

RAUL RODRIGUES DE FREITAS JÚNIOR

**COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO DO
MELOEIRO (*Cucumis melo* L.) CULTIVADO NA REGIÃO CENTRAL
DO ESTADO DO TOCANTINS**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

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

T

F866c
2010

Freitas Júnior, Raul Rodrigues de, 1959-
Comparação dos métodos de manejo da irrigação do
meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado na região central do
estado do Tocantins / Raul Rodrigues de Freitas Júnior.
– Viçosa, MG, 2010.
xi, 37f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Rubens Alves de Oliveira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 34-37.

1. Irrigação agrícola - Tocantins. 2. Melão - Irrigação.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

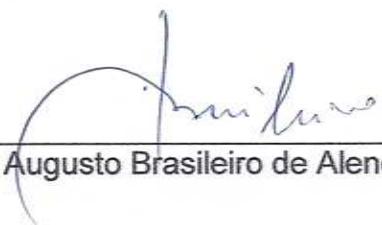
CDD 22.ed. 631.587

RAUL RODRIGUES DE FREITAS JÚNIOR

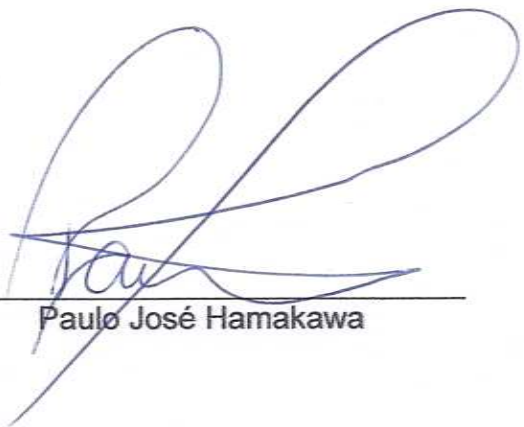
**COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO DO
MELOEIRO (*Cucumis melo* L.) CULTIVADO NA REGIÃO CENTRAL
DO ESTADO DO TOCANTINS**

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


APROVADA: 06 de outubro de 2010.




Carlos Augusto Brasileiro de Alencar



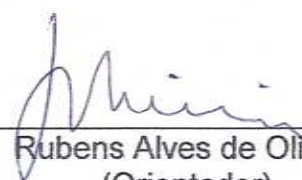
Paulo José Hamakawa



Demetrius David da Silva



Paulo Roberto Cecon
(Coorientador)



Rubens Alves de Oliveira
(Orientador)

Ao meu pai Raul Rodrigues de Freitas (*in memoriam*)
e à minha mãe Maria Aparecida da Silva.
À minha irmã Regina e aos meus irmãos Ricardo e Roberto.

À minha esposa Eliene Gomes dos Santos.
Aos meus filhos Márcio, Murilo, Marlon, Rodrigo, Gabriel, Lucas e Marcos.
Às minhas netas Anali e Gabriela.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela existência.

À minha mãe, pelo amor, pelos ensinamentos e pela dedicação que me é dedicada até hoje.

À minha esposa, pelo amor, pelo carinho, pelo exemplo, pela força e pela paciência durante todo este período de estudo.

Ao Estado do Tocantins, por intermédio de Marcelo Falcão Soares e Stalin Beze Bucar, presidentes do Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS) e da Secretaria da Ciência e Tecnologia, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), pelo apoio dado ao MINTER, pois sem esta infraestrutura não seria possível realizar esta parceria brilhante.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso.

Ao professor Rubens Alves de Oliveira, pelos ensinamentos transmitidos, pelo profissionalismo, pela paciência, pela ética, pela visão de futuro, pelas palavras de incentivo e pela confiança no meu trabalho.

Ao professor Silvestre e Washington do CEULP/ULBRA, pelo apoio e pelos ensinamentos que me ofertaram em Palmas durante o período de trabalho.

Aos professores Antônio Teixeira de Matos, Fernando Falco Pruski, Márcio Mota Ramos, Paulo Roberto Cecon e Antônio Alves Soares, pelos ensinamentos nas disciplinas em sala de aula e trabalhos de campo.

Ao amigo Ednaldo Miranda de Oliveira, pela valiosa contribuição nas correções da dissertação durante minha permanência em Viçosa.

Aos meus amigos e colegas do mestrado, Cristina, Carmine, Cassius, Edivaldo, Flávio, José Geraldo, Pedro, Raul Charlys e Ricardo, pela amizade, pelo apoio, pelo auxílio e pelos bons momentos que passamos juntos.

Enfim, a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

BIOGRAFIA

RAUL RODRIGUES DE FREITAS JÚNIOR, filho de Raul Rodrigues de Freitas e Maria Aparecida da Silva, nasceu em Goiânia, GO, em 05 de agosto de 1959.

Em novembro de 1997, graduou-se em Geografia pela Universidade Estadual do Tocantins, em Porto Nacional, TO. Especializou-se em Planejamento e Gestão Ambiental pela Universidade Estadual do Tocantins em dezembro de 2001.

Em fevereiro de 2008, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em nível de mestrado, da Universidade Federal de Viçosa, via convênio MINTER UFV/ULBRA-TO, na área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais, submetendo-se à defesa da dissertação em setembro de 2010.

Funcionário Público concursado como Professor de Educação Básica no Estado do Tocantins e no Instituto Natureza do Tocantins – Naturatins, com experiência de 15 anos na função de Gestor Ambiental.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. A cultura do melão irrigado	3
2.2. Evapotranspiração	4
2.3. Coeficiente de cultura	6
2.4. Manejo da irrigação	8
2.4.1. Tanque Classe A.....	9
2.4.2. Irrigâmetro.....	11
2.4.3. Balanço hídrico com uso do programa computacional REF-ET.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1. Localização da área experimental	14
3.2. Sistema de irrigação	14
3.3. Tanque Classe A	17
3.4. Irrigâmetro.....	19
3.5. Balanço hídrico com uso do programa computacional REF-ET.....	21

3.6. Produtividade do meloeiro	23
3.7. Análise estatística	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1. Elementos meteorológicos	24
4.2. Uniformidade de emissão	27
4.3. Lâminas de água obtidas nas diferentes metodologias de manejo da irrigação.....	28
4.4. Análise estatística	31
4.5. Produtividade do meloeiro	31
5. CONCLUSÕES	33
REFERÊNCIAS.....	34

RESUMO

FREITAS JÚNIOR, Raul Rodrigues de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2010. **Comparação dos métodos de manejo da irrigação do meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado na região central do Estado do Tocantins**. Orientador: Rubens Alves de Oliveira. Coorientadores: Paulo Roberto Cecon e Washington Luiz Carvalho Lima.

Esta pesquisa foi conduzida na área experimental do Pólo de Fruticultura Irrigada São João, localizada no município de Porto Nacional, TO, no período de agosto a outubro de 2008. O objetivo foi avaliar a tecnologia do irrigâmetro aplicada no manejo da irrigação do meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado no Estado do Tocantins, comparativamente aos métodos do tanque Classe A e do balanço hídrico com uso do programa computacional REF-ET. A cultura do melão foi plantada em uma área de 0,5 ha, cujo solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo. Amostras de solo foram retiradas na camada de 0 a 20 cm de profundidade para determinação de suas características físico-hídricas, para fins de ajuste do irrigâmetro. A cultura foi irrigada por um sistema de irrigação por gotejamento dotado de emissores espaçados de 0,30 m ao longo da linha lateral. O sistema de irrigação foi previamente avaliado para se obter a uniformidade de distribuição de água e a sua intensidade de aplicação. Essa avaliação foi utilizada no ajuste da régua

temporal que equipa o irrigâmetro e no cálculo da lâmina total de irrigação a ser aplicada com base nos demais métodos de manejo utilizados nesta pesquisa. O plantio do melão foi realizado com semeadura em covas espaçadas de 0,30 m, fazendo-se o desbaste 13 dias após a emergência, deixando uma muda por cova, de modo a se obter uma população em torno de 8.760 plantas por hectare. Os resultados obtidos permitiram concluir que: a) o irrigâmetro e o tanque Classe A superestimaram a evapotranspiração da cultura do meloeiro comparativamente ao método do balanço hídrico com uso do programa computacional REF-ET; e b) no irrigâmetro deve-se estabelecer o nível de água no evaporatório no valor contido na metade inferior da faixa recomendada, para as diversas fases de desenvolvimento da cultura do meloeiro, a fim de compensar a redução da evapotranspiração da cultura, pela diminuição da área molhada ou sombreada.

ABSTRACT

FREITAS JÚNIOR, Raul Rodrigues de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2010. **Comparison of the irrigation management methods for the melon plant (*Cucumis melo* L.) cultivated in central Tocantins State.** Adviser: Rubens Alves de Oliveira. Co-advisers: Paulo Roberto Cecon and Washington Luiz Carvalho Lima.

This work was carried out at the experimental area of São João Fruitculture Center in Porto Nacional, TO, from August to October 2008, to evaluate the irrigameter technology, applied for the irrigation management of the melon plant (*Cucumis melo* L.) cultivated in the state of Tocantins, compared to the methods Class A tank and hydric balance, using the computational program REF-ET. The melon culture was sown in an area of 0.5 ha, whose soil is classified as Red-Yellow Latosol. Soil samples were taken from the 0-20 cm depth layer to determine their physical-hydric characteristics, aiming at irrigameter adjustment. The culture was irrigated by a drip irrigation system with 0.30 m spaced emitters along the lateral line. The irrigation system was previously evaluated to obtain water distribution uniformity and application intensity. This evaluation was used to adjust the temporal rule of the irrigameter and the calculus of total amount of irrigation to be applied based on the other management methods used in this research. The melon culture was sown in 0.30 m spaced holes, with thinning being conducted 13 days after

emergence, leaving one seedling per hole, to obtain a population of around 8.760 plants per hectare. The results obtained allowed concluding that: a) the irrigameter and Class A tank overestimated the evapotranspiration of the melon plant culture compared to the hydric balance method, using the computer program REF-ET; and b) in the irrigameter, the evaporatory water level must be established at the value corresponding to the inferior half of the recommended rate, for the several developmental phases of the melon plant culture, in order to offset the culture's evapotranspiration reduction by decreasing the wet or shaded area.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada é uma das atividades humanas que mais consome água. No entanto, na maioria das situações encontradas nas propriedades agrícolas, as irrigações têm sido feitas sem considerar as recomendações técnicas adequadas, podendo ocasionar baixa produtividade da cultura e qualidade inferior do produto, e ainda estar associadas ao desperdício dos recursos hídricos e de energia.

Para atender a demanda futura de alimentos e a crescente competição por água, é importante a utilização mais eficiente da água na agricultura irrigada.

O uso da água na agricultura é dependente da interação dos elementos meteorológicos, que determinam a evapotranspiração e a contribuição de água da chuva para as culturas. A coleta e o tratamento dos dados e a análise de informações meteorológicas constituem uma estratégia para otimizar o uso da água na produção agrícola e para a adoção de práticas eficazes de gestão da água na agricultura (SMITH, 2000).

Segundo Smith (2000), na década de 1970, a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) desenvolveu procedimentos práticos para estimativa das necessidades hídricas das culturas e suas respostas ao estresse hídrico, que se tornaram amplamente aceitas no planejamento e na gestão da agricultura irrigada.

Existem várias metodologias que podem ser utilizadas no manejo da irrigação, sendo a escolha de uma delas determinada pelo poder aquisitivo e pelo nível tecnológico do produtor agrícola.

O manejo da irrigação está inserido no processo de maximização da produção agrícola como agente regulador no momento de realizar uma irrigação, sendo decisivo na avaliação de quanto aplicar de água e quando irrigar as culturas.

Nesse contexto, desenvolveu-se na Universidade Federal de Viçosa (UFV) o irrigâmetro, um equipamento que pode ser ajustado para estimar diretamente a evapotranspiração da cultura, em qualquer estágio de desenvolvimento, para ser usado no manejo da irrigação. Ele combina o método de estimativa da evapotranspiração com a disponibilidade de água no solo para a cultura. É um aparelho que fornece diretamente o momento adequado de irrigar e o tempo de funcionamento ou a velocidade de deslocamento do sistema de irrigação, sendo de fácil manuseio e interpretação.

Contin (2008) comparou os métodos do irrigâmetro, tanque Classe A e balanço hídrico com uso dos programas computacionais REF-ET e Irriplus, usados no manejo da irrigação da cultura do feijão. A altura do evaporatório do irrigâmetro, de 2,5, 3,5 e 4,5 cm foi recomendada para os estádios de desenvolvimento I, II e III, respectivamente, como adequados para a estimativa da evapotranspiração da cultura do feijoeiro para fins de manejo da irrigação nas condições climáticas de Viçosa, MG.

Por se tratar de uma nova tecnologia para manejo da irrigação, há a necessidade de desenvolvimento de pesquisas regionais em culturas exploradas em condições edafoclimáticas diferentes, para maior conhecimento do desempenho do aparelho. Neste contexto, no presente trabalho objetivou-se comparar diferentes métodos de manejo da irrigação aplicados na cultura do melão (*Cucumis melo* L.), utilizando-se o irrigâmetro, o método do tanque Classe A e a estimativa da evapotranspiração através do programa computacional REF-ET, nas condições climáticas de Porto Nacional, TO.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do melão irrigado

A produção mundial de melão atingiu 26 milhões de toneladas em 2007, tendo como principal produtor a China, que concentra quase 50% da oferta global. Os demais países produtores têm uma oferta bem distribuída, com destaque para Turquia (7,1% da produção mundial), Irã (5,2%), Estados Unidos (4,9%) e Espanha (4,3%). Ao longo dos triênios 1995/97 e 2003/05, a produção mundial cresceu 52% e os países que mais contribuíram para esse incremento foram a China (138%), Irã (90%), Marrocos (77%) e Brasil (50,3%). Nesse período, a produção brasileira cresceu, mas a partir de uma base ainda pequena, se considerados os demais países produtores, elevando-se de 122 mil para 183 mil toneladas, no triênio 2003/05 (KUPFER et al., 2009).

Os principais países exportadores de melão, em termos de quantidade comercializada, no triênio de 2003/05, foram a Espanha (21,7% do comércio mundial), principal fornecedor da União Européia, Costa Rica (13,2%), que divide suas exportações entre Europa e Estados Unidos, Estados Unidos (9,8%), Honduras (9,6%) e o Brasil (9%).

O destaque fica para a Guatemala que produziu 218 mil toneladas em 2005 e assumiu a terceira posição entre os maiores exportadores, com um incremento de 428% entre 2001 e 2005. Um aspecto interessante é que países como a Guatemala, Honduras, Costa Rica e o Brasil não são grandes

consumidores de melão, tendo percentuais acima de 70% da sua produção voltados para exportação.

As exportações de melão do Brasil são realizadas por grandes empresas, as quais possuem estruturas adequadas para atender o mercado internacional da fruta. O calendário de exportações se concentra entre agosto e dezembro, sendo que nos demais meses a Espanha apresenta preços mais competitivos no mercado Europeu. No entanto, no Brasil existem empresas que investiram na verticalização da cadeia de fornecimento e na capacidade de produção de melão ao longo de todo o ano.

O melão do tipo *Amarelo* é o mais resistente ao transporte e ao armazenamento em temperatura ambiente. Isso se reflete na opção de cultivo pelos produtores por este tipo, chegando a ocupar cerca de 70% da área cultivada no país, embora tenha se observado crescimento da área cultivada com melões dos tipos *Cantaloupe*, *Gália*, *Orange* e *Charentais* na safra de 2002. Esses melões atendem as preferências de consumidores mais exigentes, porém necessitam de maiores cuidados no manejo cultural e na pós-colheita, principalmente em relação à cadeia de frio.

A cultura do meloeiro é bastante exigente em água e seu suprimento deve ser feito na época adequada, visando altos rendimentos e frutos de boa qualidade, não sendo muito tolerante à umidade elevada, nem à presença constante de água nas hastes e folhas.

A frequência de irrigação do meloeiro e a lâmina de água a ser aplicada variam com o tipo de solo, as condições climáticas, a variedade e o estágio de desenvolvimento da cultura. Dessa forma, em solos arenosos recomenda-se que a irrigação seja diária ou feita até duas vezes ao dia, ao passo que em solos argilosos, a lâmina de água pode ser aplicada de uma só vez, a cada dois dias. (AGRIANUAL, 2009)

2.2. Evapotranspiração

A evapotranspiração e a precipitação efetiva são os parâmetros mais importantes para o cálculo da necessidade de irrigação. A evapotranspiração inclui a evaporação da água do solo, a evaporação da água depositada nas folhas, que pode ter origem no orvalho ou irrigação, e a transpiração vegetal.

A evapotranspiração da cultura (ET_c) depende do clima, do estágio de desenvolvimento da planta, das características físico-hídricas do solo, da fertilidade do solo e de práticas culturais.

O consumo de água envolvido no processo de evapotranspiração é influenciado por diversos fatores, entre eles, a ação combinada dos elementos meteorológicos como radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento, o grau de sombreamento do dossel vegetal e a quantidade de água prontamente disponível no solo (DOORENBOS; PRUITT, 1977; MEDEIROS, 2002). De maneira geral, as taxas de evaporação e de transpiração aumentam com a maior disponibilidade de energia solar, maior temperatura do ar, maior velocidade do vento e menor umidade relativa.

A determinação do consumo de água de uma cultura é de fundamental importância no contexto agrícola e ambiental, podendo ser obtida a partir de medidas efetuadas no solo, na planta e na atmosfera. Os métodos baseados em medidas do solo se fundamentam na determinação do seu teor de água. Os que utilizam medidas na planta consideram o monitoramento do seu potencial hídrico e avaliações da resistência estomática da temperatura da folha, dentre outros. Já os métodos baseados no clima consideram desde simples medições da evaporação da água num tanque, como o Classe A, até complexas equações para estimativa da evapotranspiração (ROCHA et al., 2003). A estimativa da evapotranspiração tem sido mais usada por causa da sua maior praticidade e da menor exigência de mão-de-obra no manejo da irrigação.

No segmento das recomendações de um painel de técnicos de alto nível convocado em 1990, estudos realizados levaram ao desenvolvimento de novos procedimentos para a determinação ou estimativa da evapotranspiração de referência. Os novos procedimentos e orientações foram publicados no Boletim 56 da FAO e incluiu a adoção do método de Penman-Monteith como o padrão para a determinação da evapotranspiração de referência (ET₀).

A evapotranspiração de referência é a evapotranspiração de uma cultura hipotética com dossel de cobertura total do solo, sem restrições hídricas ou nutricionais, com altura média de 12 cm, albedo de 0,23 e resistência da superfície de 70 s m⁻¹. A equação de Penman-Monteith foi adotada como método padrão para a estimativa da ET₀.

A equação de Penman-Monteith, proposta por Allen et al. (1998), é baseada numa formulação teórica de conceitos físicos que governam a troca de energia e o seu fluxo de calor latente. Apresenta estimativa confiável e consistente, sendo considerada a de melhor desempenho entre os métodos combinados.

Métodos diretos e indiretos também são utilizados na determinação da evapotranspiração (BERNARDO et al., 2006). Como métodos diretos, os autores citam o método dos lisímetros, das parcelas experimentais e o de controle da umidade do solo; como métodos indiretos, descrevem os evaporímetros e as equações baseadas em dados experimentais.

2.3. Coeficiente de cultura

O coeficiente de cultura (K_C) relaciona a evapotranspiração de determinada cultura com a evapotranspiração de referência em condições ótimas de umidade, fertilidade e sanidade, em seus diferentes estádios de seu desenvolvimento. Contudo, quando as condições de campo diferem dessas condições, coeficientes de correção são necessários para o ajuste da ET_C , tais como o coeficiente de déficit de umidade no solo (K_S) e o de localização da irrigação (K_L), os quais refletem o efeito das condições ambientais e do manejo da irrigação no campo (ALLEN et al., 1998).

Mendonça et al. (2003) destacam que o uso adequado de coeficientes de cultura associados a estimativas de evapotranspiração de referência se constituem nas principais informações necessárias para o manejo racional da irrigação para fins de planejamento do uso da água.

O coeficiente de cultura varia com o tipo de cultura e a sua fase de desenvolvimento, com as condições climáticas e com os tratos culturais, sendo que, para fins práticos de manejo da água de irrigação, são considerados quatro estádios de desenvolvimento da cultura (ALLEN et al., 1998):

- I – Estádio Inicial: começa no plantio e estende-se até, aproximadamente, quando a planta cobre 10% da superfície do solo;
- II – Estádio de crescimento: inicia-se no final do primeiro estágio até 80% de cobertura do solo ou início do florescimento;

III – Estádio intermediário: após 80% de cobertura do solo ou do início do florescimento até o início da maturação; e

IV – Estádio final: compreende o período desde o início da maturação até a colheita ou senescência completa.

Silveira e Stone (2004) citam que variações entre os valores de K_C podem ocorrer entre diferentes cultivares ou mesmo com a utilização de práticas culturais diferenciadas.

Segundo Medeiros et al. (2004), o K_C é um parâmetro relacionado aos fatores ambientais e fisiológicos das plantas devendo, preferencialmente, ser determinado para as condições locais nas quais será utilizado; todavia, sua determinação sob condições de campo exige um grande esforço de pessoal técnico, equipamentos e altos custos, em virtude da quantidade de informações, controles e monitoramentos necessários ao balanço hídrico em uma área irrigada.

Os valores de K_C são determinados pela equação:

$$K_C = \frac{ET_c}{ET_0} \quad (1)$$

em que ET_C é evapotranspiração da cultura, mm d^{-1} ; e ET_0 , evapotranspiração de referência, mm d^{-1} .

Os valores de K_C são determinados diariamente em trabalhos realizados no campo e unidades experimentais e agrupados no intervalo de dias de cada estágio de desenvolvimento, sendo que o valor médio para cada estágio de desenvolvimento representa o K_C para as condições daquela cultura e para a região onde foi determinada.

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2001), vários pesquisadores trabalharam para determinação dos coeficientes de cultivo (K_C) do melão, nas suas diferentes fases de desenvolvimento. Alguns utilizaram tanque Classe A e balanço hídrico (SILVA et al., 1981; SANTOS, 1985); outros, lisímetros de drenagem (RODRIGUES; SOUSA, 1998; PINHEIRO et al., 2000); e, também, lisímetros de pesagem com balança eletrônica de precisão (MIRANDA et al., 1999). Marouelli et al. (1994) trabalharam com adaptações de valores de K_C determinados fora do país.

Na Tabela 1 encontram-se valores de K_C para os diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do melão, obtidos por esses autores.

Tabela 1 – Valores de K_C para a cultura do melão, obtidos por diversos pesquisadores

Fontes	Fases				Média
	I	II	III	IV	
Silva et al. (1981)	-	0,52	0,52	0,39	
Santos (1985)	-	-	-	-	0,82
Marouelli et al. (1994)	0,40 a 0,49	0,70 a 0,80	0,95 a 1,05	0,65 a 0,75	
Rodrigues e Sousa (1998)	0,52	0,88	1,13	0,91	
Miranda et al. (1999)	0,21	0,21 a 1,21	1,21	0,98	
Pinheiro et al. (2000)	0,68	0,82	1,51	-	

2.4. Manejo da irrigação

A adoção da irrigação tem sido utilizada para solucionar o problema de déficit hídrico das culturas, visando o aumento da produtividade e da renda do produtor rural. Muitas vezes essa técnica é usada sem seguir as recomendações apropriadas, o que ocasiona baixa produtividade e produtos de qualidade inferior, com uso inadequado dos recursos hídricos.

A produção de melão oriunda de pólos de irrigação tem apresentado incremento significativo na pauta de exportação dos estados nordestinos, que respondem por 92% da produção nacional, com os estados do Rio Grande do Norte e Ceará concentrando 66,7% e os Estados da Bahia e Pernambuco (região do baixo médio São Francisco) com 32,4% (COCOZZA, 1997). O pólo agrícola Mossoró-Açú-Baixo Jaguaribe, no Rio Grande do Norte e Ceará, principal pólo produtor e exportador de melão, apresenta produtividade em torno de 22 t ha⁻¹, com produtos de excelente aceitação no mercado internacional. Não obstante, o manejo dos recursos hídricos não prioriza economia de água, fato comprovado pela grande variação na dotação de rega

para a cultura, de 5 a 13 mm d⁻¹ (ALVES et al., 1995), com perdas, tanto na produtividade da cultura como na aplicação de água.

Apesar da disponibilidade de várias metodologias utilizáveis para o manejo da irrigação, a grande maioria dos produtores não adotava essa prática em suas propriedades (ESPINDULA NETO, 2002). Os baixos custos da água de irrigação comparativamente ao custo de implantação de um programa de manejo e gerenciamento da irrigação, bem como a dificuldade na quantificação da redução na produtividade e rentabilidade devido ao atraso na irrigação, à fertilização imprópria e irrigação excessiva têm contribuído para tal fato.

O principal objetivo da irrigação é promover aumento de produtividade e conseqüente aumento de rentabilidade na propriedade agrícola, isto é, garantir que o incremento nos rendimentos sejam maiores que a adição de custos. Porém, os riscos do uso dessa tecnologia devem ser criteriosamente analisados, visto que a irrigação vai muito além da aplicação de água ao sistema produtivo agrícola, pois a agricultura irrigada se torna um novo sistema de produção que deve ser tratado de maneira diferenciada, onde o aumento da produtividade e rentabilidade da propriedade agrícola só ocorrerá se houver uma interação entre os diferentes componentes do sistema produtivo (SANTOS, 2004).

A seguir, são descritas algumas metodologias utilizadas no manejo da irrigação na agricultura irrigada.

2.4.1. Tanque Classe A

Este método mede o efeito integrado da radiação, velocidade do vento, temperatura e umidade relativa sobre a evaporação de uma superfície de água livremente exposta à atmosfera.

Segundo Sedyama (1996), o maior uso do tanque Classe A é devido à sua praticidade e aos baixos custos de instalação e manutenção. De acordo com Smith (1991), quando bem conduzido, esse método oferece resultados confiáveis na determinação da evapotranspiração potencial.

O tanque Classe A é um evaporímetro de dimensão circular, com 1,21 m de diâmetro por 0,254 m de altura e construído em chapa galvanizada número 22. É instalado no solo sobre um estrado de madeira de 0,10 x 0,05 x

1,24 m, nivelado sobre o terreno. O tanque Classe A é cheio com água limpa até 5 cm da borda superior onde é permitido um nível mínimo de água de 7,5 cm, a partir da borda, ou seja, a cada 25 mm de evaporação deve-se restaurar o volume do tanque. Sua operação é bastante simples e a variação do nível da água é medida com uma ponta em forma de gancho, assentada num poço tranqüilizador, sendo a precisão da medida de cerca de 0,02 mm.

A leitura do nível de água é realizada diariamente e a diferença entre leituras corresponde à evaporação no período considerado. Porém, os processos de evaporação da água livre no tanque e a evapotranspiração potencial da cultura são semelhantes apenas nos seus aspectos físicos. Para a conversão da evaporação em evapotranspiração potencial, coeficientes específicos dependentes do clima e da bordadura circundante são utilizados (DOORENBOS; PRUITT, 1977), de acordo com a equação:

$$ET_0 = K_t E_v \quad (2)$$

em que ET_0 é evapotranspiração potencial, mm d^{-1} ; K_t , coeficiente do tanque, adimensional; e E_v , evaporação medida no evaporímetro, mm d^{-1} .

O valor de K_t varia com as condições da área circundante do tanque, ou seja, tamanho e natureza da área de bordadura, condições de umidade relativa do ar e velocidade do vento. O coeficiente do tanque Classe A em superfície coberta com grama foi ajustado por Allen e Pruitt (1991), expresso pelo modelo:

$$K_t = 0,108 - 0,00031U_2 + 0,0422 \ln(\text{bordadura}) + 0,1434 \ln(\text{URmed}) - 0,000631 [\ln(\text{bordadura})]^2 \ln(\text{URmed}) \quad (3)$$

em que U_2 é velocidade do vento a 2 m de altura (m s^{-1}); e URmed, umidade relativa média diária (%).

Deve-se levar em consideração que a evapotranspiração potencial determinada com uso do tanque Classe A apresenta uma adequada precisão no manejo da irrigação por períodos de, no mínimo, cinco dias. Outro ponto importante é seguir corretamente as recomendações de construção do tanque,

principalmente no que se refere ao tipo de metal utilizado. A utilização de metal não recomendado pode proporcionar um erro de até 30% na estimativa da evapotranspiração potencial (BERNARDO et al., 2006).

2.4.2. Irrigâmetro

O irrigâmetro foi desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (UFV), detentora do registro de sua patente, objetivando ser uma ferramenta prática no manejo da água de irrigação. O irrigâmetro combina o método de estimativa da evapotranspiração com a disponibilidade de água no solo para a cultura. É um aparelho evapopluviométrico que fornece diretamente o momento de irrigar e o tempo de funcionamento ou a velocidade de deslocamento do sistema de irrigação, de maneira simplificada, precisa e com custo reduzido, permitindo efetuar o cômputo da efetividade da chuva no manejo da irrigação. Estando o irrigâmetro ajustado para as condições de solo, cultura e equipamento de irrigação, o manejo da água é conduzido sem a necessidade de cálculos, sendo utilizado um equipamento para cada cultura em exploração (OLIVEIRA; RAMOS, 2008).

O irrigâmetro possui três escalas:

- a) escala laminar – graduada no próprio tubo de alimentação do aparelho, que possui a função de medir a lâmina de água evaporada, estimando diretamente a evapotranspiração da cultura;
- b) escala da régua de manejo – sem graduação, possui quatro faces e em cada uma delas, quatro faixas verticais de cores: azul, verde, amarela e vermelha. A sua função é indicar a necessidade de irrigação; e
- c) escala da régua temporal ou percentual graduada em horas e minutos ou em percentagem. A régua temporal indica o tempo de funcionamento, no caso de aspersão convencional ou localizada, e a régua percentual indica a velocidade de deslocamento do sistema de irrigação, no caso de pivô central ou sistema linear.

Na régua de manejo, as quatro faixas coloridas são indicadoras do momento de irrigar a cultura. Quando o nível da água no interior do tubo de alimentação se encontra na direção da faixa azul ou da faixa verde, é indicativo de alta e boa disponibilidade de água no solo, respectivamente, não havendo

necessidade de irrigar a cultura. Na direção da faixa amarela, é recomendável irrigar e caso o nível de água abaixe a ponto de atingir a faixa vermelha, o irrigômetro estará indicando ao produtor que o momento da irrigação já passou, podendo ocorrer redução da produtividade da cultura que está sendo irrigada.

A estimativa do consumo de água das culturas pelo irrigômetro em seus diferentes estádios de desenvolvimento se baseia na variação do nível da água no evaporatório do equipamento. Na fase inicial de desenvolvimento (fase I), o nível da água no evaporatório é o mais baixo, em razão do menor consumo de água da cultura nesse período. A fase de florescimento e enchimento dos grãos (fase III) se caracteriza pelo maior consumo de água pela cultura durante o ciclo, sendo o nível de água no evaporatório o mais alto. Experimentos anteriores predeterminaram os níveis de água mais adequados aos diferentes estádios de desenvolvimento das culturas, calibrando o equipamento para seu uso nas condições de Viçosa, MG (TAGLIAFERRE et al., 2006).

2.4.3. Balanço hídrico com uso do programa computacional REF-ET

O balanço hídrico se caracteriza pela contabilização da entrada e saída de água de um sistema. No caso da cultura, o balanço hídrico permite estabelecer a variação do armazenamento da água no solo e sua disponibilidade para as plantas. Conhecendo-se a capacidade que o solo possui de armazenar água, é possível estabelecer um controle da umidade do solo, determinando-se, dessa forma, o momento adequado de se proceder a irrigação e a lâmina de água a ser aplicada.

No caso do uso de estação meteorológica automática com sensores que fornecem os valores de radiação solar, velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do ar, a evapotranspiração é calculada com base nesses elementos meteorológicos através de equações apropriadas. A utilização da estação meteorológica automática envolve a aquisição da estação, do computador e do programa computacional, além da manutenção periódica, assistência técnica especializada e certo conhecimento técnico do irrigante. Por estar associado a elevados custos para o produtor, o uso da estação meteorológica automática, para a realização do balanço hídrico diário, torna-se

impraticável para a maioria dos produtores que trabalha no âmbito da agricultura irrigada no Brasil, principalmente na agricultura familiar.

Segundo Tagliaferre (2006), o uso de estações meteorológicas para a estimativa da ETo a partir de equações físico-matemáticas como a de Penman-Monteith FAO 56, são precisas, fornecendo medidas em tempo quase real. Porém, apresentam a desvantagem de serem onerosas e dependentes de uso de programas computacionais, além de apresentarem problemas na calibração dos seus sensores. O mesmo autor complementa que a medida da evaporação da água nos tanques, como o tanque Classe A, é um método de custo acessível para a estimativa da evapotranspiração potencial (ETp). No entanto, a influência da transferência de calor da parede do tanque para a massa de água por efeito da incidência da radiação solar tem sido pouco estudada no processo de evaporação, assim como o nível adequado da água dentro do tanque, necessitando-se, também, de cálculos para a obtenção da ETp a partir da lâmina evaporada.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da área experimental

O estudo foi conduzido no Projeto São João, situado no município de Porto Nacional, região central do Estado do Tocantins. O projeto está situado a 10°29'15"S e 48°20'45"O, numa altitude média de 245 m, ficando a 28 km de Palmas, capital do Tocantins. O experimento foi conduzido por três meses, dentro de uma área de 0,5 hectare, com topografia suave (Figuras 1 e 2).

3.2. Sistema de irrigação

A área experimental foi cultivada com melão, plantado no espaçamento 0,30 m x 2,70 m e irrigado por gotejamento.

O sistema de irrigação foi constituído por dois setores, possuindo cada um deles 24 pares de linhas laterais com 73 m de comprimento. Ao longo de cada fileira de plantas foi instalada uma linha lateral com gotejadores espaçados de 0,30 m. A vazão média dos gotejadores foi 1,75 L h⁻¹, com intensidade de aplicação média de 2,15 mm h⁻¹.



Figura 1 - Vista aérea do local onde foi conduzido o experimento.



Figura 2 - Vista da área experimental.

A uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação por gotejamento foi avaliada medindo-se a vazão de nove emissores das linhas laterais, 1, 12 e 24, localizados nas posições 1, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 ao longo de cada linha lateral (Figura 3).

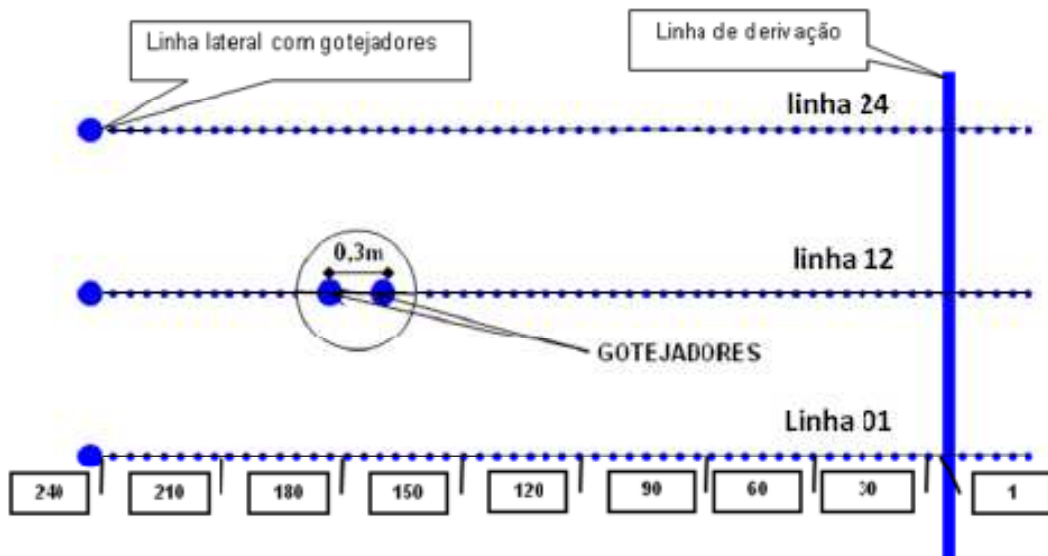


Figura 3 - Esquema mostrando a identificação das linhas laterais e das posições dos emissores avaliados no sistema de irrigação.

Posteriormente, calculou-se o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), aplicando-se as equações 4 e 5, respectivamente.

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \bar{X}} \right) \quad (4)$$

em que CUC é coeficiente de uniformidade de Christiansen (%); X_i , precipitação no pluviômetro de ordem i (mm); \bar{X} , média aritmética das precipitações (mm); e n , número de gotejadores.

$$CUD = 100 \frac{\bar{x}}{\bar{X}} \quad (5)$$

em que CUD é coeficiente de uniformidade de distribuição (%); \bar{x} , média de $\frac{1}{4}$ das vazões com menores valores ($L h^{-1}$); e \bar{X} , vazão média dos emissores amostrados ($L h^{-1}$).

3.3. Tanque Classe A

Nesta pesquisa foi utilizado o Tanque Classe A instalado na Estação Meteorológica de Palmas, TO (Figura 4).



Figura 4 – Tanque Classe A utilizado no experimento.

As leituras de evaporação no tanque Classe A foram realizadas diariamente às 9 horas.

A evapotranspiração da cultura estimada com uso do tanque Classe A foi calculada com aplicação da equação:

$$ET_c = E_v K_t K_c K_L K_s \quad (6)$$

em que E_v é evaporação medida no evaporímetro (mm d^{-1}); K_t , coeficiente do tanque (adimensional); K_c , coeficiente da cultura (adimensional); K_L , coeficiente de localização (adimensional); e K_s , coeficiente de déficit de umidade no solo (adimensional).

O coeficiente do tanque Classe A foi calculado diariamente aplicando-se a Equação 3. Os valores de K_c utilizados foram os recomendados por Rodrigues e Souza (1998), apresentados na Tabela 1.

No cálculo do coeficiente de localização (K_L) foi aplicada a equação de Keller e Bliesner (MANTOVANI et al., 2009), apresentada a seguir.

$$K_L = 0,1 \sqrt{P} \quad (7)$$

em que P é o maior valor da percentagem da área molhada ou sombreada.

Na avaliação da cultura do melão, a largura da faixa molhada resultou numa percentagem de área molhada de 18,5%, para o espaçamento entre emissores e o espaçamento entre linhas laterais utilizados no experimento.

Esta porcentagem de área molhada foi usada no cálculo do K_L para o estágio de desenvolvimento I, que resultou num valor de K_L igual a 0,43.

No estágio de desenvolvimento III calculou-se o K_L com base na percentagem de área sombreada de 50%, o que resultou em um valor de K_L igual a 0,71. No estágio de desenvolvimento II foi utilizado um valor médio de K_L igual a 0,57.

O valor do coeficiente de déficit de umidade no solo (K_s) foi considerado igual à unidade por se tratar de irrigação de alta frequência.

3.4. Irrigâmetro

A estimativa da evapotranspiração da cultura do meloeiro, em seus diferentes estádios de desenvolvimento, foi obtida no irrigâmetro através da variação do nível da água no evaporatório do aparelho. O nível de água mais baixo, foi utilizado na fase inicial de desenvolvimento (estádio I), que se caracteriza pelo menor consumo de água, passando pelo nível intermediário na fase de desenvolvimento vegetativo, até o nível mais alto, na fase de florescimento e crescimento dos frutos do melão (estádio III), que se caracteriza pelo maior consumo de água pela cultura durante o ciclo.

Oliveira e Ramos (2008) recomendam que o nível de água no Evaporatório seja estabelecido para cada fase de desenvolvimento da cultura de acordo com os valores apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores do nível de água no evaporatório de acordo com as fases de desenvolvimento da cultura.

Fase de desenvolvimento da cultura*	Face da régua de manejo	Faixa de valores do nível de água no evaporatório (cm)	Nível recomendável** (cm)
Germinação	G	1,0 a 2,5	2,0
1	1	1,5 a 3,0	2,5
2	2	2,5 a 4,0	3,5
3	3	3,5 a 5,0	4,5
4	3	2,5 a 3,5	3,0

*Germinação – do plantio até a emergência; Fase I – da emergência até 10% de cobertura do solo; Fase 2 – de 10% a 80% de cobertura do solo ou até início do florescimento; Fase 3 – após 80% de cobertura do solo ou do início do florescimento até o início da maturação; Fase 4 – do início da maturação até a colheita.

**O desenvolvimento de pesquisas regionais poderá indicar ajustes nos valores acima. Em geral, na época fria do ano, recomenda-se estabelecer o nível de água no Evaporatório com valor contido na metade inferior de cada faixa para a fase respectiva. Por outro lado, na época quente do ano, recomenda-se usar um valor contido na metade superior da faixa. Caso ocorra superestimativa da evapotranspiração, deve-se reduzir um pouco o nível da água dentro do Evaporatório. Isto é feito com ligeira elevação do Evaporatório. No entanto, se for observada subestimativa da evapotranspiração, deve-se aumentar o nível da água no Evaporatório, abaixando-o.

O irrigâmetro utilizado na condução do manejo da irrigação da cultura do melão foi instalado próximo à área experimental (Figura 5). Na estimativa da evapotranspiração da cultura foram adotadas as alturas do nível da água do evaporatório iguais a 2,0, 3,0 e 4,0 cm, nos estádios de desenvolvimento I, II e III, respectivamente. Estas alturas ficaram 0,5 cm abaixo do nível recomendável, por ser uma região com umidade relativa do ar baixa e com maior velocidade do vento.



Figura 5 - Irrigâmetro utilizado no experimento.

As leituras no irrigâmetro foram feitas diariamente entre 17 e 18 horas, ao longo do período experimental. O momento de irrigar foi observado na régua de manejo, quando o nível da água no tubo de alimentação se encontrava na direção da faixa amarela, indicando diretamente a estimativa da lâmina de água deficitária no solo. O nível da água no tubo de alimentação também indicava diretamente o tempo de irrigação na régua temporal do irrigâmetro.

As régua de manejo e temporal que equiparam o irrigâmetro foram previamente selecionadas de acordo com o tipo de cultura e com as características físico-hídricas do solo da área experimental, e com o resultado da avaliação do sistema de irrigação por gotejamento.

A régua de manejo foi selecionada de acordo com a classe de sensibilidade da cultura ao déficit hídrico e com a disponibilidade total de água no solo, cujo valor deve ser expresso com uma casa decimal (OLIVEIRA; RAMOS, 2008).

Na área experimental foram coletados amostras de solo para determinação da capacidade de campo, do ponto de murcha permanente e da sua densidade. Na análise físico-hídrica do solo foram obtidos valores de capacidade de campo e de ponto de murcha permanente iguais a 15,47 e 8,02% em peso, respectivamente, e densidade do solo igual a 1,14 g cm⁻³. De posse destes dados calculou-se a disponibilidade total de água no solo por meio da seguinte equação:

$$DTA = \frac{(Cc - Pm)}{10} Ds \quad (8)$$

em que DTA é disponibilidade total de água no solo (mm cm⁻¹); Cc, capacidade de campo (% em peso); Pm, ponto de murcha permanente (% em peso); e Ds, densidade do solo (g cm⁻³).

A densidade do solo foi determinada pelo método do tubo de PVC, recomendado por Oliveira e Ramos (2008).

O valor obtido de DTA foi 0,85 mm cm⁻¹, resultando na seleção do modelo CS 0.8 da régua de manejo do irrigâmetro, de acordo com a recomendação de Oliveira e Ramos (2008), uma vez que é classificado como cultura sensível de acordo com sua sensibilidade ao déficit hídrico.

3.5. Balanço hídrico com uso do programa computacional REF-ET

Os elementos meteorológicos diários foram obtidos, durante todo o período experimental, na estação meteorológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), localizada em Palmas, TO, na latitude de 10°19'08"S,

longitude de 48°30'19"O e altitude de 280 metros (Figura 6). Esta estação está cerca de 32 km de distância do local do experimento.



Figura 6 – Estação meteorológica do INMET em Palmas.

A evapotranspiração de referência (ET_0) foi calculada a partir de dados diários de temperatura máxima, mínima e média, umidade relativa média, velocidade média do vento e insolação, obtidos na estação meteorológica.

A ET_0 foi obtida com uso do programa computacional REF-ET (ALLEN, 2000), aplicando-se a equação de Penman-Monteith FAO 56 (ALLEN et al., 1998).

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (9)$$

em que ET_0 é evapotranspiração de referência (mm d^{-1}); R_n , saldo de radiação na superfície da cultura ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$); G , densidade do fluxo de calor do solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$); T , temperatura do ar média diária a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$); u_2 , velocidade

do vento a 2 m de altura (m s^{-1}); e_s , pressão de vapor de saturação (kPa); e_a , pressão parcial de vapor (kPa); $e_s - e_a$, déficit de pressão de vapor de saturação (kPa); Δ , declividade da curva de pressão de vapor ($\text{kPa}^\circ\text{C}^{-1}$); e γ , coeficiente psicométrico ($\text{kPa}^\circ\text{C}^{-1}$).

No balanço hídrico, a evapotranspiração da cultura foi calculada aplicando a seguinte equação:

$$ET_c = ET_0 K_c K_L K_s \quad (10)$$

Os coeficientes K_c , K_L e K_s foram obtidos aplicando-se o mesmo procedimento descrito para o tanque Classe A.

3.6. Produtividade do meloeiro

A colheita do melão foi realizada no início do mês de outubro, manualmente em três fileiras de plantas com 72 metros de comprimento, cada uma delas representando 195 m^2 . A produtividade de frutos nesta área foi posteriormente convertida para t ha^{-1} .

3.7. Análise estatística

Para efeito de análise estatística foi considerado um delineamento em blocos ao acaso com três tratamentos e 45 repetições, sendo que o número de repetições foi no tempo. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e as médias foram comparadas utilizando-se o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Comparou-se também as médias do padrão, que é o balanço hídrico, com as demais utilizando-se o teste de Dunnett adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Foi utilizado o SAEG (Sistema de Análises Estatísticas), versão 9.1 (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFW, 2007).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Elementos meteorológicos

Nas Figuras 7, 8 e 9 encontram-se os valores dos elementos meteorológicos usados na estimativa da evapotranspiração de referência.

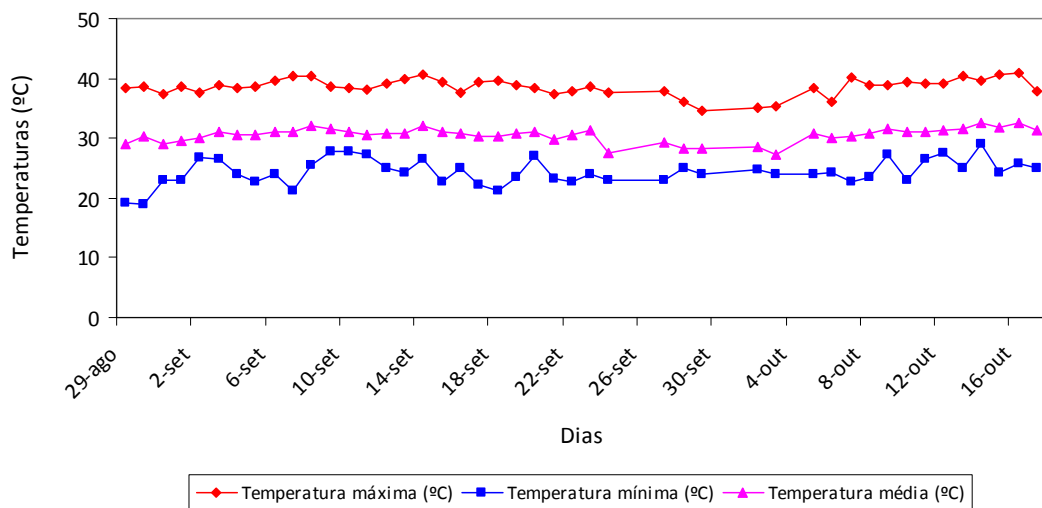


Figura 7 – Valores diários de temperatura máxima, média e mínima do ar obtidos durante o período experimental.

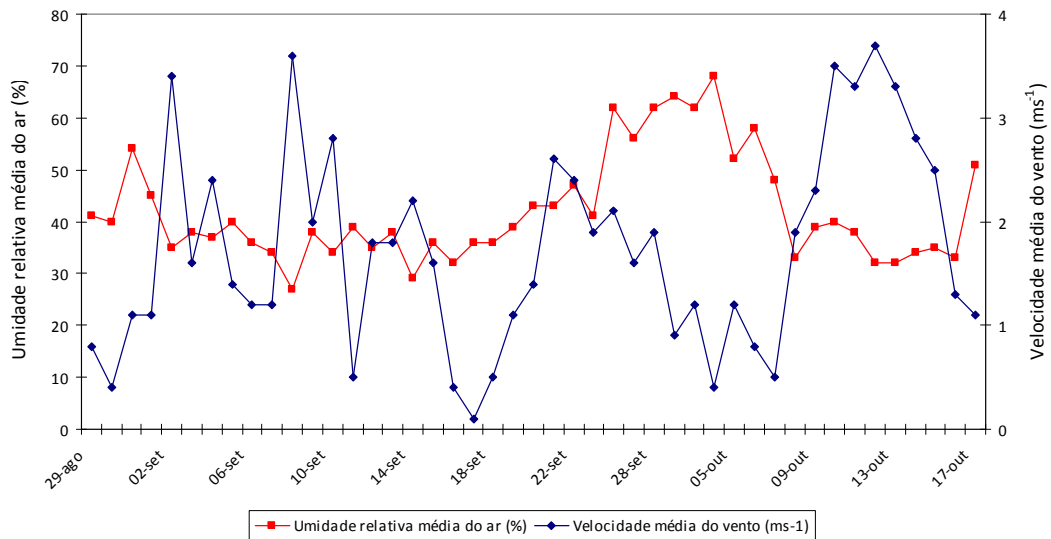


Figura 8 - Valores diários da velocidade média do vento e da umidade relativa média do ar, obtidos durante o período experimental.

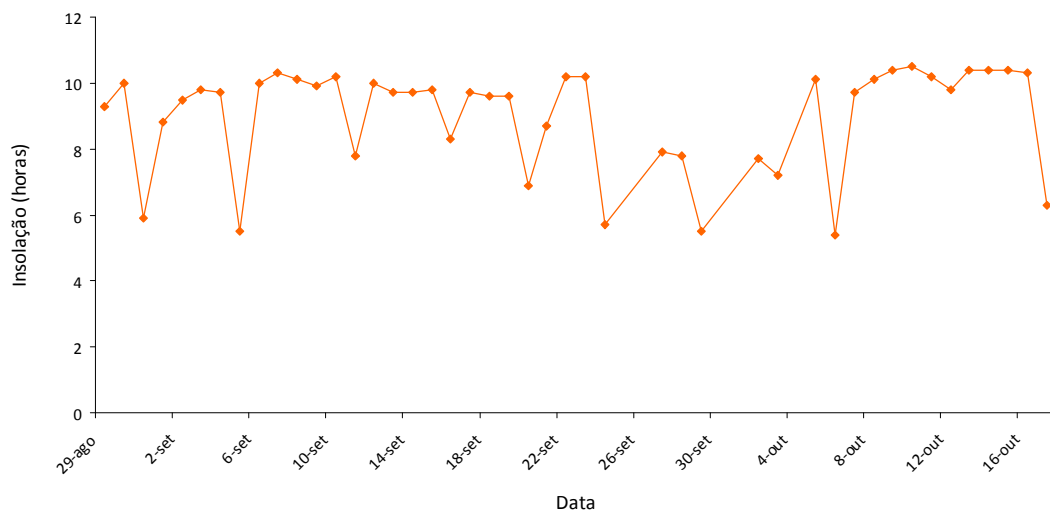


Figura 9 - Valores diários de insolação durante o período experimental.

Analisando a Figura 7 observa-se que a temperatura máxima variou entre 34,7 a 40,8°C, a temperatura média entre 27,3 a 32,5°C e a temperatura mínima entre 19 e 29°C, com valores médios de 38,6; 30,5 e 24,4°C, respectivamente.

Na Figura 8 observa-se que a umidade relativa do ar variou entre 27 a 68%, com valores médios de 42% ao longo do período experimental. Nessa figura observa-se, também, que a velocidade média do vento variou entre 0,1 a 3,7 m s⁻¹, com média de 1,72 m s⁻¹, sendo considerado leve de acordo com Doorenbos e Pruitt (1977). Houve picos de velocidade do vento acima de 3ms⁻¹ em quase 13% do período experimental. Na Figura 9 observa-se que a insolação ficou entre 5,4 a 10,5 horas, com média de 9 horas.

Na Figura 10 encontram-se os valores de precipitação verificada durante o período experimental, totalizando 26,2 mm.

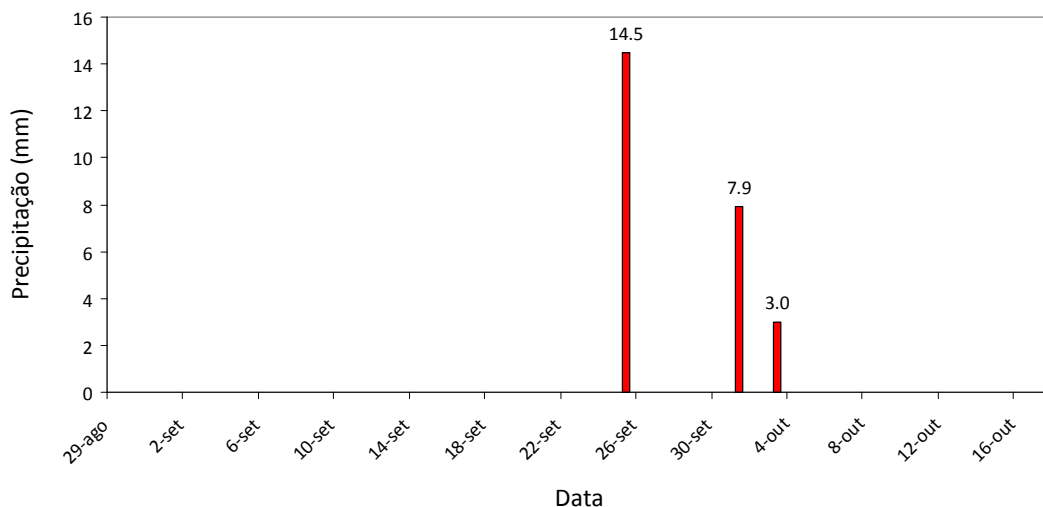


Figura 10 - Valores diários de precipitação obtidos durante o período experimental.

Os dados de evapotranspiração da cultura obtidos no irrigômetro nos dias chuvosos foram excluídos da base de dados experimentais, por causa da imprecisão ocasionada pelo aumento do nível de água no evaporatório decorrente da chuva.

4.2. Uniformidade de emissão

Nas Tabelas 3 e 4 encontram-se os resultados da avaliação do sistema de irrigação por gotejamento da área experimental. Para esses dados, os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foram iguais a 96,6 e 94,6%, respectivamente.

Tabela 3 - Volumes de água, em mililitros, coletados durante 5 minutos em 27 emissores de três linhas laterais do sistema de irrigação por gotejamento

Posição do gotejador na linha lateral	Posição da linha lateral avaliada no setor		
	1	12	24
1	154	148	154
30	159	146	142
60	159	155	150
90	150	145	140
120	150	144	138
150	143	139	138
180	142	140	158
210	133	138	144
240	140	137	144

Tabela 4 - Vazão, em L h⁻¹, dos 27 gotejadores utilizados na avaliação do sistema de irrigação por gotejamento.

Posição do gotejador na linha lateral	Posição da linha lateral avaliada no setor		
	1	12	24
1	1,84	1,78	1,84
30	1,90	1,75	1,70
60	1,90	1,86	1,80
90	1,80	1,74	1,68
120	1,80	1,73	1,66
150	1,71	1,67	1,66
180	1,70	1,68	1,90
210	1,60	1,66	1,73
240	1,68	1,63	1,73
Média	1,77	1,72	1,74

De acordo com Mantovani e Ramos (1994), os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) na irrigação por gotejamento devem estar compreendidos entre 90 a 95%. Sendo assim, o valor obtido para o sistema de irrigação por gotejamento da área experimental é satisfatório, dentro da faixa recomendada. De acordo com Bralts (1986 citado por FRIZZONE, 1992), na irrigação localizada, valores do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) acima de 90% são classificados como excelente. Assim, o valor obtido de CUD (94,6%) se enquadra nesta classificação.

4.3. Lâminas de água obtidas nas diferentes metodologias de manejo da irrigação

Na Tabela 5 estão apresentados os valores de lâminas de água recomendadas com uso dos métodos de manejo da irrigação utilizados no experimento. As lâminas totais recomendadas pelo tanque Classe A, balanço hídrico e irrigômetro foram 233,1, 158,8 e 279,4 mm, respectivamente.

Tabela 5 - Lâminas de água, em mm, obtidas nos diferentes métodos de manejo da irrigação

Irrigação	DAP ¹	TCA ²	BH ³	Irrigâmetro
1	12	1,9	1,0	3,5
2	13	1,6	1,0	3,3
3	14	1,9	0,9	4,0
4	15	1,4	1,1	4,0
5	16	2,5	1,7	4,4
6	17	2,1	1,3	4,8
7	18	4,1	3,5	7,0
8	19	4,2	2,5	6,3
9	20	3,9	2,8	5,7
10	21	4,1	2,9	6,1
11	22	5,4	4,5	8,2
12	23	6,5	3,3	4,2
13	24	5,1	3,8	4,0
14	25	5,6	2,2	3,2
15	26	4,5	3,2	5,1
16	27	4,9	3,2	7,0
17	28	4,8	3,6	7,0
18	29	4,3	3,1	6,0
19	30	5,6	2,2	6,7
20	31	3,7	2,1	6,5
21	32	5,2	2,4	6,3
22	33	4,0	2,8	7,0
23	34	4,6	2,7	7,8
24	35	4,7	3,4	7,8
25	36	6,7	5,5	6,0
26	37	9,5	5,4	7,8
27	38	6,6	3,8	9,3
28	39	6,8	4,3	5,5
29	40	3,8	4,2	4,8
30	41	6,8	3,3	4,1
31	42	5,0	3,9	6,2
32	43	6,4	3,4	6,8
33	44	5,1	4,7	7,1
34	45	5,7	3,5	5,6
35	46	5,2	4,1	5,2
36	47	6,7	5,5	9,0
37	48	6,6	5,9	9,0
38	49	6,9	5,4	9,4
39	50	8,5	5,4	9,7
40	51	7,0	5,8	9,0
41	52	6,4	5,6	7,5
42	53	7,2	5,4	8,0
43	54	7,1	5,0	6,0
44	55	6,9	4,2	4,5
45	56	5,6	3,3	3,0
TOTAL		233,1	158,8	279,4

1. Dias após o plantio; 2. Tanque Classe A; 3. Balanço Hídrico com REF-ET.

Na Figura 11 observam as lâminas de irrigação, em mm d^{-1} , indicadas por cada método de manejo utilizado no experimento.

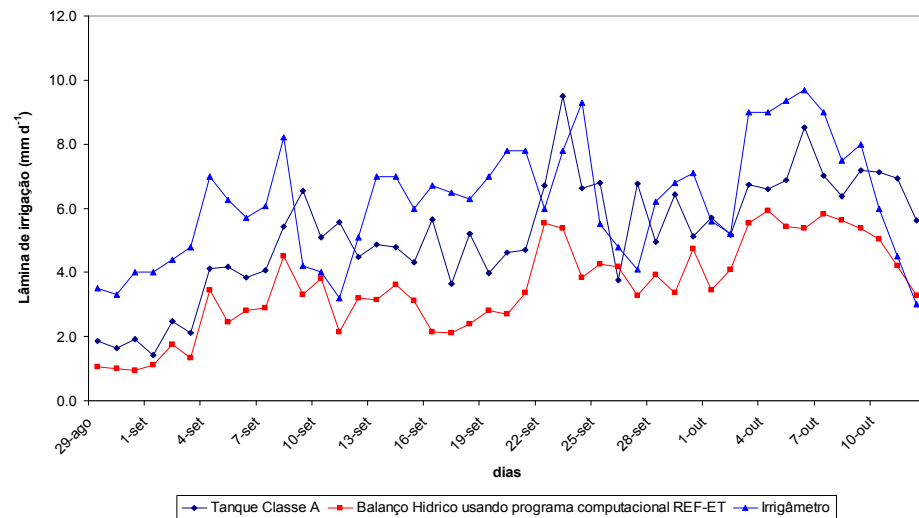


Figura 11 - Variação das lâminas de água recomendadas ao longo do ciclo da cultura do melão, para os diversos métodos de manejo da irrigação.

Comparativamente ao método do balanço hídrico com uso do programa computacional REF-ET, observa-se na Figura 11 que os métodos do tanque Classe A e do irrigâmetro superestimaram a evapotranspiração da cultura do melão praticamente ao longo de todo período experimental.

No caso do irrigâmetro, a superestimativa de evapotranspiração da cultura deve ser corrigida com a redução do nível de água no interior do evaporatório, com pequena elevação desse componente do aparelho de acordo com recomendação de Oliveira e Ramos (2008). Isto deve ser feito para diminuir a evaporação, com o objetivo de considerar o efeito da redução da evapotranspiração da cultura pela introdução do coeficiente de localização, em decorrência da menor percentagem de área molhada ou sombreada. Assim, o uso de níveis de água no evaporatório próximos aos menores valores dos intervalos recomendados na Tabela 2, iguais a 1,5; 2,5 e 3,5 cm para os estádios de desenvolvimento I, II e III, deve contribuir para melhorar o ajuste da

evapotranspiração da cultura pelo irrigâmetro, comparativamente ao método do balanço hídrico. No caso da pesquisa desenvolvida por Contin (2008), os níveis de água recomendados no evaporatório iguais a 2,5; 3,5 e 4,5 cm forneceram boa estimativa de evapotranspiração da cultura do feijão, em Viçosa, MG, por se tratar de irrigação por aspersão com percentagem de área molhada igual a 100%.

4.4. Análise estatística

Na Tabela 6 estão apresentados os valores médios das lâminas recomendadas para cada tratamento estudado.

Tabela 6 – Valores médios das lâminas de água (LA) dos respectivos tratamentos

Tratamento	Lâminas médias recomendadas (LA)	
	LA	LA
Balanço hídrico	3,53	3,53 c
Tanque Classe A	5,18 *	5,18 b
Irrigâmetro	6,20 *	6,20 a

As médias com asterisco diferem do padrão ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett. As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.5. Produtividade do meloeiro

Segundo Dias et al. (1998), nas regiões onde estão localizados os principais produtores de melão, as plantas produzem em média, entre 60 e 70 dias do plantio e, tendo um manejo adequado, há potencial para superar a

média de produção de 25 t ha⁻¹. Porém, a produtividade média brasileira está em torno de 23 t ha⁻¹ (AGRIANUAL, 2009). A cultura adapta-se melhor aos climas quentes e secos, requerendo irrigação para suprir sua demanda hídrica, de acordo com o estágio de desenvolvimento, principalmente na floração e na frutificação e pode ser cultivado o ano todo, em locais com temperatura anual média entre 18 e 39°C (BLANCO et al., 2007).

Na região do cerrado, o meloeiro irrigado tem condições de ser cultivado com alto nível tecnológico dentro dos perímetros irrigados, pois a irrigação permite que o plantio seja feito em épocas adequadas e garante o fornecimento de água para que as plantas manifestem seu potencial produtivo.

A média da produtividade do melão na área do experimento foi de 30,16 t ha⁻¹. Os valores de peso de frutos comercializáveis obtidos no experimento variaram de 1,67 a 2,27 kg.

5. CONCLUSÕES

Os métodos do tanque classe A e do irrigâmetro superestimaram a evapotranspiração da cultura do meloeiro comparativamente ao método do balanço hídrico com uso do programa computacional REF-ET.

No uso do irrigâmetro em irrigação localizada deve-se estabelecer o nível de água no evaporatório com valor contido na metade inferior da faixa de valores recomendadas por Oliveira e Ramos (2008), para as diversas fases de desenvolvimento da cultura do meloeiro, a fim de compensar a redução da evapotranspiração da cultura decorrente da diminuição da área molhada ou sombreada.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e AgroInformativos, 2009. 496 p.
- ALLEN, R.G. **Reference evapotranspiration calculator, version 2.1**. Idaho: Idaho University, 2000. 82 p.
- ALLEN, R.G.; PRUITT, W.O. Reference evapotranspiration factors. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 117, n. 5, p. 758-772, 1991.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 310 p. (Irrigation and Drainage, 56).
- ALVES, R.E.; SANTOS, F.J.S.; OLIVEIRA, V.H.; BRAGA SOBRINHO, R.; SILVA NETO, R.M.; CRISÓSTOMO, J.R. **Situação atual, necessidades de pesquisa agrícola e capacitação de mão-de-obra no Vale do Açu**. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1995. 19 p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- BLANCO, M.C.S.G.; BROPPPO, G.A.; TESSARIOLLI NETO, J. Melão (*Cucumis melo* L.). In: GRAZIZNO JÚNIOR, R. (Coord.). **Manual técnico das culturas**. 2.ed. Campinas: CATTI, 2007. p. 77-81.
- COCOZZA, F.D.M. **Aplicação pré-colheita de quelato de cálcio e boro em melão gália**: desenvolvimento e qualidade dos frutos. Lavras: UFLA, 1997. 78 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CONTIN, F.C. **Tecnologia do irrigâmetro aplicada ao manejo da irrigação do feijoeiro**. Viçosa: UFV, 2008. 52 p.

DIAS, R.C.S.; COSTA, N.D.; CERDAN, C.; SILVA, P.C.G.; QUEIRÓZ, M.A.; ZUZA F.; LEITE, L.A.S.; PESSOA, P.F.A.; TERAÓ, D.A. Cadeia produtiva do melão no Nordeste. In: CASTRO, A.M.G.; LIMA, S.M.V.; GOEDERT, W.J.; FILHO FREITAS, A.; VASCONCELOS, J.R.P. **Cadeias produtivas e sistemas naturais**: prospecção tecnológica. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-DPD, 1998. p. 441-494.

DOORENBOS, J.; PRUITT, J.O. **Crop water requeriment**. Rome: FAO, 1977. 144 p. (Irrigation and Drainage, 24).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Irrigação do melão**: manejo através do tanque Classe A. Embrapa Agroindústria Tropical, 2001.

ESPINDULA NETO, D. **Uso racional de água e de energia elétrica na cafeicultura irrigada por pivô central e gotejamento**. 2002. 126 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FRIZZONE, J.A. **Irrigação por superfície**: princípios de operação e manejo. Piracicaba: ESALQ, 1992. 82 p. (Série Didática, 4).

KUPFER, A. et al. **Projeto perspectiva de investimento no Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.projetopib.org/arquivos/04_ds_agronegocio_novas_commodities.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2009.

MANTOVANI, E.C.; RAMOS, M.M. **Eficiência na aplicação da água**. In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. **Quimigação**: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília, 1994.

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação**: princípios e métodos. 3.ed. Viçosa: UFV, 2009. 355 p.

MEDEIROS, A.T. **Estimativa de evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba, CE**. 2002. 103 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

MEDEIROS, G.A.; ARRUDA, F.B.; SAKAI, E. Relações entre o coeficiente de cultura e cobertura vegetal do feijoeiro: erros envolvidos e análises para diferentes intervalos de tempo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 513-519, 2004.

MENDONÇA, J.C.; SOUSA, E.F.; BERNARDO, S.; DIAS, G.P.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 275-279, 2003.

OLIVEIRA, R.A.; RAMOS, M.M. **Manual do irrigâmetro**. Viçosa: UFV, 2008. 144 p.

ROCHA, O.C.; GUERRA, A.F.; AZEVEDO, H.M. Ajuste do modelo Christiansen-Hargreaves para estimativa da evaporação do feijão no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 263-268, 2003.

RODRIGUES, B.H.N.; SOUSA, V.F. **Determinação da evapotranspiração máxima (E_{tm}) e coeficiente de cultivo (K_c) para a cultura do melão nas condições dos tabuleiros costeiros do Piauí**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p. 239-241.

SANTOS, S.S. **Influência da aplicação, via irrigação por gotejamento, de esgoto sanitário tratado na cultura do cafeeiro e no solo**. 2004. 70 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SEDIYAMA, G.C. **Necessidade de água para os cultivos**. Brasília: ABEAS, 1996. 176 p.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 5, n. 223, p. 74-82, 2004.

SMITH, M. **Report on the expert consultation on revision of crop water requirements**. Rome: FAO, 1991. 45 p.

SMITH, M. **The application of climatic data for planning and management of sustainable rainfed and irrigated crop production**. Rome: FAO, 2000.

TAGLIAFERRE, C. **Desempenho do irrigâmetro e de dois minievaporímetros para estimativa da evapotranspiração de referência**. 2006. 99 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

TAGLIAFERRE, C.; OLIVEIRA, R.A.; SEDIYAMA, G.C.; CECON, P.R.; DENICULI, W.; MARTINEZ, M.A.; MATERAN, F.J.V. Estimativa da evapotranspiração de referência usando minievaporímetro operando com irrigâmetro modificado. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 14, n. 3, p. 212-223, 2006.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **SAEG – Sistema para Análises Estatísticas, versão 9.1.** Viçosa, 2007.