-Verlag. In: JONES, H.G. 2004. Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 55, No. 407
- SUTCLIFFE, J. 1971. Plants and water. *Studies in Biology* nº 14, Edward Arnold Publ. Ltd, London. In: PIMENTEL,C. A relação da planta com a água. Seropédica, RJ: Edur, 2004 p. 66.
- TAIZ, L.; ZEIGER, G.G. *Fisiologia Vegetal*. Artmed editora, 719p., 2009.
- TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J.G.; YAMANISHI, O.K. Portable chlorophyll meter for the quantification of photosynthetic pigments, nitrogen and the possible use for assessment of the photochemical process in *Carica papaya* L. *Braz. J. Plant Physiol.*, v. 14, p. 203-210, 2002.
- TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; RAMALHO, J. C.; RODRIGUES, A. P. D.; CHAVES, M. M. Respostas de dois genótipos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) submetidos ao estresse hídrico. *Papaya Brasil* – 2005.

- TOSTA, M. DA S.; MENDONÇA, V.; ABREU, N. A. A. DE; SOUZA, H. A. DE; TEIXEIRA, G. A.; RAMOS, J. D. Produção de mudas de mamoeiro com utilização de superfosfato simples. *Papaya Brasil* – 2005
- TRINDADE, A. V.; Oliveira, A.A.R.; Nascimento, A.S.; Oliveira, A.M.G.; Rtzinger, C. H. S. P.; Barbosa, C.J.; Costa, D.C.; Coelho, E. F.; Santos Filho, H.P.; Oliveira, J.R.P. Mamão produção: Aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 77 p. (Frutas do Brasil 3)
- TURNER, N. C. (1981). Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant Soil* 58:339-366.
- TURNER, N. C. 1986. Adaptation to water deficits: a changing perspective. *Austr. J. Plant Physiol.*, 43: 175- 190. In: PIMENTEL,C. A relação da planta com a água. Seropédica, RJ: Edur, 2004
- WINTER, E. J. 1976. A água, o solo e a planta. Traduzido por Reichardt, K. & Libardi, P. L. EDUSP, São Paulo. In: PIMENTEL,C. A relação da planta com a água. Seropédica, RJ: Edur, 2004 p. 66
- YAMANISHI, O. K.; FAGUNDES, G. R.; FILHO, J. A. M.; FILHO, G. V. de. Efeito de diferentes substratos e duas formas de adubação na produção de mudas de mamoeiro *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 26, n. 2, p. 276-279, Agosto 2004.
- YORDANOV, I.; VELIKOVA, V.; TSONEV, T. Plant response to drought, acclimation, and stress tolerance, *Photosynthetica* 38 (2000) 171–186.
- ZHANG, J.; DAVIES, W.J. 1990. Changes of ABA in xylem sap as a function of changing water status can account for changes in leaf conductance and growth. *Plant, Cell and Environment* 13, 277–285.