

TALYANA KADJA DE MELO

**EVAPOTRANSPIRAÇÃO, COEFICIENTE DE CULTURA E PRODUÇÃO DO
MELÃO GÁLIA IRRIGADO COM ÁGUA DE DIFERENTES SALINIDADES**

MOSSORÓ - RN

2009

TALYANA KADJA DE MELO

**EVAPOTRANSPIRAÇÃO, COEFICIENTE DE CULTURA E PRODUÇÃO DO
MELÃO GÁLIA IRRIGADO COM ÁGUA DE DIFERENTES SALINIDADES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi - Árido, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Irrigação e Drenagem.

ORIENTADOR: Prof. D.Sc. José Espínola Sobrinho

MOSSORÓ - RN

2009

**Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação e
catalogação da Biblioteca “Orlando Teixeira” da UFERSA**

M528e Melo, Talyana Kadja de.

Evapotranspiração, coeficiente de cultura e produção do
melão Gália irrigado com água de diferentes salinidades. /
Talyana Kadja de Melo. -- Mossoró, 2009.
87f.:il.

Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem)
Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Orientador: Prof. Dr. Sc. José Espínola Sobrinho.

1.*Cucumis melo* L. 2. Água salina. 3.Lisímetro de
pesagem. 4. Manejo da irrigação I.Título.

CDD: 635.611

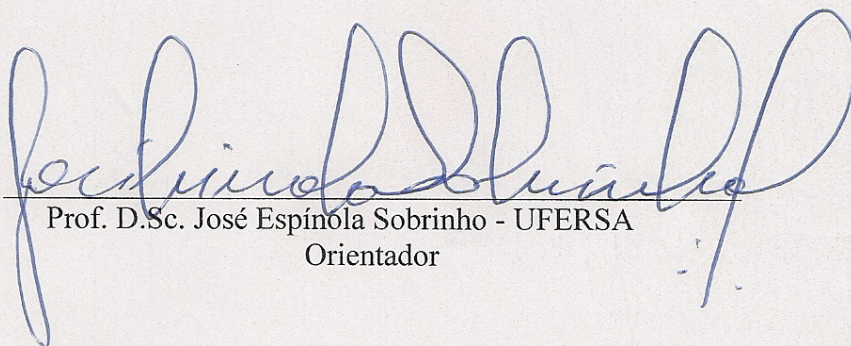
Bibliotecária: Marilene S. Araújo
CRB/5 1033

TALYANA KADJA DE MELO

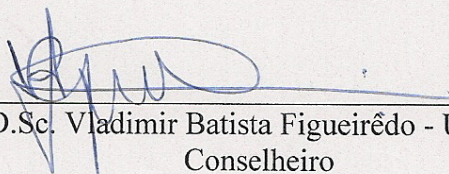
**EVAPOTRANSPIRAÇÃO, COEFICIENTE DE CULTURA E
PRODUÇÃO DO MELÃO GÁLIA IRRIGADO COM ÁGUA DE
DIFERENTES SALINIDADES.**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido, como parte das
exigências para obtenção do título de Mestre
em Irrigação e Drenagem.

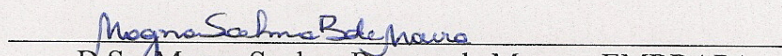
APROVADA EM: 04 / 09 / 2009



Prof. D.Sc. José Espínola Sobrinho - UFERSA
Orientador



Prof. D.Sc. Vladimir Batista Figueirêdo - UFERSA
Conselheiro



D.Sc. Magna Soelma Béserra de Moura - EMBRAPA
Conselheira

A minha mãe
Elizete Feitosa de Melo

A minha querida avó
Angelina Costa da Silva

Aos meus irmãos

Aos meus colegas da UFERSA

Dedico, com muito amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me iluminado e guiado meus passos.

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido e ao Departamento de Ciências Ambientais e tecnológicas pela oportunidade em realizar este curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor José Espínola Sobrinho, pela orientação e confiança que me foi dada.

Aos professores Vladimir Batista Figueirêdo e José Francismar de Medeiros, pela compreensão, paciência, amizade e disponibilidade de ajudar no decorrer de todo o trabalho.

Aos conselheiros da banca examinadora pelas sugestões e contribuição na melhoria desta dissertação.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem da UFRSA.

A minha família, pelos esforços necessários e por acreditarem no meu sucesso.

Aos meus colegas de Pós-graduação da UFRSA, em especial a Paulo Sérgio, Ivanísia, Antônio Dias, Geovanizélio, Alisson, Luis Ailton, Francisco de Assis e Gilberto, pelo companheirismo ao longo do curso.

Aos amigos do grupo de pesquisa: Marcos, Djanira, Vagna, entre outros, pela dedicação no projeto de pesquisa.

A todas as pessoas que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos!

RESUMO

MELO, Talyana Kadja de. **Evapotranspiração, coeficiente de cultura e produção do melão Gália irrigado com água de diferentes salinidades**. 2009. 87f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2009.

A irrigação se torna uma prática de grande importância quando se trata da região Nordeste, devido à má distribuição de chuvas, passando a ser a principal alternativa racional de exploração das culturas agrícolas, principalmente na área do Pólo Agrícola Mossoró-Açu/RN, onde a maior demanda por água para irrigação tem obrigado os agricultores a utilizarem águas com salinidade mais elevada, sendo que sua utilização fica condicionada à tolerância das culturas à salinidade e ao manejo da irrigação. Por outro lado, num projeto bem como no manejo da irrigação, a evapotranspiração da cultura (ETc) é a variável mais importante, podendo ser medida diretamente por meio de lisímetros. No entanto, na ausência de equipamentos de medidas de evapotranspiração da cultura, os produtores, muitas vezes, utilizam-se de estimativas baseadas na evapotranspiração de referência (ETo) e no coeficiente de cultura (Kc). Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo determinar a evapotranspiração e o coeficiente de cultura, utilizando-se água de irrigação de diferentes salinidades, bem como verificar seus efeitos sobre a produção da cultura. Para tanto, foi realizado um experimento na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, no distrito de Alagoinha, situada à 20 km de Mossoró-RN, com a cultura do melão tipo Gália, em uma área de 0,24 ha. Os níveis de salinidade da água de irrigação foram de S1=0,65, S2=1,65, S3=2,83, S4=3,06 e S5=4,73 dS m⁻¹. O experimento constou de quatro blocos ao acaso, cada um dividido nos cinco níveis de salinidade e três níveis de nitrogênio subdivididos em cada parcela de salinidade (N1: 46,7, N2: 93,4 e N3: 140 kg ha⁻¹). Para estimativa da ETo foi utilizada a equação de Penman-Monteith parametrizada pela FAO. Os dados meteorológicos necessários para a estimativa da ETo foram coletados por uma estação agrometeorológica automática, instalada na área experimental. A ETc foi medida por quatro lisímetros de pesagem, de área 2,25 m², que encontravam-se instalados nos blocos 1 e 2, nos níveis de salinidade S1 e S5. Os resultados mostraram que a ETc diminuiu entre a água de irrigação S1 e S5 onde a evapotranspiração total durante o ciclo foi de 204,5 e 172,4 mm, respectivamente. Quanto aos Kc's verificaram-se os valores médios nos estádios fenológicos I, II, III e IV, de 0,08, 0,44, 1,06 e 0,88 para o tratamento S1 e 0,07, 0,54, 0,75 e 0,60 para o S5, mostrando que os Kc's obtidos para o nível S1 foram sempre maiores que os Kc's obtidos para o nível S5, excetuando-se a fase II. Quanto à produção da cultura, verificou-se efeito da salinidade da água em todos os componentes de produção avaliados. As produtividades comercial e total tiveram reduções de 4,07 e 3,16 Mg ha⁻¹, respectivamente, por acréscimo de 1 dS m⁻¹ de salinidade na água de irrigação.

Palavras-chave: *Cucumis melo* L. Água salina. Lisímetro de pesagem. Manejo da irrigação.

ABSTRACT

MELO, Talyana Kadja de. **Evapotranspiration, crop coefficient of Gália melon and production irrigated with different salinity water**. 2009. 87p. Dissertation (Master degree in Irrigation and Drainage) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2009.

Irrigation becomes a very important practice when it refers to the Northeast Region, due to the irregular rain cycles, making it the main rational alternative of exploitation of agricultural cultures, mainly in the do Pólo Agrícola Mossoró-Açu/RN area, where the larger demand for water has obliged farmers to use water with higher salinity, being its use conditioned to the tolerance of cultures to the salinity and the handling of irrigation. Moreover, in a project as well as in the handling of irrigation, the evapotranspiration of the culture (ET_c) is the most important variability, being it possible to be measured directly by means of lysimeters. However, in the absence of measure equipments of evapotranspiration of the culture, the producers, many times, make use of estimate based on evapotranspiration of reference (ET_o) and on the coefficient of the culture (K_c). Given to the exposed above, the present work had as aim to determinate the evapotranspiration and the coefficient of the culture, using irrigation water from different salinities, as well as verifying its effects on the production of the culture. To this end, an experiment was conducted on Fazenda Experimental Rafael Fernandes (Rafael Fernandes Experimental farm), belonging to Universidade Federal Rural do Semi-Árido, in the district of Alagoinha, situated 20 km far from Mossoró-RN, with the Gália melon culture, in an area of de 0.24 ha. The levels of salinity of the water for irrigation were of S1=0.65, S2=1.65, S3=2.83, S4=3.06 e S5=4.73 dS m⁻¹. The experiment consisted of four random blocks, each one divided in the five levels of salinity and three of nitrogen subdivided in each salinity portion (N1: 46,7, N2: 93,4 and N3: 140 kg ha⁻¹). To the ET_o estimate a Penman-Monteith equation was used parameterized by the FAO. The weather data necessary for the ET_o estimate were collected by an automatic agrometereological station, installed in the experimental area. The ET_c was measured by four weighing lysimeters, with an área of 2.25 m², which were installed in the blocks 1 and 2, in the levels of salinity S1 and S5. The results showed that the ET_c decreased between the irrigation water S1 and S5 where the total evapotranspiration during the cycle was of 204.5 and 172.4 mm, respectively. As for the K_c's the medium values were verified in the phenological stages I, II, III and IV, of 0.08, 0.44, 1.06 and 0.88 for the S1 treatment and 0.07, 0.54, 0.75 and 0.60 for the S5, showing that the K_c's obtained for the level S1 were always larger than the K_c's obtained for the level S5, except stage II. As for the production of the culture, effect of water salinity was verified in all the evaluated production components. The commercial and total production had reductions of 4.07 and 3.16 Mg ha⁻¹, respectively, by adding of 1 dS m⁻¹ of salinity in the water of the irrigation.

Keywords: *Cucumis melo* L. Saline water. Weighing lysimeter. Irrigation management.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Características químicas do solo e da água de irrigação.....	35
TABELA 2	Valores dos coeficientes de desempenho conforme Camargo e Sentelhas (1997).....	47
TABELA 3	Indicadores estatísticos “r”, “d” e “c” para as leituras realizadas pelos quatro lisímetros em relação às massas-padrão utilizadas. Mossoró - RN, 2009.....	57
TABELA 4	Valores médios de evapotranspiração da cultura no nível de salinidade S1 (ETcS1) e S5 (ETcS5) e evapotranspiração da cultura e de referência conforme metodologia recomendada pela FAO (ETcFAO e EToFAO, respectivamente) por estágio fenológico da cultura do meloeiro. Mossoró - RN, 2009.....	59
TABELA 5	Valores dos índices estatísticos “r”, “d” e “c”, na escala diária e semanal para (ETcLis) x(ETcFAO). Mossoró - RN, 2009.....	61
TABELA 6	Valores médios para os dados de ETc referente a interação salinidade <i>versus</i> fases. Mossoró - RN, 2009.....	62
TABELA 7	Valores médios do coeficiente de cultura no nível de salinidade S1 (KcS1) e S5 (KcS5) e coeficiente de cultura recomendado pela FAO (KcFAO) por estágio fenológico da cultura do meloeiro. Mossoró - RN, 2009.....	65
TABELA 8	Resumo da análise da variância para os dados de componentes de produção e produtividade do meloeiro (PRC - Produtividade Comercial; NFC - Número de Frutos Comerciais; PMC - Peso Médio dos Frutos Comerciais; PRT - Produtividade Total; NFT - Número de Frutos Totais; PMT - Peso Médio dos Frutos Totais) irrigado com águas de diferentes salinidades. Mossoró - RN, 2009.....	67

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Croqui da área experimental, com a distribuição das linhas nas parcelas (salinidade) e subparcelas (nitrogênio) Mossoró - RN, 2009.....	36
FIGURA 2	Esquema do lisímetro, mostrando a balança, mecanismos de alavancas, caixa e célula de carga (dimensões em mm). Mossoró - RN, 2009.....	38
FIGURA 3	Detalhe da irrigação dos lisímetros instalados na área experimental. Mossoró - RN, 2009.....	39
FIGURA 4	Estação agrometeorológica automática instalada na área experimental....	41
FIGURA 5	Temperatura média (Temp. méd.), máxima (Temp. máx.) e mínima (Temp. mín.) absolutas, e radiação solar global média diária (Rad. média) observados durante o ciclo do meloeiro. Mossoró - RN, 2009.....	52
FIGURA 6	Variação da radiação líquida medida (Rn medida) e estimada (Rn estimada) ao longo do ciclo do meloeiro. Mossoró - RN, 2009.....	52
FIGURA 7	Temperatura (Temp. média) e umidade relativa média do ar (UR média) observada durante o ciclo do meloeiro. Mossoró - RN, 2009.....	53
FIGURA 8	Variação da velocidade do vento média (Vel. Vento méd.), máxima (Vel. Vento máx.) e mínima (Vel. Vento mín.) absolutas observadas durante o ciclo do meloeiro. Mossoró - RN, 2009.....	53
FIGURA 9	Variação da evapotranspiração de referência diária (ETo) utilizando-se radiação líquida medida por saldo radiômetro (ETo-Rn medida) e estimada pelo método da FAO-56 (ETo-Rn estimada), referente ao ciclo da cultura do meloeiro. Mossoró - RN, 2009.....	54
FIGURA 10	Equação de calibração dos lisímetros S1B1 (a), S1B2(b), S5B1(c) e S5B2(d). Mossoró - RN, 2009.....	56
FIGURA 11	Evapotranspiração de referência (EToFAO) e evapotranspiração da cultura medida por lisímetro (ETcLis) e estimada pelo método da FAO (ETcFAO), ao longo do ciclo da cultura. Mossoró - RN, 2009.....	59
FIGURA 12	Análise de regressão entre os valores de evapotranspiração medidos (ETcLis) e estimados (ETcFAO) na escala diária (a) e semanal (b). Mossoró - RN, 2009.....	60

FIGURA 13	Evapotranspiração da cultura do meloeiro no nível de salinidade S1 (ETcS1) e no nível S5 (ETcS5). Mossoró - RN, 2009.....	63
FIGURA 14	Coeficientes de cultura recomendados pela FAO para a cultura (Kc FAO) e determinados pelo lisímetro (Kc Lis). Mossoró - RN, 2009.....	64
FIGURA 15	Coeficiente de cultura do meloeiro no nível de salinidade S1 (KcS1) e no nível S5 (KcS5). Mossoró - RN, 2009.....	65
FIGURA 16	Número de frutos comerciais (NFC) e totais (NFT) (a) e peso médio dos frutos comerciais (PMC) e totais (PMT) (b) do meloeiro irrigado com água de diferentes salinidades. Mossoró - RN, 2009.....	68
FIGURA 17	Produtividade comercial (PRC) e total (PRT) do meloeiro irrigado com água de diferentes salinidades. Mossoró - RN, 2009.....	69

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MELÃO.....	16
2.2 EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....	18
2.3 COEFICIENTE DE CULTURA.....	20
2.4 FATORES CLIMÁTICOS QUE AFETAM A EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....	21
2.5 EFEITO DA SALINIDADE SOBRE A EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....	23
2.6 EFEITO DA SALINIDADE SOBRE AS CULTURAS.....	25
2.7 MÉTODOS DE DETERMINÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....	29
2.7.1 Medida da ETc: Lisímetro.....	29
2.7.2 Estimativa da ETo: Equação de Penman-Monteith-FAO.....	32
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	34
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	35
3.3 PLANTIO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	37
3.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	37
3.4.1 Evapotranspiração da cultura.....	37
3.4.2 Evapotranspiração de referência.....	40
3.4.3 Coeficiente de cultura.....	45
3.4.4 Correlação entre ETc medida por lisímetro e estimada pela metodologia da FAO.....	47
3.4.5 Coeficiente de stress ocasionado por salinidade.....	48
3.4.6 Produção e seus componentes.....	49
3.4.7 Coeficiente de resposta da produção em relação à evapotranspiração.....	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4.1 VARIÁVEIS CLIMÁTICAS DURANTE O EXPERIMENTO.....	51
4.2 ETo COM Rn ESTIMADA E MEDIDA.....	54
4.3 CALIBRAÇÃO DOS LISÍMETROS.....	55
4.4 EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA.....	57

4.5 COEFICIENTE DE CULTURA.....	63
4.5.1 Coeficiente de stress salino.....	66
4.6 ANÁLISE DA PRODUÇÃO.....	66
4.6.1 Fator de resposta da produção em relação à evapotranspiração.....	70
5 CONCLUSÕES.....	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
ANEXOS.....	84

1 INTRODUÇÃO

A região Nordeste tem potencial reconhecido de grande produtora de frutas tropicais. Entretanto, eventos de seca têm inibido a expressão desse potencial, o que faz da irrigação atividade obrigatória em empreendimentos agrícolas.

A agricultura irrigada depende da quantidade e qualidade da água. Dentre as características que determinam a qualidade da água para a irrigação, a concentração de sais solúveis ou salinidade é um fator limitante ao desenvolvimento de algumas culturas (BERNARDO, 1996).

No Estado do Rio Grande do Norte, a água utilizada para irrigação é proveniente de poços artesianos profundos que, embora sendo de boa qualidade, apresenta alto custo de obtenção, o que impossibilita o seu uso por parte de pequenos produtores, além disso, está levando os grandes produtores a buscarem fontes alternativas de água, como poços mais rasos abertos no calcário Jandaíra, o que reduz consideravelmente seu custo. Entretanto, esta fonte de água tem o inconveniente de apresentar níveis elevados de sais, podendo trazer como consequência a salinização dos solos e prejudicar o rendimento das culturas mais sensíveis (MEDEIROS et al., 2003).

Embora a maioria das fontes de água seja de boa qualidade, existem águas de qualidade inferior na região que, no entanto, podem ser utilizadas na irrigação, tanto de forma isolada como misturada ou alternada com as de boa qualidade. Em tais casos, a utilização da água salobra fica condicionada à tolerância das culturas à salinidade e ao manejo da irrigação (MEDEIROS, 1992; OLIVEIRA; MAIA, 1998).

Na região de Mossoró-RN, devido à importância econômica de diversas culturas, principalmente o melão, os técnicos e produtores têm a necessidade da obtenção de informações atualizadas que lhes permita obter produções elevadas e sadias, no sentido de melhorar o rendimento e esclarecer dúvidas que existem freqüentemente no campo, como o comportamento destas culturas ao nível de salinidade da água de irrigação (FIGUEIRÊDO, 2008).

As diferentes espécies e cultivares de plantas reagem diferentemente à salinidade, isto é, cada espécie de planta ou cultivar toleram até uma determinada salinidade sem reduzir o seu rendimento potencial (salinidade limiar - SL), a partir da qual passa a diminuir a produtividade à medida que se incrementa a salinidade do solo (AYERS; WESTCOT, 1991). Dessa forma, o estabelecimento da tolerância de salinidade da água/solo crítica para as

principais culturas exploradas, é fundamental para melhorar o manejo das áreas irrigadas. Além disso, a salinidade reduz a disponibilidade de água para as plantas, causando, conseqüentemente uma menor absorção de nutrientes, quando estes são aplicados via água de irrigação.

Segundo Bhella e Wilcox (1989), dentre os nutrientes, o nitrogênio é o mais absorvido pelo melão, e sua deficiência ou excesso pode afetar diretamente a produtividade da cultura e a qualidade dos frutos.

Existem evidências de competição na absorção entre nitrato e cloreto, de modo que um aumento na concentração de nitrato na zona radicular pode inibir uma maior absorção de cloreto pela planta (KAFKAFI, 1984).

Estando os recursos hídricos cada vez mais escassos, torna-se necessário um planejamento mais eficaz do aproveitamento da água na produção agrícola, com desenvolvimento de metodologias que permitam estimar volumes cada vez mais exatos de água necessária para obtenção de ótimas produções dos cultivos. Assim, a estimativa do consumo de água pelas culturas assume grande destaque, à medida que se busca maximizar a produção e minimizar os custos.

O consumo de água pelas culturas é denominado de evapotranspiração da cultura (E_T), que é a ocorrência simultânea de dois processos importantes no cultivo das plantas, a evaporação da água do solo e a transpiração das plantas.

Existem maneiras de se medir diretamente a evapotranspiração, mas devido aos altos custos dos equipamentos, tais técnicas quase sempre se restringem à pesquisa (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997). Na ausência de equipamentos de medidas de evapotranspiração da cultura têm sido utilizadas estimativas baseadas na evapotranspiração de referência (E_{To}) e no coeficiente indicativo da necessidade de água da cultura (K_c), em cada estágio de desenvolvimento da mesma.

A medida da evapotranspiração apresenta dificuldades que desencorajam sua execução como prática de rotina. Assim a introdução do conceito de evapotranspiração de referência (E_{To}) e a compreensão da possibilidade de sua estimativa a partir de dados climáticos levaram ao surgimento de um grande número de fórmulas empíricas, baseadas em dados disponíveis nos postos meteorológicos.

As medidas da evapotranspiração podem ser feitas utilizando-se lisímetros de pesagem acoplados a sistemas modernos de aquisição de dados, porém alguns problemas operacionais dificultam sua instalação em larga escala, tornando-os padrão comparativo para teste de equações e modelos de estimativas.

Inúmeros são os métodos de estimativa da ET, sendo que muitos deles têm aceitação quase que unânime, enquanto outros são bastante criticados e até desprezados (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997). A conveniência para utilizar um ou outro método depende de uma série de fatores como: a disponibilidade de dados meteorológicos, a escala de tempo requerida e adaptabilidade do método à região de estudo.

A Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem (ICID) e a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), consideram o método de Penman-Monteith (PM) (ALLEN et al., 1998), como padrão para estimativas da evapotranspiração de referência, a partir de dados meteorológicos, sendo utilizado também para avaliar outros métodos (SMITH, 1991). Existem diversos trabalhos que mostram um desempenho satisfatório desse método quando comparado com medidas lisimétricas. Porém, seu emprego muitas vezes é restringido pela disponibilidade de dados meteorológicos, o que acaba exigindo o uso de métodos mais simples.

Um estudo da American Society of Civil Engineers, relatado por Jensen, Burman e Allen (1990) e Smith, Allen e Pereira (1996), analisou a performance de 20 métodos para estimar a ET em condições padronizadas, tentando minimizar divergências de aplicação prática, que comparados com dados de 11 lisímetros em locais com condições climáticas diversas, mostrou a superioridade do modelo de Penman-Monteith tanto para regiões áridas como úmidas.

Com base no exposto, o presente trabalho tem como objetivo geral determinar a evapotranspiração e o coeficiente de cultura, em relação à duração do ciclo do melão Gália, em Mossoró-RN, com o uso da água de irrigação de diferentes salinidades, bem como verificar seus efeitos sobre a produção da cultura, e como objetivos específicos: medição da evapotranspiração da cultura através de lisímetros de pesagem, em dois níveis de salinidade da água de irrigação; estimativa da evapotranspiração de referência diária da cultura (ET_o), através do método FAO – Penman-Monteith, a partir dos dados coletados pela estação meteorológica; determinação do coeficiente de cultura, em cada fase fenológica, em dois níveis de salinidade da água de irrigação; comparação da evapotranspiração da cultura medida por lisímetro e estimada pelo método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO, através de indicadores estatísticos de precisão (r), exatidão (d) e de desempenho (c); comparação entre a ET_o calculada com R_n (radiação líquida) medida e estimada; verificar a influência dos diferentes níveis de salinidade da água de irrigação na produtividade da cultura; determinação do coeficiente de stress ocasionado por salinidade da água de irrigação e determinação do Fator de redução da produção em relação à evapotranspiração.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MELÃO

O meloeiro é pertencente à família Cucurbitaceae, gênero *Cucumis* e espécie *Cucumis melo* L.. Whitaker e Davis (1962) acreditam que sua origem seja da África, enquanto Mallick e Masui (1986) apontam o oeste da Ásia como seu ponto de origem.

É uma planta anual, herbácea, trepadeira ou rasteira, com ramos laterais, podendo atingir até 3,0 m de comprimento, apresenta sistema radicular fasciculado, com crescimento abundante nos primeiros 0,3 m de profundidade do solo (ARAÚJO, 1980). Possui folhas de tamanho e forma bastante variados, mas em geral, grandes, palmadas pentalobadas, possuindo gavinhas nas axilas; e as flores podem ser monóicas, ginóicas, andromonóicas e hermafrodita (JOLY, 1993). O ovário é ínfero, e devido o grão de pólen apresentar certa viscosidade, necessita-se da abelha como polinizador (PEDROSA, 1997).

Após sua introdução no Brasil que se deu pelos imigrantes europeus, em meados da década de 60, seu cultivo se expandiu para as regiões de São Paulo e Pará, se estendendo assim pela região Nordeste, ao qual vem sendo cultivado em larga escala no Sub-médio do vale do São Francisco e se destacando em termos de área plantada e produção nas micro-regiões de Mossoró e Açu no Rio Grande do Norte (FERREIRA; PEDROSA; ALVARENGA, 1982; FARIA, 1990; SOUSA et al., 1999).

Seu cultivo na região Nordeste tem-se constituído num ótimo negócio, devido às condições climáticas e a alta adaptabilidade da cultura a essa região.

Atualmente, os melões produzidos comercialmente pertencem a dois grupos botânicos: *Cucumis melo* variedade inodorus Naud., que correspondem aos melões inodoros (apresentam frutos de casca lisa ou levemente enrugada, coloração amarela, branca ou verde-escura) e *Cucumis melo* variedade cantalupensis Naud., que correspondem aos melões aromáticos (de frutos com superfície rendilhada, verrugosa ou escamosa, polpa com aroma característico, coloração alaranjada, salmão ou verde) (MENEZES et al., 2000).

Dentre os tipos de melão nobre que vem crescendo o volume exportado, tem-se o cantaloupe e o tipo Gália, sendo este último o que necessita de maiores cuidados para se produzir, sobretudo devido a não existência de resultados de pesquisa na região para este tipo de melão.

No Agropólo Assú-Mossoró, existem uma infinidade de híbridos e cultivares de melão sendo produzidos e comercializados. No entanto, dentre as cultivares do melão amarelo podemos destacar o Gold mine, Goldex, AF646 e 682, Yellow e Gold pride. Por outro lado os melões tipo Gália e Cantaloupe também merecem destaque bem como a cultivar do tipo Honey Dew.

Segundo Alves et al. (2000) dentre os principais fatores que afetam a produtividade da cultura, o teor de água no solo e a concentração de sais solúveis, têm sido considerados como os mais importantes no manejo da irrigação em regiões semi-áridas.

Com relação aos fatores climáticos, o meloeiro responde bem a combinação de alta temperatura com alta luminosidade e baixa umidade relativa do ar, favorecendo, assim, o estabelecimento do cultivo e ao aumento de produtividade (FIGUEIRÊDO, 2008). Devido à baixa precipitação e à alta taxa de evaporação, é comum a ocorrência de solos salinos e sódicos em regiões áridas e semi-áridas.

A temperatura do ar é o elemento climático que mais exerce influência nos processos fisiológicos das plantas (PEZZOPANE; MORAES; PICINI, 1997; VIEIRA; CURY, 1997). Desta forma, dentre os fatores climáticos ela é o mais importante para a cultura do meloeiro. Devido à sua origem, o melão requer climas quentes e secos. Crisóstomo et al. (2002) falam que entre os fatores climáticos que afetam diretamente a cultura do meloeiro, o principal é a temperatura, tanto do ar quanto do solo, por influenciar desde a germinação das sementes até a qualidade final do fruto, sendo a faixa ótima de 20 a 30°C.

A duração da intensidade luminosa é outro fator decisivo no cultivo do meloeiro. A redução da intensidade luminosa ou o encurtamento do período de iluminação, ambos têm influência negativa no crescimento da planta determinando uma menor área foliar. Contudo, dias longos têm influência positiva no desenvolvimento da folhagem e na emissão de flores masculinas (CRISÓSTOMO et al., 2002). Com relação à umidade do ar, esta é considerada ótima na faixa de 65% a 75%, durante a fase de crescimento vegetativo.

Por apresentar condições climáticas consideradas adequadas (temperatura do ar, umidade relativa e luminosidade) para o cultivo do meloeiro a região do Agropólo Assú-Mossoró é favorável a sua exploração.

2.2 EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A primeira citação de evapotranspiração foi efetuada por Thornthwaite em 1948. Para Thornthwaite (1948), o fenômeno chamado de evapotranspiração potencial, é considerado como a perda máxima de água em uma superfície de solo bem umedecido, completamente coberta com vegetação, em fase de desenvolvimento ativo e com dimensões suficientemente grandes, de modo a minimizar os efeitos de energia advectiva local. Se algumas dessas condições não forem atendidas, tem-se a evapotranspiração real.

Para Matzenauer (1992), a evapotranspiração real (ETR) é a perda de água para a atmosfera, por evaporação e transpiração nas condições reais (existentes) de fatores atmosféricos e umidade do solo e pela demanda evaporativa da atmosfera.

Penman (1948), na Inglaterra, também definiu a evapotranspiração potencial (ETP), como sendo o processo de transferência d'água para a atmosfera, na unidade de tempo, de uma superfície totalmente coberta por vegetação verde, de porte baixo, em pleno desenvolvimento e sem restrição de água no solo, ressaltando que a vegetação deveria ser rasteira e com altura uniforme. De um modo geral, a grama foi tomada como padrão, em razão da sua utilização nos postos meteorológicos (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997).

A definição de Penman foi amplamente utilizada, mas devido às diferenças entre as culturas utilizadas, surgiu a necessidade de um termo mais geral para evapotranspiração, surgindo então a definição de evapotranspiração de referência (ET_o), definida no Boletim 24 da FAO como sendo a taxa de evapotranspiração para uma extensa superfície, com cobertura gramada de altura uniforme, entre 8 e 15cm, em crescimento ativo, com o solo completamente sombreado e sem déficit de água (DOORENBOS; PRUITT., 1977; JENSEN; BURMAN; ALLEN, 1990; AL-GHOBARI, 2000), para grama de referência rebaixada através de cortes.

Allen, Smith e Perrier (1994), apresentaram, mais recentemente, uma atualização na definição de evapotranspiração de referência (ET_o) e no procedimento de cálculo da referida variável. Esses autores recomendam uma grama hipotética com valores fixos de albedo (0,23), altura de 0,12m e resistência do dossel de 70 s m^{-2} , devido, principalmente, à diversidade de gramas consideradas na definição da cultura de referência.

Para atender as reais necessidades hídricas de uma cultura por meio da reposição da água ao solo, é necessário conhecer a evapotranspiração da cultura. Durante o seu estágio de desenvolvimento, isto é, desde o plantio até a colheita, a cultura vai progressivamente

crecendo e ocupando a área disponível do solo, ocorrendo, nestas condições, a evapotranspiração da cultura (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997). A evapotranspiração da cultura (E_{Tc}) pode ser obtida a partir da evapotranspiração de referência (E_{To}) empregando-se um fator de correção, que é o coeficiente de cultura (K_c).

A FAO, por meio do Boletim 56, novamente atualizou os procedimentos de cálculo da evapotranspiração de referência (E_{To}), analisou aspectos relacionados à determinação do coeficiente de cultura (K_c) e recomenda procedimentos de avaliação dos dados empregados nas estimativas de E_{To} .

A evapotranspiração pode ser determinada por métodos diretos ou estimada de forma indireta, a partir de elementos climáticos, utilizando-se modelos teóricos e empíricos (ANTUNES et al., 2000). Sentelhas (2001) apresenta três métodos utilizados na determinação direta da evapotranspiração: os métodos micrometeorológicos, o método do balanço de água no solo e a lisimetria.

Dentre os métodos diretos, o método mais preciso para se determinar a E_{Tc} é a utilização de lisímetros. No entanto, por apresentar custos elevados, seu uso tem ficado restrito a instituições de pesquisa, tendo sua utilização justificada na calibração de outros métodos de estimativa.

Devido à importância do processo de transferência de água para a atmosfera na forma de vapor, bem como a sua complexidade, envolvendo características do solo, da vegetação e da atmosfera, muito esforço tem sido despendido, por pesquisadores do mundo inteiro, na compreensão e estabelecimento de métodos de estimativa desse processo. Assim, diversos pesquisadores em todo o mundo propuseram modelos indiretos para a estimativa da E_{Tc} , com as mais diferentes concepções e número de variáveis envolvidas. Inúmeros são os métodos de estimativa, assim como é grande a disponibilidade de textos sobre o assunto entre os quais destacam-se Jensen, Burman e Allen (1990), Camargo e Sentelhas (1997), Pereira; Villa Nova; Sedyama (1997), Medeiros (1998) e Allen et al. (1998).

A reunião de especialistas para revisão dos procedimentos da metodologia da FAO, com relação a previsões de requerimento de água pelas culturas, chegou a conclusão unânime que a equação combinada de melhor desempenho na estimativa de E_{To} é a de Penman-Monteith (SMITH, 1991).

2.3 COEFICIENTE DE CULTURA

O coeficiente de cultura (K_c) representa os valores mínimos de exigência hídrica das plantas e é determinado empiricamente, variando com a cultura, com seu estágio de desenvolvimento, com o clima e com as práticas agronômicas adotadas.

Segundo Doorenbos e Pruitt (1977) o K_c representa a integração de três características que distinguem a evapotranspiração de referência: i) a altura da cultura que afeta a rugosidade e a resistência aerodinâmica; ii) a resistência de superfície relativa ao binômio solo-planta, que é afetado pela área foliar (determinada pelo número de estômatos), pela fração de cobertura do solo com vegetação, pela idade e condições das folhas, e pela umidade no perfil do solo; iii) e pelo albedo da superfície da cultura-solo, que é influenciado pela fração de cobertura do solo, pela vegetação e pelo teor de água na superfície do solo, que influencia o saldo de radiação disponível à superfície, que é a principal fonte de energia para as trocas de calor e de massa no processo de evapotranspiração.

Para a maioria das culturas, o valor de K_c aumenta desde um valor mínimo na germinação, até um valor máximo, quando a cultura atinge seu pleno desenvolvimento e decresce a partir do início da maturação. Segundo Sedyama, Ribeiro e Leal (1998), durante o período vegetativo, o valor de K_c varia à medida que a cultura cresce e desenvolve, do mesmo modo que varia com a fração de cobertura da superfície do solo pela vegetação à medida que as plantas envelhecem e atingem a maturação.

Uma vez que a ETo representa um índice climático da demanda evaporativa, o K_c varia, essencialmente, de acordo com as características da cultura, traduzindo em menor escala a variação dos elementos climáticos. Esse fato torna possível a transferência de valores de K_c de um local para outro e de um clima para outro. O coeficiente de cultura pode variar com a textura e o teor de água do solo, com a profundidade e densidade radicular e com as características fenológicas da planta. Entretanto, o conceito de K_c tem sido usado, extensivamente, para estimar a necessidade real de água de uma cultura particular por meio de estimativas ou medições de ETo .

Teoricamente, o K_c pode ser decomposto em dois componentes, no coeficiente cultivo basal (K_{cb}) relacionado à transpiração das plantas, e outro relacionado ao solo (K_e). Portanto, o novo K_c , denominado de K_c dual, inclui o efeito da evaporação de água do solo e transpiração das plantas, e depende da disponibilidade de água no interior da zona radicular e da umidade exposta na superfície do solo.

Pesquisas vêm demonstrando que a ET_c não pode ser, simplesmente, estabelecida para todas as situações climáticas com um único valor de K_c . Os coeficientes de culturas, portanto, devem ser determinados para cada estágio de desenvolvimento da cultura.

A determinação do consumo de água e do coeficiente de cultura (K_c) por meio de lisímetros vem sendo empregada no Brasil, utilizando-se entre outros, lisímetros de pesagem, que são considerados os mais precisos. Essas determinações, após várias comparações com os valores recomendados por Doorenbos e Pruitt (1977) e através do manual 24 da FAO, têm demonstrado diferenças significativas, justificando a necessidade de novas medidas, principalmente na fase inicial da cultura (HARGREAVES; SAMANI, 1985; BASTOS, 1994; PEREIRA; ALLEN, 1997; MIRANDA; SOUZA; RIBEIRO 1999) em que os K_c 's são influenciados pelas características da cultura, data de semeadura ou plantio, ritmo de desenvolvimento, duração do período vegetativo, condições meteorológicas e variedade.

Com relação à cultura, depende de fatores como: área foliar, estágio de desenvolvimento, arquitetura foliar, resistência do dossel e outros que geralmente estão associados ao valor do coeficiente de cultura (K_c).

Os dados de K_c apresentados na literatura podem servir de referencial supondo que, na região onde está instalada a cultura, não tenha os dados locais. No entanto, a estimativa de K_c , para as condições reais da área onde está implantada a cultura, é desejável devido às variabilidades climáticas e diferentes práticas agronômicas adotadas em cada região.

2.4 FATORES CLIMÁTICOS QUE AFETAM A EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A evapotranspiração é um processo físico de mudança de estado da água sendo influenciado por alguns fatores climáticos como: precipitação, velocidade do vento, razão de insolação, umidade relativa, temperatura máxima e mínima, além disso, é controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica, por vapor de água e pelo suprimento de água do solo às plantas (ALLEN et al., 1998; PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Dentre os elementos climáticos, a radiação solar é o elemento climático mais importante na estimativa da taxa de evapotranspiração, na região Nordeste. A radiação solar é a maior fonte de energia e é capaz de transformar grandes quantidades de água líquida em

vapor d'água. A quantidade potencial dessa energia que alcança a superfície depende do local e da época do ano, devido às diferentes posições do sol. A radiação potencial difere nas várias latitudes e nas diferentes estações do ano. Quando se estudam os efeitos da radiação solar na evapotranspiração, deve-se considerar que nem toda a energia disponível é usada para vaporizar a água, parte dela é usada para aquecer a atmosfera e o perfil do solo (COUTO; SANS, 2002).

A temperatura do ar tem sua importância pelo fato de ser um dos elementos climáticos mais disponíveis em estações meteorológicas. Na ausência de dados de radiação, esse elemento meteorológico pode ser usado como indicativo de energia no sistema estudado. A radiação absorvida pela atmosfera aumenta a temperatura do ar, contribuindo para o aumento do processo de evapotranspiração. Dessa forma, a temperatura do ar interfere nas condições ambientais, interagindo com outras variáveis de importância para o processo de evapotranspiração.

A oferta de energia do sol e do ar é a principal fonte de energia para evaporar a água, sendo a diferença entre pressão de vapor na superfície e no ar ao redor, fator determinante na transferência de vapor para atmosfera. Campos bem úmidos em regiões áridas, secas e quentes, consomem mais água devido à maior disponibilidade de energia, e poder evaporante da atmosfera. Em climas úmidos de regiões tropicais, apesar da elevada quantidade de energia, a alta umidade relativa do ar reduz a evapotranspiração, pois o ar está sempre próximo à saturação.

A umidade do ar é uma variável que depende da temperatura e age indiretamente sobre a evapotranspiração. À medida que a temperatura do ar decresce numa mesma umidade absoluta, haverá aumento na umidade relativa e queda na evaporação (KLAR, 1988). Quanto maior a umidade relativa, menor é a demanda evaporativa e, portanto, menor é a evapotranspiração (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997). A umidade relativa local e a temperatura determinam o déficit de pressão de vapor.

Quando se usa uma equação combinada como a de Penman-Monteith, vários métodos de cálculo de déficit de pressão de vapor podem ser usados. De acordo com Jensen, Burman e Allen (1990), o método usado pode afetar significativamente a magnitude do termo aerodinâmico.

A diferença entre a pressão de vapor saturado e a atual define o déficit de pressão de vapor, isto é, o quanto de vapor é necessário para saturar determinado volume de ar. É um indicador da capacidade evaporativa do ar.

O vento influencia a advecção, sendo as interações do vento com a temperatura, umidade relativa, déficit de pressão de vapor, e outros, difíceis de serem estimadas por equações (HARGREAVES, 1994). O processo de transferência de vapor depende do aumento da velocidade do vento e da turbulência do ar, a qual transfere grandes quantidades de ar sobre a superfície evaporante. O vento remove a camada de ar logo acima da superfície evaporante, criando uma condição favorável ao aparecimento de um gradiente de pressão de vapor, aumentando dessa forma o poder evaporante no local. Em condições áridas, pequena variação na velocidade do vento, proporciona grande variação na taxa de evapotranspiração (MEDEIROS, 2002).

Todas as variáveis meteorológicas descritas anteriormente participam do processo de evapotranspiração direta ou indiretamente.

2.5 EFEITO DA SALINIDADE SOBRE A EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Segundo Santos (2000), a diminuição do potencial osmótico, em decorrência de altas concentrações de sais na solução do solo, afeta o desenvolvimento das culturas devido à reduzida absorção de água.

A osmose corresponde a um processo pelo qual a água e, não os sais, passam através de uma membrana semipermeável de uma solução menos concentrada para outra com maior teor de sais. A concentração excessiva de sais na solução do solo diminui a energia livre da água, reduzindo sua absorção pelas plantas. O principal efeito dos sais é osmótico, já que o alto nível de sais no solo dificulta a absorção de água pelas plantas (BARROS, 2002).

As altas concentrações de sais na água diminuem a capacidade da planta para dispor desse elemento. Qualquer aumento no conteúdo de sais do solo provoca um decréscimo no potencial osmótico da solução. Assim sendo, níveis de salinidade elevados no solo reduzem o potencial osmótico de sua solução e, em consequência, o potencial hídrico e, por conseguinte, a disponibilidade de água para as plantas, sendo, pois estes fatores, as resistências que as raízes das plantas têm que vencer para absorver água do solo (MENGUEL; KIRKBY, 1987; RHOADES; LOVEDAY, 1990; MEDEIROS, 1992).

Importância deve ser dada ao efeito da salinidade sobre a disponibilidade de água no solo. Existe evidência de que a diminuição no potencial osmótico da solução do solo, provocada por altas concentrações de sais solúveis provenientes da água de irrigação, pode

reduzir ou mesmo impedir a absorção de água pelas raízes das plantas, conforme características próprias e distintas espécies e/ou variedades vegetais, afetando o seu desenvolvimento e rendimento (HOFFMAN; PHENE, 1971; THOMAS, 1980; AYERS; WESTCOT, 1991).

Portanto, a salinidade do solo e da água de irrigação pode reduzir a evapotranspiração pela diminuição da disponibilidade de água para as plantas, que ocorre em consequência da diminuição do potencial osmótico na zona radicular.

Com as irrigações, os sais contidos na água acumulam-se na zona radicular, diminuindo a disponibilidade de água e acelerando sua escassez. Dessa forma, os efeitos do stress hídrico e da salinidade estão estreitamente correlacionados.

Porém, em alguns casos, ocorre aumento da evaporação sob irrigação de alta frequência na superfície do solo, compensando a diminuição do K_c pelo aumento da condutividade elétrica (CE) na zona radicular das plantas (ALLEN et al., 1998).

Os efeitos do stress hídrico sobre a evapotranspiração se refletem mediante a redução do valor do coeficiente de cultura. Isto se verifica ao se multiplicar o valor deste pelo coeficiente de stress hídrico, K_s . O coeficiente K_s descreve o efeito do stress hídrico/salino na transpiração da cultura. Quando se produzem limitações devido à disponibilidade de água no solo, $K_s < 1$, quando não existem condições de stress por falta de água $K_s = 1$.

A presença de fatores adversos a cultura, como a salinidade, reduzem a magnitude de ET_c ajustada (ET_{caj}) em relação com a magnitude potencial da ET_c . O valor de ET_{caj} estimado utilizando o K_s , representa somente uma aproximação muito geral da ET_c a nível mensal ou do período de duração do ciclo da cultura. Portanto, o fator K_s não é válido para predição da ET_c para períodos de tempo diários ou semanais, devido a natureza muito geral do coeficiente K_y (coeficiente de resposta da produção em relação a evapotranspiração) (ALLEN et al., 2006).

Alves (2002), ao determinar a necessidade hídrica do melão, utilizando águas de irrigação com três níveis de salinidade (S1: 1,1; S2: 2,6 e S3: 3,9 dS m⁻¹), verificou que a evapotranspiração diminuiu com o aumento da salinidade, havendo uma redução entre as águas S1 e S3, porém houve um aumento entre as salinidades S1 e S2, concluindo que a evapotranspiração da cultura tendeu a ser menor para as águas mais salinas, com redução a partir da quinta semana.

Com o mesmo objetivo, Medeiros et al. (2005), utilizando também três níveis de salinidade da água de irrigação (S1: 1,2; S2: 2,5 e S3: 4,4 dS m⁻¹), verificou que a

evapotranspiração do meloeiro diminuiu quando a salinidade da água de irrigação cresceu entre 1,2 e 4,4 dS m⁻¹.

Figueirêdo (2008), ao determinar a evapotranspiração do melão, verificou uma redução do consumo de água pela cultura, ao comparar níveis de água de irrigação de menor e maior salinidade (S1: 0,55 e S5: 4,5 dS m⁻¹), verificando uma redução de 289,7 para 216,5 mm da lâmina evapotranspirada do nível S1 para o S5, durante o ciclo da cultura.

2.6 EFEITO DA SALINIDADE SOBRE AS CULTURAS

Além do efeito osmótico as plantas são também afetadas pelo efeito específico de natureza nutricional, que reduz o crescimento e desenvolvimento das plantas, e pelo efeito tóxico, que causa sintomas e danos característicos, devido à acumulação excessiva de um ou mais íons específicos na planta. Tem-se constatado efeitos nocivos específicos de sais solúveis, quando em excesso, diretamente sobre os tecidos vegetais ou interferindo indiretamente a disponibilidade de nutrientes (BERNSTEIN, 1964; STROGO NOV, 1964; THOMAS, 1980 *apud* SANTOS, 2000).

O manejo da salinidade do solo constitui em um importante aspecto quando se utiliza água salina para irrigação. Isto requer um entendimento de como os sais afetam as plantas e os solos, de como os processos hidrológicos afetam a acumulação de sais e, também, de como os tratamentos culturais e a irrigação afetam a salinidade do solo e da água.

Segundo Ayers e Westcot (1999), nem todas as culturas respondem igualmente à salinidade; algumas produzem rendimentos aceitáveis em níveis altos de salinidade e outras são sensíveis a níveis relativamente baixos. Esta diferença deve-se a melhor capacidade de adaptação osmótica de algumas culturas, permitindo absorver, mesmo em condições de salinidade, maior quantidade de água. Esta capacidade de adaptação é muito útil e permite a seleção das culturas mais tolerantes e capazes de produzirem rendimentos economicamente aceitáveis, quando não se pode manter a salinidade do solo compatível com o nível de tolerância das plantas.

Entretanto está demonstrado que os efeitos da salinidade sobre as plantas dependem do estágio fenológico ou desenvolvimento em que se encontram, da variedade, dos fatores ambientais, especialmente umidade relativa, temperatura e radiação, incluindo ainda

fertilidade do solo e manejo do cultivo (FRANCOIS, 1984; SHANNON; BOHN; McCREIGHT, 1984; MAAS et al., 1986).

Shannon e Francois (1978) afirmaram que a salinidade pode afetar o comportamento das plantas de forma diferente, em função do seu estágio de desenvolvimento.

Os efeitos da salinidade sobre o rendimento das culturas há muito vem merecendo destaque na literatura especializada, com ênfase na classificação das culturas quanto à tolerância a salinidades, assim denominada por depender das condições ambientais e da planta com relação à espécie, à fase fenológica e ao estado nutricional. Preocupações mais recentes incluem, inclusive, diferenças entre cultivares de uma mesma espécie.

A disponibilidade da literatura sobre tolerância das plantas (MAAS; HOFFMAN, 1977; MAAS, 1986; AYERS; WESTCOT, 1999) à salinidade permite escolher plantas compatíveis aos teores de sais existentes em determinada área, no entanto, é importante reconhecer que tais dados de tolerância aos sais não podem fornecer, com precisão, as perdas de produtividade quantitativas em função da salinidade para todas as situações, uma vez que, a resposta das plantas à salinidade do solo varia com outras condições de crescimento, como condições climáticas e de solo, manejo agrônomico e de irrigação, variedade da cultura, estágio de crescimento entre outros.

A tolerância das plantas à salinidade pode ser estabelecida mediante diferentes critérios: capacidade de sobrevivência em solos salinos, produção ou crescimento absoluto em condições salinas e comportamento produtivo ou de crescimento em solos salinizados com respeito aos não salinos (MAAS, 1986).

Vários pesquisadores têm tentado desenvolver uma função de produção para as culturas em relação à água de irrigação salina (LETEY; DINAR; KNAPP, 1985, LETEY; DINAR, 1986; BRESLER, 1987). Esses modelos combinam relações entre rendimentos e evapotranspiração, entre rendimento e salinidade na zona radicular, e entre salinidade na zona radicular e fração de lixiviação.

Em artigos que tratam sobre o impacto da salinidade sobre a produção das culturas, Letey, Dinar e Knapp (1985) e Shalhevet (1994) concluem que os efeitos da salinidade do solo e o stress hídrico são aditivos com respeito ao seu impacto sobre a evapotranspiração. Portanto, são aplicadas as mesmas funções de produtividade-ET tanto para os casos de stress originado por falta de água, como para os casos de stress ocasionado pela salinidade (ALLEN et al., 2006).

A FAO preconiza um modelo de análise de produtividade da cultura relacionado à evapotranspiração, possibilitando sua utilização no manejo da irrigação (DOORENBOS;

KASSAN, 1994). Utiliza-se para tal fim, o fator K_y , que é o fator de resposta da produção e é relacionado à sensibilidade da planta ao déficit hídrico/salino ao longo de seu ciclo produtivo, o qual relaciona o decréscimo no rendimento relativo ($1 - (Y_r/Y_m)$) ao déficit de evapotranspiração relativa ($1 - E_{Tr}/E_{Tm}$).

A utilização de equações baseadas na evapotranspiração e no fator K_y permite a estimativa do impacto do manejo da irrigação na produção econômica da cultura e auxilia na escolha de estratégias de manejo de água.

Existem na literatura dados apresentados por Maas e Hoffman (1977) e Maas (1986) onde eles apresentam a tolerância à salinidade de várias culturas, expressa em termos de salinidade limiar (SL), que é o nível até onde os rendimentos da cultura não são afetados pela salinidade, bem como o decréscimo relativo do rendimento (b) devido ao incremento unitário da CE acima do nível crítico, ou seja, acima da SL.

Informações relativas à tolerância do meloeiro à salinidade, apesar do grande interesse envolvido, são escassas. Entretanto, para um esquema racional de manejo de irrigação, é básico o conhecimento dos efeitos dos sais ao longo do ciclo da planta. Tais dados permitem estabelecer critérios de maior exposição da planta ao meio adverso e à necessidade de uma condução cultural bem feita, orientando racionalmente a prática da irrigação.

De acordo com Ayers e Westcot (1999) como critério para escolha de uma cultura quanto à tolerância à salinidade, pode ser aceita uma diminuição no rendimento potencial de até 10%, isto é, a salinidade máxima aceitável é aquela que permite produzir rendimento relativo mínimo de 90%.

Na Espanha, Franco, Fernandes e Bañón (1997), estudando o efeito da salinidade (2,5, 5,0 e 7,5 dS m⁻¹) na área foliar e no rendimento de híbridos de melão cantaloupe (Delada, Gallicum, Galor, Melina, Regal e Revigal) concluíram que aos 36 dias após o plantio, o Melina apresentou maior área foliar para os níveis de salinidade 5,0 e 7,5 dS m⁻¹ (28,01 e 21,32 cm² planta⁻¹, respectivamente). Para o rendimento, o Melina obteve 2,79 e 2,32 kg m⁻² nas salinidades de 5,0 e 7,5 dS m⁻¹, respectivamente, mas não diferiu do Regal e do Galor na condutividade elétrica intermediária e do Gallicum, na condutividade elétrica alta.

Shannon e François (1978) citam que o melão tem um valor de salinidade limiar expresso em termos de condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) de 2,2 dS m⁻¹ e perda de rendimento relativo por aumento unitário de SL de 5,9 %. Este limite de tolerância registrado na literatura refere-se a níveis de salinidade ocasionados pelo uso de água de qualidade inferior.

Figueirêdo (2008) encontrou, para um rendimento de 90% do melão Orange flesh, um valor de salinidade limiar de aproximadamente 1,477 e 1,429 dS m⁻¹, para a produtividade comercial (PRC) e total (PRT), respectivamente. Verificando que houve um decréscimo de 11,64% e 11,03% na PRC e PRT, respectivamente, por acréscimo de 1 dS m⁻¹ da água de irrigação.

Experimentos de campo têm mostrado que o melão é uma cultura de grande potencial para irrigação com águas salinas (GOLDBERG; GORNAT; BAR-YOSEF, 1971; PASTERNAK et al., 1978, 1980). Botella, Costa e Nuez (1993) encontraram que o valor médio dos índices de tolerância à salinidade, expressos como a relação entre a produção total obtida no tratamento salino (CE = 8,0 dS m⁻¹) e na testemunha (não salina), se situa em torno 0,6, indicando uma diminuição média da produção para o conjunto dos cultivares de 40%. Este valor supõe-se em termos globais um incremento de tolerância de uns 10% com respeito ao encontrado por Shannon e Francois (1978) utilizando a mesma CE, embora tenha utilizado outros cultivares e outros sistemas de cultivo. A faixa de variação encontrada entre as dez cultivares corrobora a existência de suficiente variabilidade dentro da espécie no que concerne a tolerância à salinidade.

Franco, Fernandes e Bañón (1997), pesquisando seis híbridos do melão tipo Gália (Delana, Gallicum, Golar, Melina, Regal e Revigal) na Espanha, verificaram que o Melina foi o mais tolerante, produzindo 66% para a água de 7,5 dS m⁻¹ em relação ao rendimento obtido com a água de 2,5 dS m⁻¹, enquanto o Delano foi o mais sensível produzindo apenas 56% nas mesmas condições.

Referindo-se aos estados fenológicos ou de desenvolvimento, a tolerância à salinidade no melão não guarda muita relação entre os primeiros estágios de crescimento e os últimos. As sementes de melão são especialmente tolerantes no período de germinação, diminuindo a tolerância no estágio de plântulas. Assim, em ensaios realizados por Nukaya (1983) com variedades japonesas, não se encontrou diferenças durante os sete primeiros dias de germinação, ao irrigar-se com água de CE que variava entre 2,43 e 15,20 dS m⁻¹. No entanto, observou-se uma diminuição do crescimento no estágio de plântula, quando a CE da água superava 3,03 dS m⁻¹.

Barros (1998) trabalhando com um híbrido de melão, cultivar Gold mine, estudando os efeitos de nove diferentes combinações de águas com CEa variando entre 1 e 5 dS m⁻¹), nas 4 fases do ciclo do meloeiro, não encontrou efeitos significativos nas fases de crescimento e desenvolvimento, porém apresentaram efeitos nos parâmetros de produção total e comercial.

Costa (1999), em experimento de campo avaliando o efeito de duas águas de irrigação (CE de 0,55 e 2,65 dS m⁻¹) e seis lâminas de irrigação proporcionais a evapotranspiração máxima da cultura, encontrou redução no rendimento do melão híbrido Gold Mine em 10 e 27% para dois ciclos da cultura. Analisando os dois ciclos de cultivo conjuntamente, estes tiveram uma produção máxima física média de 36,72 Mg ha⁻¹ para uma lâmina aplicada de 399 mm, embora se obtivesse 80 e 90% da produção máxima com lâminas de 196 e 256 mm, respectivamente.

Barros (2002), utilizando a cultura do melão Orange flesh, e água de irrigação de 1,1 e 4,5 dS m⁻¹ verificou efeito da salinidade da água de irrigação sobre o rendimento comercial (PRC) e total (PRT), número de frutos comercial (NFC) e total (NFT) e peso médio comercial (PMC) e total (PMT).

Porto Filho et al. (2006), ao avaliar a viabilidade da irrigação do meloeiro com águas salinas em diferentes fases fenológicas da cultura, concluiu que aumentos na salinidade da água de irrigação reduzem as produções comercial e total do meloeiro. Segundo o autor, quanto mais próximo do início do ciclo da cultura se usar águas salobras na irrigação, maior será a redução da produção comercial e total de frutos.

Avaliando o efeito da salinidade na produção da cultura do melão; Medeiros, Dias e Barros (2008), verificaram que a salinidade da água de irrigação interferiu significativamente sobre a produtividade comercial (PRC) e total (PRT) obtendo, respectivamente, com a água de irrigação de menor salinidade (CEa = 1,1 dS m⁻¹) 40,0 Mg ha⁻¹ e 52,2 Mg ha⁻¹, valores esses reduzidos em 36,3 e 30,1% respectivamente para a água considerada mais salina (CEa = 4,5 dS m⁻¹) ou seja, 10,6; 8,9 %; por incremento unitário da salinidade da água de irrigação acima de CEa = 1,1 dS m⁻¹.

2.7 MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO

2.7.1 Medida da ETc: Lisímetro

A medida direta *in situ* de evapotranspiração é extremamente difícil e onerosa. Difícil devido à exigência de instalações e equipamentos especiais; e onerosa porque tais

estruturas são de alto custo, justificando-se apenas em condições experimentais (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997).

A Organização Mundial de Meteorologia - WMO (1966) usa o termo “evapotranspirômetros de solo” ou ainda “containers de solo e vegetação do qual a água perdida é medida por pesagem ou contagem, para toda entrada e saída de água da superfície e no fundo do container”, quando se referem aos lisímetros.

Medeiros (2002) define lisímetros como sendo grandes “reservatórios”, localizados no campo e preenchidos com solo, a fim de representar o ambiente local, com superfície vegetada ou não, para determinação da evapotranspiração de uma cultura em crescimento ou de uma cobertura vegetal de referência ou, ainda, da evaporação a partir de um solo não vegetado. Os lisímetros devem ser preenchidos com solo, mantendo a mesma seqüência de horizonte do solo original.

Conhecidos e utilizados há 300 anos, nestas últimas décadas foram desenvolvidos basicamente dois tipos principais, os de pesagem e os de não pesagem.

Aboukhaled, Alfaro e Smith (1982) e Allen, Pruitt e Jensen (1991) apresentaram extensa revisão de diversos tipos de lisímetros, destacando como mais precisos os de pesagem, que determinam diretamente a evapotranspiração pela variação da massa de um volume de solo vegetado e confinado por paredes impermeáveis durante um intervalo de tempo. Dependendo da sensibilidade da balança pode-se medir a ETc em intervalos de tempo inferiores a um dia.

Mais recentemente, a variação da massa do lisímetro tem sido medida por células de carga que alteram uma corrente variando sua resistência em função de micro deformação causada pela variação da massa sustentada. Para Silva (1996), a acurácia desses sistemas depende das características da célula de carga e do sistema de armazenamento/processamento de dados.

Howell, Schneider e Jensen (1991) indicam que a exatidão de um lisímetro depende da resolução, que é o número de casas decimais da mensuração; da precisão, que é a estabilidade da mensuração; e da acurácia, que é a diferença entre o valor mensurado e o valor verdadeiro.

A sensibilidade da evapotranspiração medida em lisímetros de pesagem está diretamente relacionada com o período de tempo no qual serão feitas as medidas, sendo as integrações menores do que 10 a 15 min geralmente impraticáveis. Muitos lisímetros possuem resolução, com aproximações de 0,01mm. Contudo, a interferência do vento limita essa

sensibilidade em cerca de 0,02mm (RITCHIE; BURNETT, 1968). A resolução para um intervalo de integração diário (24h) é de 0,1mm.

Os lisímetros, quando bem instalados, possibilitam medidas precisas da evapotranspiração, principalmente quando os mesmos são preenchidos corretamente, pois, dessa forma, as camadas de solo no seu interior assemelham-se o máximo possível às camadas de solo da área externa (SILVA, 2003).

No entanto, Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002) comentam que tais estruturas se justificam apenas em condições experimentais com observações rigorosas das condições de contorno que visam minimizar os efeitos advectivos, principalmente em época de deficiência hídrica. Nesse sentido, os lisímetros devem ser colocados de tal forma que obstáculos não alterem a radiação incidente e/ou o padrão do vento.

Camargo (1962), Pruitt e Lourence (1985) e Allen, Pruitt e Jensen (1991) alertam para alguns cuidados básicos a serem adotados na instalação e manejo de um lisímetro, que são determinantes da representatividade das medidas. Entre eles destaca-se o problema de se manter idênticas as condições dentro e fora do lisímetro para se evitar os efeitos oásis (área úmida circundada por área seca) e buquê (plantas maiores dentro do lisímetro). Visualmente, a presença do lisímetro deve ser pouco perceptível para que tais efeitos se minimizem.

Grebet e Cuenca (1991) advertem que diversos fatores podem causar distúrbios nas medidas de lisímetro, citando a remoção de um volume considerado de solo, próximo ao lisímetro e a posterior compressão do mesmo. Isso acarreta em alteração na macroporosidade do solo, diferenciando-o das condições adjacentes.

Howell, Schneider e Jensen (1991), observaram que as paredes dos lisímetros de pesagem podem afetar a transferência de calor para os mesmos, assim como o fluxo de água nas paredes. Os autores relatam que uma proteção seja colocada entre as caixas interna e externa do lisímetro, com a finalidade de proteger o conjunto contra a entrada de chuva ou sujeira. A entrada de chuva ou material estranho interfere nas medidas e pesagens. Outros problemas, citados pelos autores, são as visitas de pessoas cujo tráfego, faz caminhos que mudam a hidrologia do local e o desenvolvimento da cultura ao redor do lisímetro. Muitos investigadores usam para se aproximar do lisímetro, tábuas ou tijolos, para caminharem, quando a superfície do solo está úmida. A descontinuidade da cultura determinada por diferenças entre as culturas dentro e próxima do lisímetro, também afeta a taxa de evapotranspiração.

Já Wright (1991) alerta que pelo fato da proteção entre paredes interna e externa ser flexível, pode ocorrer problemas de excesso de umidade no interior do lisímetro, durante

evento de chuvas ou irrigações pesadas. A água, advinda de precipitações ou irrigações pesadas, se acumula no material flexível que cobre a fenda entre as paredes externa e interna do lisímetro, resultando em aumento de umidade no local, vindo depois a condensar e retornar ao lisímetro, criando um mini-ciclo hidrológico.

O sistema de pesagem de um lisímetro, também pode ser afetado pela temperatura de operação da célula de carga (SILVA; FOLEGATTI; MAGGIOTTO, 1999).

O efeito de pressão do vento sobre a superfície do lisímetro constitui outra fonte de erro. Segundo esses autores, as oscilações provocadas pela pressão exercida pelos ventos, podem diminuir, com o aumento do intervalo de registro (BERGAMASCHI et al., 1997).

Segundo Allen, Pruitt e Jensen (1991), quando as medidas de lisímetros diferem das estimativas feitas por modelos com forte base física, como o de Penman-Monteith-FAO, é possível que o dispositivo lisimétrico não esteja representando as condições ambientais de estudo.

2.7.2 Estimativa da ETo: Equação de Penman-Monteith-FAO

A evapotranspiração é um processo governado por trocas de energia de uma superfície vegetada e é limitado pela quantidade de energia disponível. Por isso, é possível prever a taxa de evapotranspiração através do balanço de fluxos de energia, conforme a equação: $\lambda ET = R_n - H - G$, em que: λET é a densidade de fluxo de calor latente; H é o calor sensível da camada limite de equilíbrio; G é o calor sensível do solo; R_n é a densidade de fluxo de radiação líquida; λ é o calor latente requerido para evaporar uma unidade de água, expresso como unidade de energia por unidade de massa (ALLEN et al., 2006).

Geralmente existem camadas turbulentas e complexas, dentro e acima das coberturas vegetais. Os efeitos da divisão de energia dentro da cobertura vegetal podem ser explicados por meio de simples resistência. Esse fato é geralmente explicado, na teoria da “big leaf” de Monteith (1965) e Monteith (1985), onde as resistências (da cobertura e aerodinâmica) operam em série entre o interior das folhas e alguma altura de referência, situada acima da vegetação (ALLEN; SMITH; PERRIER, 1994).

Segundo Peres (1994), Penman desenvolveu sua equação incorporando a velocidade do vento, relacionando-a a superfície de água livre, a partir de duas premissas; primeiro: que as fontes e sumidouros de calor sensível ocorrem em um mesmo plano, por

exemplo, a lâmina de uma folha; segundo: que a pressão de vapor da superfície evaporante seja igual à pressão de vapor de saturação da água a temperatura da superfície (relacionada ao calor latente). Thom (1975), citado pelo autor, relata que o fluxo de calor sensível é originado a partir da superfície das folhas, enquanto que o fluxo de calor latente tem sua origem nos espaços intercelulares da folha. Oke, citado por Peres (1994), relata que essa segunda condição, dificilmente ocorre em superfícies evaporantes. Dessa forma, ele afirma que o método de estimativa de ETo de Penman não é um caso geral, mas uma condição particular aplicada a superfícies de água livre, como um lago ou tanque de evaporação, ou ainda superfícies molhadas, como uma vegetação após uma chuva ou uma irrigação por aspersão. Penman (1948) não incluiu a função de resistência à transferência de vapor d'água em sua equação original. A equação, combinada com o termo aerodinâmico e resistência da superfície de uma cobertura vegetal, é chamada de equação de Penman-Monteith (MONTEITH, 1985).

Jensen, Burman e Allen (1990) relatam que essa equação de PM é mais precisa, quando usada na base horária ou somando-se os valores para obter estimativa diária de ETo. Segundo os autores, exemplos de cálculos mostram claramente que quando usados elementos climáticos diários, a equação de Penman-Monteith, pode proporcionar estimativas precisas de ETo. Porém, Doorenbos e Pruitt (1977) alertam que o uso de dados climáticos médios em equações combinadas pode conduzir a erros significativos, que resultam de várias combinações entre elementos climáticos, como velocidade do vento, umidade do ar e saldo de radiação.

A Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem (ICID) e a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), consideram o método de Penman Monteith como padrão de cálculo da evapotranspiração de referência, a partir de dados meteorológicos (SMITH, 1991; ALLEN et al., 1998).

A maioria das equações desenvolvidas não são universalmente aplicadas sem as modificações ou calibrações locais, para toda situação de cultura ou condição climática, especialmente em clima seco e quente (AL-GHOBARI, 2000).

A FAO através de seus consultores (SMITH, 1991), recomendam que os métodos empíricos de estimativa de ETo, sejam calibrados e validados para outras regiões, sendo a equação PM-FAO a referência padrão para esses ajustes. Essa aplicação deve ser feita para locais próximos que tenham medidas climáticas suficientes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, localizada no distrito de Alagoinha (5°03'37"S; 37°23'50"W e altitude de 72 m), pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, distante 20 km da cidade de Mossoró-RN.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima de Mossoró é do grupo BSw^h, isto é, clima seco, muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, apresentando temperatura média de 27,4° C, precipitação pluviométrica anual muito irregular, com média de 673,9 mm e umidade relativa do ar de 68,9% (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1995).

O solo da área experimental é classificado como um Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico (SUDENE, 1968). Atualmente classificado, conforme EMBRAPA (1999) como Argissolo Vermelho-Amarelo, fase caatinga hiperxerófila e relevo plano.

A água de irrigação disponível na Fazenda Experimental é proveniente de um poço perfurado do aquífero Arenito Açú, com profundidade aproximada de 1000 m, com água de boa qualidade, e condutividade elétrica da água (CEa) em torno de 0,57 dS m⁻¹.

Foram coletadas amostras de solo na área experimental, a fim de promover a adubação adequada das parcelas e seguir a recomendação de adubação para a cultura, onde a adubação foi realizada por fertirrigação. Sendo realizada, também, a análise da água disponível, proveniente do poço profundo.

Na Tabela 1, encontram-se as análises realizadas para fins de fertilidade do solo e da água utilizada do poço profundo.

Tabela 1. Características químicas do solo e da água de irrigação. Mossoró - RN, 2009.

Solo (profundidade (0-20 cm))										
P	K ⁺		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Soma de Bases		Al ³⁺	pH (H ₂ O)	
(cmol _c dm ⁻³)										
0,09	0,15		1,20	0,70	0,17	2,22		0,00	7,90	
Análise da água (Poço Profundo)										
CE	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	pH	RAS	RAS _{aj}
dS m ⁻¹	mmol _c dm ⁻³									
0,57	3,1	0,44	0,9	2,16	2,4	1,4	4,6	8,8	1,97	1,80

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas 5 x 3, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos dos níveis de salinidade: S1 = 0,65; S2 = 1,65; S3 = 2,83; S4 = 3,06 e S5 = 4,73 dS m⁻¹ (valores médios obtidos no período de duração do ciclo da cultura) e os níveis de nitrogênio: N1 = 42,5; N2 = 85,0 e N3 = 127,5 kg ha⁻¹.

As parcelas experimentais foram constituídas de três fileiras de plantas de 20,1 m de comprimento espaçadas de 2,0 m; sendo duas fileiras bordaduras e a fileira central a parcela útil. Da mesma forma as subparcelas foram constituídas de três fileiras de plantas sendo a fileira central a subparcela útil, considerando-se um comprimento de 5,7 m (cada subparcela) para a colheita. Foram consideradas como bordadura as duas extremidades de 0,5 m da parcela, bem como a distancia de 1 m entre as subparcelas.

A água de menor salinidade (S1) foi proveniente de um poço artesiano profundo e a água de maior salinidade (S5) produzida previamente, em tanque de 5000 litros, com a mistura dos sais NaCl, CaCl.2H₂O e MgSO₄.6H₂O, de modo que a relação catiônica Na:Ca:Mg foi de 7:2:1. A proporcionalidade utilizada para Na:Ca:Mg é, de acordo com Medeiros (1992), uma aproximação representativa da maioria das fontes de água disponíveis para irrigação no Nordeste brasileiro. Os outros três níveis de salinidade da água foram obtidos da mistura dessas duas águas, sendo monitorados diariamente com o uso de condutivímetro portátil.

Os níveis de nitrogênio foram aplicados via fertirrigação, sendo a dose padrão de $85,0 \text{ kg ha}^{-1}$ (100%), valor aproximado ao usualmente utilizado em cultivos comerciais pelos produtores da região. Os três níveis de nitrogênio foram produzidos com o arranjo das linhas de gotejadores da seguinte forma: em todo o experimento foram instaladas duas linhas de gotejadores por fileira de planta, onde, em uma dessas duas linhas era fornecida a adubação nitrogenada, onde os níveis N1 (50%) e N3 (150%) de cada parcela foram obtidos com a utilização de gotejadores espaçados de 0,4 m e 0,2 m respectivamente, o que forneceu assim vazões diferentes por metro linear, conseqüentemente o nível de adubação diferente em cada parcela. A outra linha de gotejadores foi instalada apenas para compensar o volume de água aplicado em cada parcela, isto é, onde se tinha gotejadores espaçados de 0,2 m na linha do nitrogênio se tinha gotejadores espaçados de 0,4 m na outra linha dentro da parcela, e vice-versa. Já para o nível N2, as duas linhas tinham gotejadores espaçados de 0,3 m, proporcionando assim uma vazão igual por metro linear e adubação nitrogenada média nesta parcela. Esse sistema proporcionou lâminas de irrigação idênticas e níveis de N variáveis, conforme o tratamento. O croqui da área experimental com o detalhe dos tratamentos encontra-se na Figura 1.

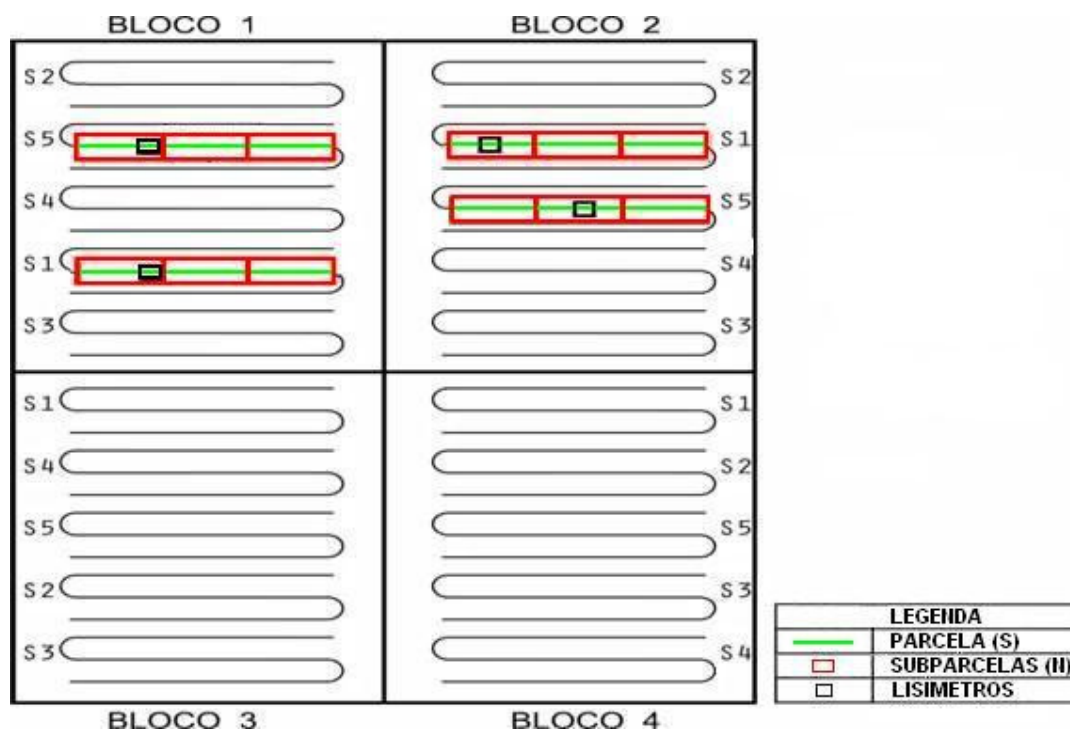


Figura 1. Croqui da área experimental, com a distribuição das linhas nas parcelas (salinidade) e subparcelas (nitrogênio). Mossoró - RN, 2009.

3.3 PLANTIO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

A área plantada foi de 0,24 hectares, com mudas adquiridas de um fornecedor comercial de sementes. O transplântio das mudas ocorreu no dia 29 de outubro de 2008. Utilizou-se o melão tipo Gália híbrido Néctar, pertencente ao grupo botânico *Cucumis melo* var. *Cantalupensis* Naud., que pertence ao grupo dos melões aromáticos (de frutos com superfície rendilhada, verrugosa ou escamosa, polpa com aroma característico, coloração alaranjada, salmão ou verde) (MENEZES et al., 2000), sendo utilizado um espaçamento entre plantas de 0,4 m. A cultura foi conduzida sobre o mulch (filme de polietileno preto-branco, sendo a face branca voltada para cima), colocado previamente nos camalhões, os quais foram preparados com aração e gradagem. O ciclo da cultura foi de 61 dias, contados a partir do transplântio, sendo as colheitas realizadas aos 54 e 61 dias após o transplante.

A área foi irrigada por meio de um sistema de irrigação localizada por gotejamento, com duas linhas laterais por cada fileira de planta e emissores com vazão de 1,3 L h⁻¹ a uma pressão de 100 kPa, por gotejador.

O manejo da irrigação foi realizado com base na estimativa da evapotranspiração máxima da cultura (ET_m) conforme o método proposto pela FAO 56 (ALLEN et al., 2006).

A lâmina bruta total de irrigação aplicada durante o ciclo da cultura foi de 327,4 mm, os valores das lâminas de água aplicadas por estágio fenológico da cultura podem ser vistos no Anexo I.

3.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

3.4.1 Evapotranspiração da cultura

Para a determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c) nos diversos estádios de desenvolvimento da planta, foram utilizados quatro lisímetros de pesagens idênticos, com duas repetições, que estavam instalados nas parcelas de menor e maior salinidade, isto é, S1 e S5, respectivamente, nos blocos 1 e 2 (Figura 1).

Os lisímetros possuíam dimensões de 1,5 x 1,5 m de área e 1,0 m de profundidade útil (dimensões internas), constituídos de chapa de aço de 0,5 mm, com uma saída para drenagem localizada ao fundo da caixa.

Esta caixa interna de aço (lisímetro) estava instalada em cima de uma balança eletrônica de precisão que, por sua vez, estava assentada em uma laje de concreto com espessura de 10 cm. Externamente a esta caixa, estava instalada uma outra caixa constituída do mesmo material da primeira, também assentada na mesma laje de concreto, ficando espaçada da caixa interna aproximadamente 5,5 cm, com dimensões internas de 1,56 x 1,56 cm. A Figura 2 apresenta o esquema dos lisímetros utilizados.

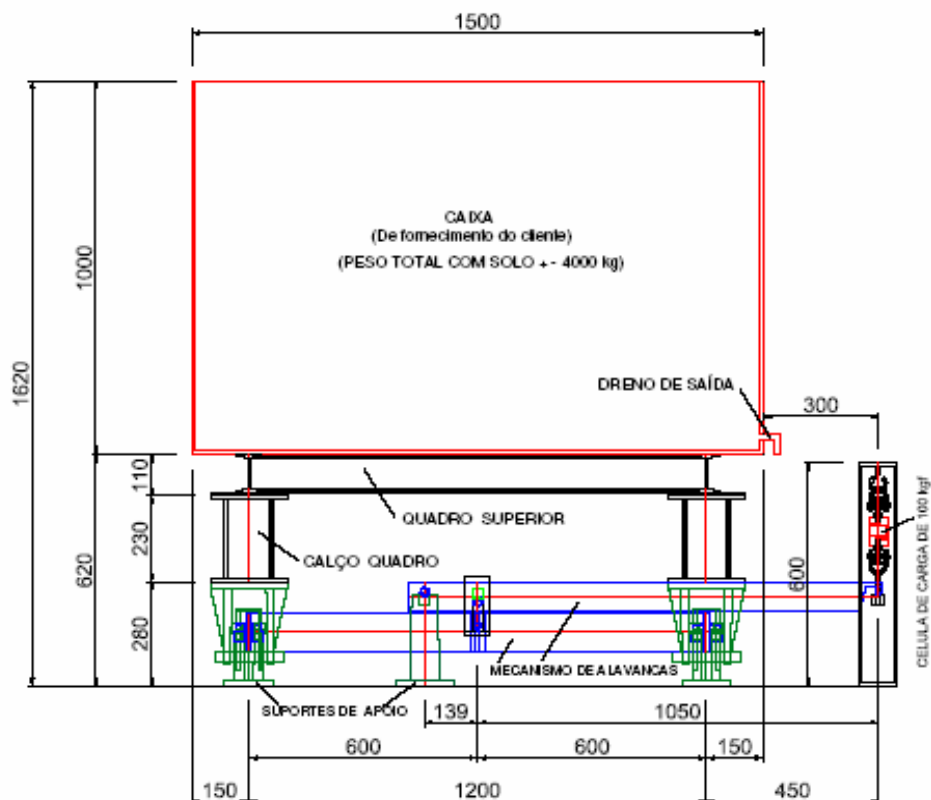


Figura 2. Esquema dos lisímetros, mostrando a balança, mecanismos de alavancas, caixa e células de carga (dimensões em mm). Mossoró - RN, 2009.

A balança eletrônica utilizada foi da marca Açores modelo específico, cuja capacidade de peso é de 5000 kg. A balança possui uma barra de pesagem (braço de apoio), ao qual se ligava ao elemento sensível (célula de carga) transferindo o peso do conjunto lisimétrico à célula de carga com uma redução na proporção de 1:50 nos lisímetros do bloco 1. Já para os lisímetros do bloco 2 foi utilizado um contra-peso ligado ao braço, o qual

aumentava a sensibilidade da célula de carga, com uma proporção de 1:100. As células de carga utilizadas foram da Alfa Instrumentos modelo SV50 e SV100. Detalhes do sistema de pesagem (balança) podem ser visualizados no Anexo II.

Em cada lisímetro, instalado na linha de plantio, haviam quatro plantas, espaçadas de 0,4 m. As plantas dos lisímetros tiveram o mesmo tratamento que as demais, considerando-se aspectos como data de transplântio, fertirrigação e controle fitossanitário.

A irrigação nos lisímetros foi feita através de um sistema independente, instalado próximo a cada lisímetro (Figura 3), utilizando-se espaguete para distribuição de água às plantas. Essa técnica foi utilizada, para se ter um maior controle no volume de água que entrava no sistema (lisímetro). A lâmina de água aplicada foi calculada com base no tempo de irrigação aplicado no resto da área experimental.



Figura 3. Detalhe da irrigação dos lisímetros instalados na área. Mossoró - RN, 2009.

Anteriormente ao transplântio da cultura foi realizada a calibração de todos os lisímetros, para posterior conversão da leitura feita pelo datalogger, dada em mili volts (mV), para massa (kg). Para isto, foi realizada a adição unitária e sucessiva, e posterior subtração, de massas-padrão, com peso conhecido, sobre a superfície do lisímetro, efetuando-se simultaneamente as medições com leituras correspondentes no sistema de aquisição de dados,

de forma a coletar valores para aferição posterior. Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão obtendo-se para os lisímetros S1B1, S5B1, S1B2 e S5B2, respectivamente, a relação $y = 2900,8x - 5015,9$; $y = 3335,5x - 5818,7$; $y = 916,32x - 529,28$ e $y = 900,95x - 599,8$, em que y é a massa (kg) e x é a leitura (mV) e respectivos coeficientes de determinação (R^2) iguais a: 0,9931; 0,9938; 0,9679 e 0,9962. As curvas e análise de regressão podem ser vistas nos Resultados e discussão.

Maiores detalhes do processo de calibração de lisímetros podem ser encontrados em Miranda, Yoder e Souza (1999).

De acordo com a metodologia apresentada por Medeiros, Sentelhas e Lima (2003), para efeito do cálculo da evapotranspiração, os dados do lisímetro devem ser tomados a partir da diferença de massa do conjunto solo-caixa no início do dia (0 h) e a massa obtida no final do dia (24 h). No entanto, a metodologia utilizada neste trabalho foi a mesma recomendada por Silva (2003). Segundo o autor, todas as leituras do lisímetro devem ser analisadas diariamente para que ocorrências de chuva, irrigação ou drenagem do volume de solo controlado sejam identificadas e desconsideradas do cálculo da ETc.

Uma vez realizado esse procedimento diário, a massa era obtida pela conversão do sinal elétrico, utilizando a equação de calibração, e a lâmina evapotranspirada obtida pela relação entre a massa e a área ocupada pelas plantas do lisímetro (1,6 x 2,0 m).

3.4.2 Evapotranspiração de referência

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi calculada a partir de dados climáticos obtidos em uma estação agrometeorológica automática instalada no local (Figura 4). Dessa forma, a lâmina de irrigação foi calculada de modo a repor as perdas por evapotranspiração da cultura calculados para a fase de desenvolvimento da planta pelo método da FAO 56 sendo o ajuste da lâmina feito pelas leituras dos lisímetros.



Figura 4. Estação Agrometeorológica automática instalada na área experimental. Mossoró - RN, 2009.

Os elementos meteorológicos necessários para a estimativa de ETo pelo método de Penman-Monteith, parametrizado pela FAO, foram coletados da estação automática instalada na área experimental, e equipada com os seguintes sensores instalados a uma determinada altura acima do solo:

- velocidade do vento, a 2m acima do solo;
- temperatura e umidade relativa do ar, a 2m acima do solo;
- radiação líquida, a 1 m acima do solo;
- precipitação, a 1,5 m acima do solo;
- radiação solar global, a 1,0 m acima do solo.

No lisímetro S1B2 foi instalado a 0,08 m de profundidade um sensor de densidade de fluxo de calor no solo e um sensor de temperatura do solo (termistor) a 0,06 m. O sensor de radiação líquida, também se encontrava instalado nesse lisímetro.

Todos esses sensores, que podem ser visualizados no Anexo III, estavam ligados a um datalogger CR23X da Campbell Scientific, em que as leituras eram computadas a cada 60 segundos e armazenadas as médias a cada 10 minutos. A coleta dos dados foi feita semanalmente, via módulo de memória, modelo SM4M.

Segundo as parametrizações propostas pelo boletim FAO-56 (ALLEN, et al. 2006), a equação original de Penman-Monteith assume a seguinte forma para a evapotranspiração de referência:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T_{med} + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (1)$$

sendo:

ET_o: evapotranspiração de referência, mm d⁻¹;

R_n: saldo de radiação, MJ m⁻² d⁻¹;

G: densidade de fluxo de calor no solo, MJ m⁻² d⁻¹;

T_{med}: temperatura média diária do ar a 2m de altura, °C;

u₂: velocidade do vento média diária a 2m de altura, m s⁻¹;

e_s: pressão de saturação do vapor média diária, kPa;

e_a = pressão atual de vapor média diária, kPa;

Δ: declividade da curva de pressão de vapor no ponto de T_{med}, kPa °C⁻¹;

γ: constante psicrométrica, kPa °C⁻¹.

Os dados de temperatura (T_{med}), máxima (T_{max}) e mínima (T_{min}) e de umidade relativa média (UR_{med}), máxima (UR_{max}) e mínima (UR_{min}), medidos pelo sensor de temperatura e umidade relativa, foram coletados pelo datalogger CR23X, dessa forma, foram feitas médias diárias das referidas variáveis, sendo utilizadas para aplicação na equação de Penman-Monteith FAO.

A declividade da curva da pressão de vapor (Δ) em função da temperatura no ponto de T_{med} foi definida como:

$$\Delta = \frac{(4098e_s)}{(t + 237,3)^2} \quad (2)$$

A constante psicrométrica (γ) foi calculada, por:

$$\gamma = 0,0016286 \frac{P}{\lambda} \quad (3)$$

onde:

P: pressão atmosférica, kPa;

λ : calor latente de evaporação, MJ kg⁻¹.

Sendo o calor latente de evaporação (λ) dado pela seguinte equação:

$$\lambda = 2,501 - (2,361 \cdot 10^{-3})T \quad (4)$$

onde:

T: temperatura média diária, °C.

A pressão de saturação de vapor foi calculada de acordo com o Boletim da FAO 56 (ALLEN et al., 2006), pela equação:

$$e_s = \frac{(e_{s \max} + e_{s \min})}{2} \quad (5)$$

sendo:

$$e_s = 0,6108 \exp\left(\frac{17,27t}{237,3 + t}\right) \quad (6)$$

A pressão atual de vapor (e_a) é dada por:

$$e_a = \left(\frac{e_{s \min} UR_{\max} + e_{s \max} UR_{\min}}{2} \right) \quad (7)$$

sendo:

$UR_{\max}$: umidade Relativa máxima, decimal;

$UR_{\min}$: umidade Relativa mínima, decimal.

O fluxo de calor no solo (G) quase sempre é desprezado por apresentar um valor muito pequeno em relação a Rn na escala diária, o que foi considerado neste trabalho.

A radiação líquida (Rn) em MJ m⁻² d⁻¹ foi estimada pela equação:

$$Rn = Rns + Rb \quad (8)$$

onde:

Rns: saldo de radiação de ondas curtas, MJ m⁻² d⁻¹;

Rb: saldo de radiação de ondas longas, MJ m⁻² d⁻¹

O saldo de radiação de ondas curtas (Rns) e ondas longas (Rb) foram calculados pelas equações 9 e 10, respectivamente.

$$Rns = (1 - \alpha)Rs \quad (9)$$

onde:

α : albedo da superfície (0,23);

Rs: radiação solar global, MJ m⁻² d⁻¹.

$$Rb = (0,34 - 0,14\sqrt{ea})\sigma \left(\frac{T_{\max,k}^4 + T_{\min,k}^4}{2} \right) \left(1,35 \frac{Rs}{Rso} - 0,35 \right) \quad (10)$$

onde:

σ : constante de Stefan-Boltzmann, 4,903*10⁻⁹ MJ m⁻² d⁻¹;

Tmax, k: temperatura máxima diária absoluta, K;

Tmin, k: temperatura mínima diária absoluta, K.

Sendo Rso a radiação solar em um dia claro, dada pela seguinte equação:

$$Rso = (0,75 + 0,00002z)Ra \quad (11)$$

onde:

z: altitude local, m;

Ra: radiação solar total no topo da atmosfera, MJ m⁻² d⁻¹.

A radiação solar total no topo da atmosfera (Ra) é expressa através da equação:

$$Ra = 37,586dr(\omega_s \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \sin \omega) \quad (12)$$

sendo:

dr: distancia relativa terra-sol;

ω_s : ângulo horário do pôr do sol, rad;

φ : latitude local, rad;

δ : declinação solar, rad.

A distância relativa terra-sol (dr) é dada por:

$$dr = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right) \quad (13)$$

sendo:

J: dia Juliano.

O ângulo horário do por do sol pode ser expresso da forma mostrada na equação:

$$\omega_s = ar \cos(-\tan \varphi \tan \delta) \quad (14)$$

A declinação solar (δ) é calculada como apresentada na equação 15.

$$\delta = 0,40938 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1,39\right) \quad (15)$$

Vale salientar que no cálculo da ETo, para estimativa da ETc FAO, foi utilizado os valores de radiação líquida (R_n) medida pelo saldo radiômetro. Sendo a R_n estimada para fins de comparação da ETo quando da utilização de R_n medida e estimada pela metodologia da FAO.

3.4.3 Coeficiente de cultura

Para determinação da evapotranspiração da cultura estimada pela metodologia da FAO 56 (ETcFAO), utilizou-se coeficientes de cultura recomendados no Boletim 56 da FAO para a cultura do melão, de 0,15; 0,85 e 0,60 (valores esses recomendados para o melão Cantaloupe) para as fases I, III e IV, ou seja, fases inicial, intermediária e final, respectivamente.

Para efeito do cálculo dos Kc's médios, o ciclo da cultura foi dividido em quatro fases fenológicas, definidas da seguinte forma: I) fase inicial: do plantio até 10% de cobertura do solo; II) fase de crescimento: do final da fase inicial até 80% da cobertura do solo; III) fase intermediária: de 80% de cobertura do solo até a maturação dos frutos; IV) fase final: do início da maturação até a colheita dos frutos.

Os Kc's da fase de crescimento (II), foram obtidos por meio da equação:

$$Kci = Kcprev + \left[\frac{i - \sum(Lprev)}{Letapa} \right] (Kcprox - Kcprev) \quad (16)$$

em que:

i: número do dia dentro da fase de crescimento;

Kci: coeficiente de cultura para o dia i;

Kcprev: coeficiente de cultura da fase anterior;

$\sum(Lprev)$: soma das durações das fases anteriores, dias;

Letapa: duração da fase considerada (II), dias;

Kcprox: coeficiente de cultura da fase posterior.

Posteriormente, os valores dos kc's foram ajustados para as condições climáticas locais (exceto para a fase I, segundo recomendação da FAO 56), de acordo com a seguinte equação:

$$Kci = Kctab + [0,04(u_2 - 2) - 0,004(UR_{\min} - 45)] \left(\frac{h}{3} \right)^{0,3} \quad (17)$$

onde:

Kci: coeficiente de cultura ajustado para o dia i;

Kctab: coeficiente de cultura, recomendado pelo Boletim FAO 56, para cada fase;

u_2 : velocidade do vento a 2 metros de altura, m s⁻¹;

URmin: umidade relativa mínima para o dia i, %;

h: altura da planta no dia i, m.

A altura da planta (h) foi estimada por meio de planilha eletrônica, onde se levou em consideração fatores de solo, da planta e das condições climáticas, dentre outros.

Dessa forma a ETcFAO foi determinada pela multiplicação da ETo obtida pela

equação de Penman-Monteith e os Kc's citados anteriormente para cada fase da cultura.

A determinação dos kc's (coeficientes de cultura) nos níveis S1 (KcS1 = KcLis) e S5 (KcS5) foi realizada pela relação da equação $Kc = ETc/ETo$, onde a ETc (evapotranspiração da cultura) que foi medida pelos lisímetros de pesagem (ETcLis = ETcS1) e a evapotranspiração de referência estimada pelo método Penman-Monteith-FAO 56 (EToFAO).

3.4.4 Correlação entre ETc medida por lisímetro e estimada pela metodologia da FAO

Uma correlação entre os valores de evapotranspiração medida e estimada foi feita com base em indicadores estatísticos, de precisão, dada pelo coeficiente de correlação (r), indicando o grau de dispersão dos dados obtidos em relação à média, de exatidão (d), que está associada ao desvio entre valores estimados e medidos, dado pelo índice de Willmott e o coeficiente de desempenho (c) que é o produto de r e d ($c = r \cdot d$) (CAMARGO e SENTELHAS, 1997), apresentados na Tabela 1.

Tabela 2. Valores dos coeficientes de desempenho conforme Camargo e Sentelhas (1997).

Valor de "c"	Desempenho
> 0,90	Ótimo
0,81 a 0,90	Muito bom
0,71 a 0,80	Bom
0,51 a 0,70	Mediano
0,41 a 0,50	Sofrível
0,31 a 0,40	Mau
< 0,30	Péssimo

A seguir é apresentada a equação do índice de concordância de Willmott:

$$d = 1 - \frac{\sum_i^n (P_i + O_i)^2}{\sum_i^n (|P_i - O_i| + |O_i - O|)^2} \quad (18)$$

onde:

Pi: valores de ETc medidos pelo lisímetro S1;

Oi: valores de ETc estimados pela equação de Penman-Monteith-FAO 56 (PM-FAO);

O: valor médio de ETcFAO.

O valor médio de ETcFAO (O) é dado pela equação:

$$O = \frac{1}{N} \sum_i^n O_i \quad (19)$$

onde:

N: número de estimativas.

O índice de concordância d, varia de 0 a 1, em que o valor 1 significa uma concordância perfeita entre dados medidos e estimados, enquanto que o valor 0 significa não haver concordância entre os valores analisados.

3.4.5 Coeficiente de stress ocasionado por salinidade

Para a determinação do coeficiente de stress por salinidade, Ks, utilizou-se a seguinte equação:

$$K_s = 1 - \frac{1}{K_y} \left(1 - \frac{Y_a}{Y_m} \right) \quad (20)$$

onde:

Ya: produção da cultura obtida sob condições de maior salinidade (S5);

Ym: produção máxima obtida sob condições de baixa salinidade (S1);

Ky: fator de resposta da produção.

Dessa forma, a evapotranspiração da cultura ajustada para condições de salinidade (ETcaj), foi obtida pela seguinte equação:

$$ET_{caj} = ET_{cS1} * K_s \quad (21)$$

onde:

ET_caj: evapotranspiração da cultura sob condições de salinidade;

ET_cS1: evapotranspiração da cultura sob condições de baixa salinidade;

K_s: coeficiente de stress salino.

3.4.6 Produção e seus componentes

Foram realizadas duas colheitas, aos 54 e 61 DAT (dias após transplântio), onde todos os frutos de cada parcela foram pesados e classificados em frutos comerciáveis ou refugo.

As subparcelas foram constituídas de três fileiras de plantas, sendo a fileira central a subparcela útil, considerando o comprimento de 5,7 m para a colheita (cada subparcela).

Foram avaliados os seguintes componentes de produção: peso médio dos frutos comerciais (PMC) e peso médio dos frutos totais (PMT), expressos em kg; número médio de frutos comerciais (NFC) e número médio de frutos totais (NFT). Para a produtividade foram tomados os dados de produtividade comercial (PRC) e produtividade total (PRT), expressos em Mg ha⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias do fator nitrogênio comparadas através do teste F a 0,05 de probabilidade e os efeitos do fator salinidade avaliados por análise de regressão, utilizando o desdobramento dos graus de liberdade dos polinômios ortogonais. Utilizou-se para tanto o software livre SISVAR, versão 5.0 (FERREIRA, 2003).

Para fins de análise de variância consideraram-se os dados de apenas três blocos da área experimental: 1, 2 e 4, pois no bloco 3 as plantas não se apresentaram uniformes.

3.4.7 Coeficiente de resposta da produção em relação à evapotranspiração

Realizou-se, também, uma análise de produtividade. Segundo Letey, Dinar e Knapp (1985) e Shalhevet (1994) são aplicadas as mesmas funções de produtividade-ET tanto para os casos de stress originado por falta de água, como para os casos de stress ocasionado

pela salinidade. Com base nisso foi realizada uma análise de produtividade da cultura relacionada à evapotranspiração obtida com os níveis de maior (S5) e menor (S1) salinidade, utilizando-se para tal fim o fator de resposta K_y , dado pela equação a seguir.

$$K_y = \frac{\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right)}{\left(1 - \frac{ETR}{ET_c}\right)} \quad (22)$$

em que:

Y_a : produção da cultura obtida sob condições de stress salino, Mg ha^{-1} ;

Y_m : produção máxima obtida sem ocorrência de stress, Mg ha^{-1} ;

K_y : fator de resposta da produção, adimensional;

ETR : evapotranspiração da cultura obtida com a salinidade S5, mm dia^{-1} ;

ET_c : evapotranspiração da cultura obtida com a salinidade S1, mm dia^{-1} .

Dessa forma, considerou-se Y_a como sendo a produção obtida quando se utilizou a água de irrigação de maior salinidade (S5) e Y_m a produção quando utilizada a menor salinidade (S1). Da mesma forma, a ETR foi considerada como sendo a ET_c obtida quando se utilizou o nível S5 e a ET_c quando utilizado o nível S1 da água de irrigação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 VARIÁVEIS CLIMÁTICAS DURANTE O EXPERIMENTO

Dentre os elementos climáticos que estão mais relacionados à evapotranspiração, pode-se enumerar a radiação solar, responsável pelo aporte de energia necessária para que o processo físico ocorra, a temperatura e a umidade do ar, que juntas definem o déficit de pressão de vapor próximo à superfície evaporante, e a velocidade do vento, responsável pela renovação do ar junto à superfície em questão. Esses elementos são essenciais à aplicação da equação de Penman-Momnteith-FAO e serão aqui discutidos, de modo a caracterizar o local de estudo.

A Figura 5 mostra o comportamento da temperatura do ar média, máxima e mínima absoluta ao longo do período experimental. Neste gráfico, encontram-se os valores médio, máximo e mínimo absoluto de 27,2; 37,4 e 19,3° C, respectivamente, caracterizando, portanto, um ambiente de temperaturas elevadas, com contribuição significativa para o processo de evapotranspiração. Na mesma Figura verifica-se, também, a variação da radiação solar global média diária durante o estudo, percebendo-se que ocorreram variações entre 17,2 e 25,1 MJ m⁻² dia⁻¹.

O saldo de radiação medido variou entre 8,0 e 13,1 MJ m⁻² dia⁻¹, ao longo do ciclo da cultura, enquanto o estimado variou entre 11,0 e 14,2 MJ m⁻² dia⁻¹, observando-se, portanto superestimativa dos valores em relação aos medidos, principalmente nos primeiros 30 DAT, como pode ser visto na Figura 6. Fato ocasionado pela utilização do much na cor branca, refletindo, dessa forma, parte da radiação incidente na superfície do solo.

Na Figura 7 observa-se a variação da temperatura e umidade relativa do ar, média, ao longo do ciclo da cultura, ocorrendo variações da temperatura entre 25,9 e 27,2 ° C e de umidade relativa entre 46,3 e 70,3 %. Verifica-se que quando a temperatura decresce a umidade relativa aumenta, comportamento que pode ser observado durante quase todo o ciclo da cultura. Segundo Klar (1988), a umidade do ar é uma variável que depende da temperatura e age indiretamente sobre a evapotranspiração. Onde, à medida que a temperatura do ar decresce numa mesma umidade absoluta, haverá aumento na umidade relativa e queda na evaporação.

A variação da velocidade do vento média, máxima e mínima, ao longo do ciclo, pode ser observada na Figura 8. Ocorrendo variações entre os valores médios entre 1,93 e 3,6 m s^{-1} , entre os máximos de 8,0 e 13,85 m s^{-1} , e entre os valores mínimos de 0,2 e 0,34 m s^{-1} .

Durante todo ciclo da cultura praticamente não se verificou ocorrência de precipitação, havendo apenas uma pequena chuva aos 34 DAT, onde se mediu um volume de 1,0213 mm.

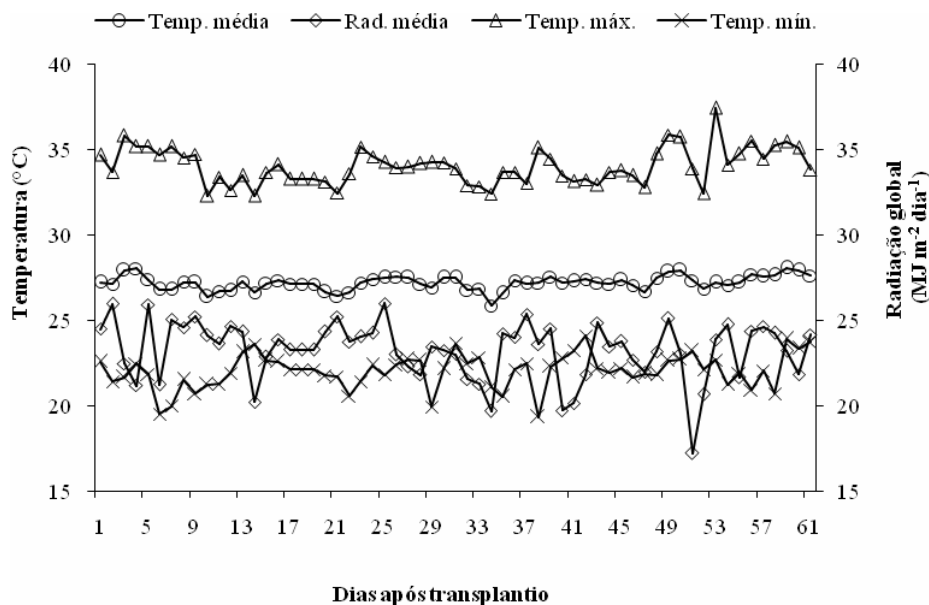


Figura 5. Temperatura média (Temp. méd.), máxima (Temp. máx.) e mínima (Temp. mín.) do ar absolutas, e radiação solar global média diária (Rad. média) observados durante o ciclo do meloeiro. Mossoró - RN, 2009.

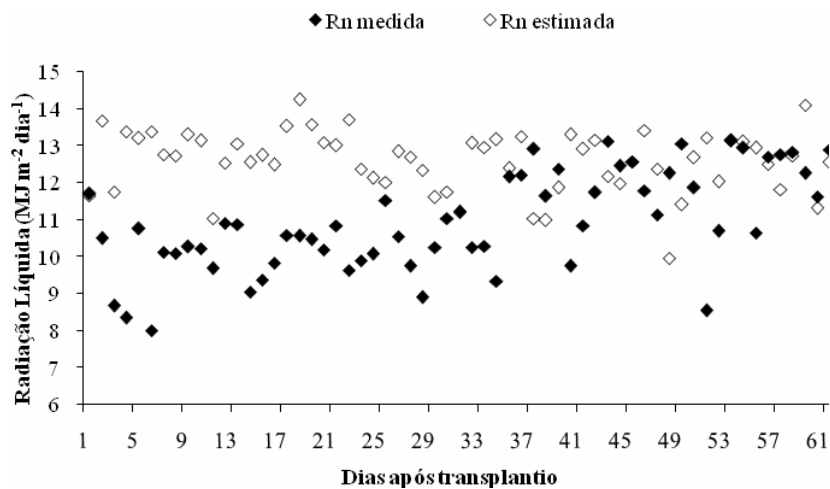


Figura 6. Variação da radiação líquida medida (Rn medida) e estimada (Rn estimada) ao longo do ciclo do meloeiro. Mossoró - RN, 2009.

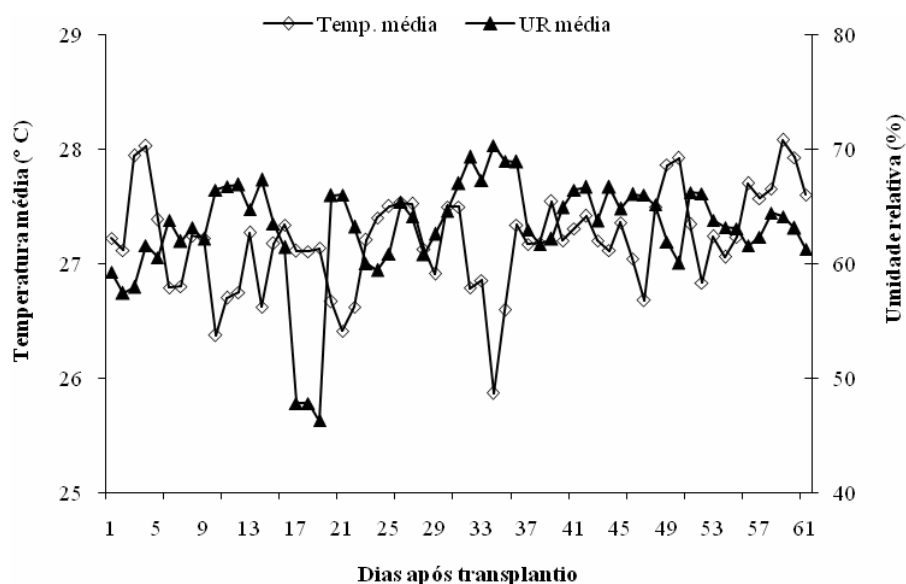


Figura 7. Temperatura (Temp. média) e umidade relativa média do ar (UR média) observada durante o ciclo do meloeiro. Mossoró - RN, 2009.

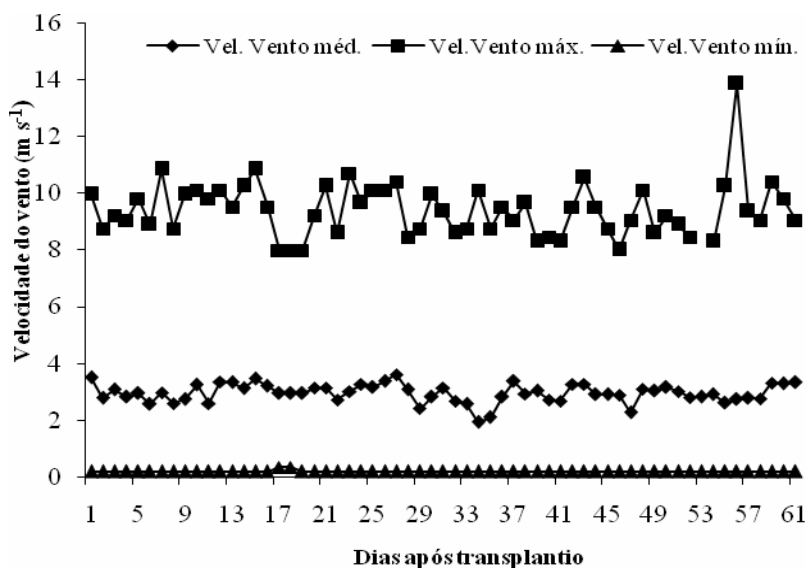


Figura 8. Variação da velocidade do vento média (Vel. Vento méd.), máxima (Vel. Vento máx.) e mínima (Vel. Vento mín.) absolutas observadas durante o ciclo do meloeiro. Mossoró - RN, 2009.

4.2 ETo COM Rn ESTIMADA E MEDIDA

A condição de ausência de medida de Rn foi simulada procurando-se verificar a adequação da parametrização proposta no boletim FAO-56 (ALLEN et al., 2006) visando sua utilização tanto para outras épocas como para locais que não dispõem de medidas de Rn. Na Figura 9 visualiza-se o comparativo da evapotranspiração de referência calculada utilizando-se a radiação medida por meio do saldo-radiômetro e estimada segundo a metodologia da FAO 56. Verificou-se que o cálculo da ETo utilizando-se a Rn estimada, em geral, superestimou os valores em relação a ETo calculada com a Rn medida na maior parte do ciclo da cultura, principalmente nos primeiros 30 DAT.

Como o cultivo do melão, neste experimento, deu-se sobre o mulch, o saldo de radiação medido foi menor que o estimado, uma vez que o cálculo da Rn pela FAO não considera o aspecto da cobertura do solo. De acordo com Silva (2002), a cobertura do solo (mulch) controla o balanço de radiação à superfície, diminuindo a evapotranspiração da cultura. Como, na nossa região, a radiação constitui o elemento climático mais importante na estimativa da taxa de evapotranspiração, uma menor radiação promove menores taxas de evapotranspiração, uma vez que esta é ditada pelo ritmo de variação do saldo de radiação.

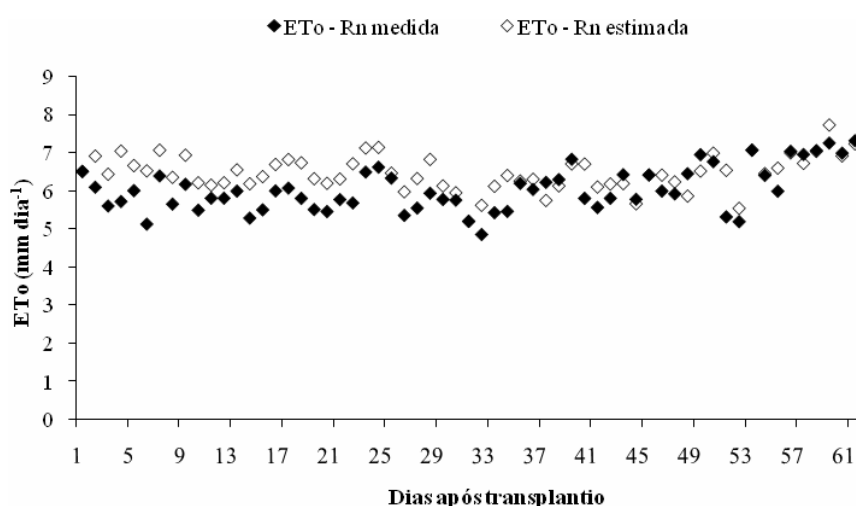


Figura 9. Variação da evapotranspiração de referência diária (ETo) utilizando-se radiação líquida medida por saldo radiômetro (ETo-Rn medida) e estimada pelo método da FAO-56 (ETo-Rn estimada), referente ao ciclo da cultura do meloeiro. Mossoró - RN, 2009.

A partir de 30 DAT houve uma melhor aproximação entre os valores medidos e estimados, uma vez que a cultura estava bem desenvolvida, cobrindo quase que totalmente o solo, havendo, portanto, um menor efeito do *much* sobre o saldo de radiação, constatando-se, dessa forma, a forte influência do saldo de radiação sobre a evapotranspiração.

4.3 CALIBRAÇÃO DOS LISÍMETROS

Os dados de calibração dos quatro lisímetros podem ser vistos na Figura 10. Observa-se que os quatro lisímetros apresentaram respostas aceitáveis com relação ao emprego das massas-padrão, o que pode ser comprovado pelos altos coeficientes de correlação encontrados. O menor coeficiente encontrado durante a calibração foi verificado para o lisímetro S1B2, isto pode ser explicado possivelmente pelo fato de que durante a calibração foi observada uma folga no contra-peso, que foi posteriormente corrigida.

Como a resolução das leituras é de 0,0001 mV/V no datalogger, o lisímetro S1B1 trabalhou fazendo leituras a cada 0,2900 kg de peso adicionado ou retirado do lisímetro, o lisímetro S5B1 a cada 0,3335 kg, o S1B2 a cada 0,09163 kg e o S5B2 a 0,09009 kg, o que implica dizer que os lisímetros têm resoluções de 0,129; 0,148; 0,0407 e 0,0400 mm, respectivamente, verificando-se, dessa forma, o efeito do contra-peso utilizado nos lisímetros do bloco 2, conferindo-lhes uma maior sensibilidade.

Normalmente se faz necessário o uso de alguns indicadores estatísticos (COELHO FILHO et al., 2004) devido a grande importância das medidas lisimétricas, pois são estas medidas que serão usadas na demanda hídrica das culturas. Para tanto, podem ser visto na Tabela 3 os indicadores estatísticos; *r*, *d* e *c*; encontrados para os quatro lisímetros.

Verifica-se que os valores de *r*, *d* e *c* são muito próximos de 1, podendo-se concluir que as medições foram realizadas sem o risco de ocorrer distorções nas leituras obtidas e estimadas em relação ao valor real.

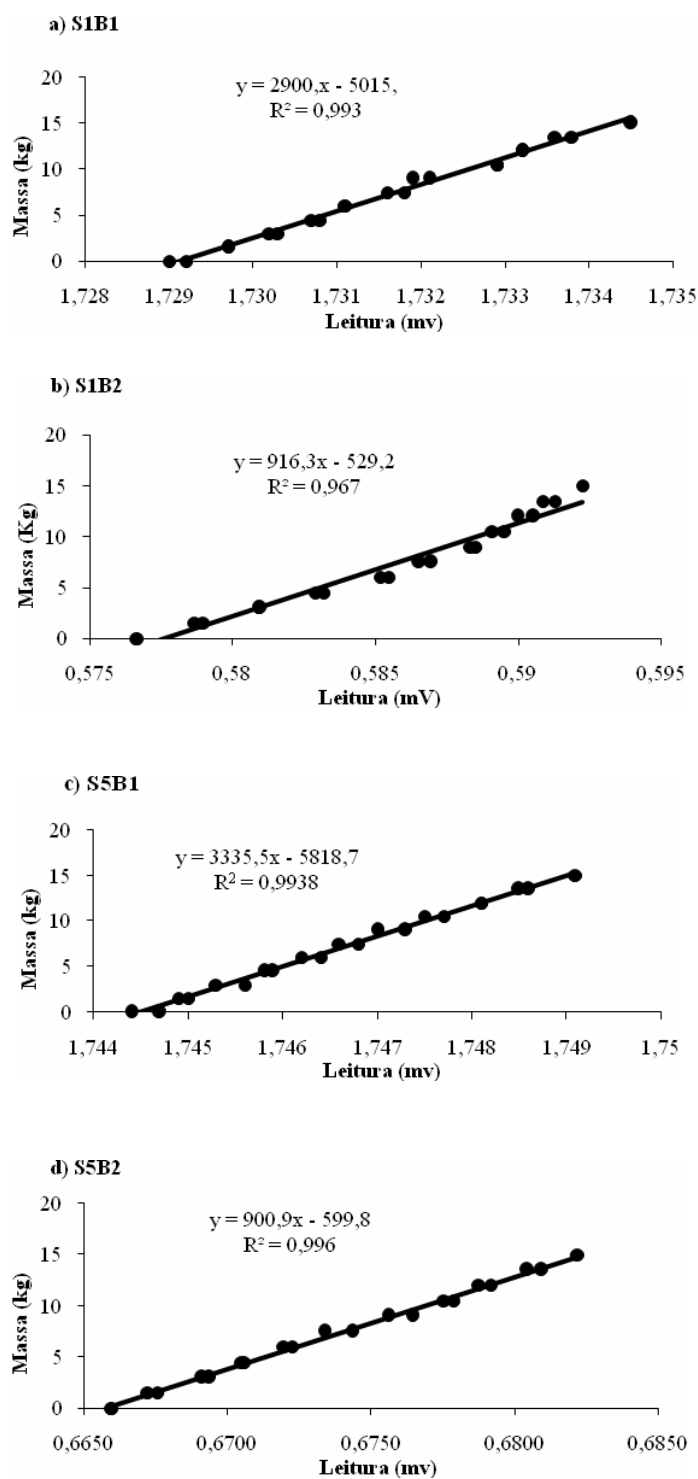


Figura 10. Equação de calibração dos lisímetros S1B1 (a), S1B2(b), S5B1(c) e S5B2(d). Mossoró - RN, 2009.

Tabela 3. Indicadores estatísticos “r”, “d” e “c” para as leituras realizadas pelos quatro lisímetros em relação às massas-padrão utilizadas. Mossoró - RN, 2009.

Indicadores estatísticos	S1B1	S1B2	S5B1	S5B2
r	0,9965	0,9838	0,9969	0,9981
d	0,9996	0,9984	0,9997	0,9998
c	0,9962	0,9823	0,9966	0,9979

4.4 EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA

Na Figura 11 pode ser visto o comportamento da evapotranspiração da cultura obtida pelo lisímetro no nível de salinidade S1 (ETcLis) e pelo método da FAO (ETcFAO) durante o ciclo do melão, onde se utilizou a metodologia de obtenção do coeficiente de cultura (Kc) pelo método Kc basal, para a determinação de ETcFAO (ALLEN et al., 2006).

Verifica-se que a ETcLis no início do ciclo da cultura, foi bastante reduzida, até em torno de 15 DAT. As perdas no início do ciclo ocorrem principalmente por evaporação do solo, uma vez que a parte vegetativa é reduzida, ocorrendo pequena perda por transpiração. Como a cultura foi conduzida sobre o mulch, nesse trabalho, na primeira fase a ETcLis foi muita baixa, com um valor máximo de 0,89 e média de 0,44 mm dia⁻¹.

Miranda, Souza e Ribeiro (1999), trabalhando com a cultura do melão, encontrou médias de ETcLis maiores na fase inicial e final, o que reforça a idéia da influência do mulch utilizado, diminuindo a ETc da cultura devido à diminuição da evapotranspiração nessas fases. Este fato pode também ser visto na Figura 11, pois os valores da ETcLis foram menores que os da ETcFAO na fase inicial.

Isso corrobora, de certa forma com as observações feitas na literatura consultada que diz que as determinações da ETc através de lisímetros têm demonstrado diferenças significativas, principalmente na fase inicial da cultura, justificando a necessidade de novas medidas (HARGREAVES; SAMANI, 1985; BASTOS, 1994; PEREIRA; ALLEN, 1997; MIRANDA; SOUZA; RIBEIRO 1999).

Nota-se também que a ETcLis foi superior a ETcFAO nas fases intermediária (40 a 54 DAT) e final (55 a 61 DAT) (Figura 11), os valores podem ser vistos na Tabela 4.

Dentre os fatores que podem ter contribuído para a divergência entre os valores de ETc medidos por lisímetro e estimados pela metodologia da FAO, pode-se citar, a cultura, o local e o clima (ALLEN et al., 2006). Além destes, a temperatura de operação da célula de carga, o efeito de pressão do vento na superfície do lisímetro, a diferença da cultura e solo (macroporosidade) dentro e fora do lisímetro, são outros fatores que podem ter ocorrido (HOWELL; McCORMICK; PHENE, 1985).

De acordo com Howell, Schneider e Jensen (1991), outros fatores podem afetar a evapotranspiração do lisímetro. Como exemplo, pode-se citar a transferência de calor pelas paredes do lisímetro, o fluxo preferencial de água nas paredes da caixa interna, o tráfego de pessoas nas proximidades, sendo um outro problema, a calibração do zero na escala de medida da célula de carga.

Quando da formulação da equação de Penman-Monteith, muitas condições de contorno foram consideradas, havendo ainda a utilização de relações empíricas que apesar de sua forte base física pode levar a superestimativas ou subestimativas.

Em geral, observa-se comportamento semelhante nos dois métodos comparados, isto é, valores baixos no começo do ciclo, aumentando até certo período e decrescendo posteriormente.

A evapotranspiração de referência estimada pelo método Penman-Monteith parametrizada pela FAO (ET_oFAO) depende da disponibilidade de energia à superfície e também da demanda atmosférica por vapor de água. Esta demanda é definida por um efeito combinado de temperatura, umidade relativa e velocidade do vento (ALLEN et al., 1998; PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Dessa forma, sua variação no período analisado seguiu a variação imposta pela disponibilidade de energia regional, que é ditada pelo ritmo de variação do saldo de radiação e da temperatura. Na figura 11 pode ser observado o seu comportamento ao longo do ciclo da cultura, com seus valores variando entre 4,84 e 7,32 mm dia⁻¹.

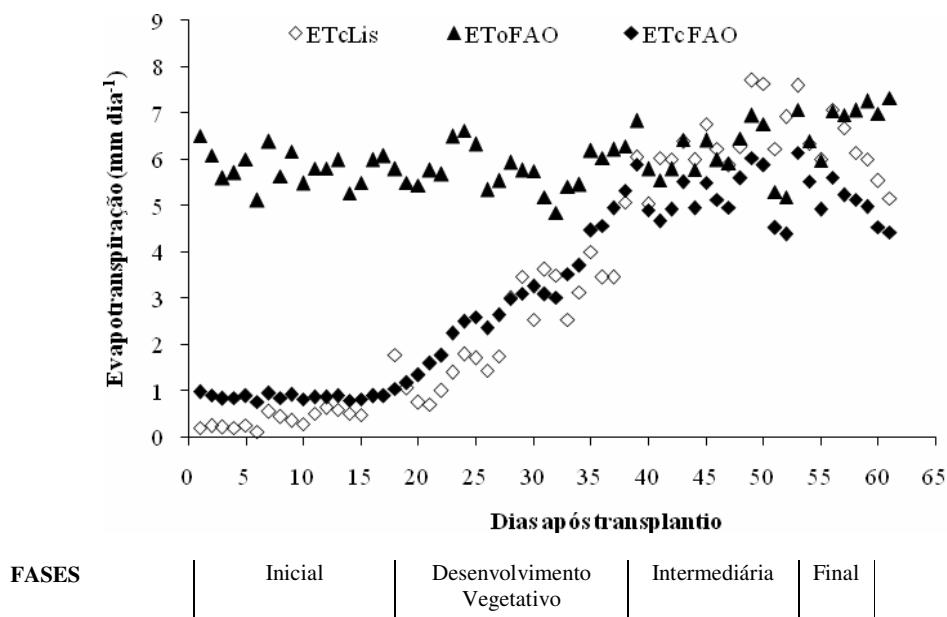


Figura 11. Evapotranspiração de referência (EToFAO) e evapotranspiração da cultura medida por lisímetro (ETcLis) e estimada pelo método da FAO (ETcFAO), ao longo do ciclo da cultura. Mossoró - RN, 2009.

Na Tabela 4 podem ser vistas as médias de ETcLis, ETcFAO e EToFAO em cada estágio fenológico da cultura.

Tabela 4. Valores médios de evapotranspiração da cultura no nível de salinidade S1 (ETcS1) e S5 (ETcS5) e evapotranspiração da cultura e de referência conforme metodologia recomendada pela FAO (ETcFAO e EToFAO, respectivamente) por estágio fenológico da cultura do meloeiro. Mossoró - RN, 2009.

Estádio fenológico	Período		ETcS1	ETcS5	ETcFAO	EToFAO
	dias					
	S1	S5				
Inicial	17	18	0,44	0,42	0,87	5,83
Desenvolvimento vegetativo	22	19	2,60	3,06	3,10	5,84
Intermediária	15	16	6,47	4,62	5,24	6,12
Final	7	8	6,08	4,09	4,98	6,94

Com os dados de evapotranspiração da cultura medida por lisímetro (ETcLis), efetuou-se a comparação com a evapotranspiração da cultura estimada pela metodologia recomendada pela FAO (ETcFAO), a partir dos dados coletados em estação

agrometeorológica automatizada. Para tanto, foram utilizadas: a análise de regressão, os índices de correlação (r), de concordância (d) e de confiança (c). Na Figura 12 observa-se os resultados da análise de regressão, para os dados na escala diária (a) e semanal (b).

A Tabela 5 apresenta os valores dos índices estatísticos (citados anteriormente) associados às medidas efetuadas pelo lisímetro, em relação às estimativas obtidas pelo método da FAO, com base em dados diários e semanais.

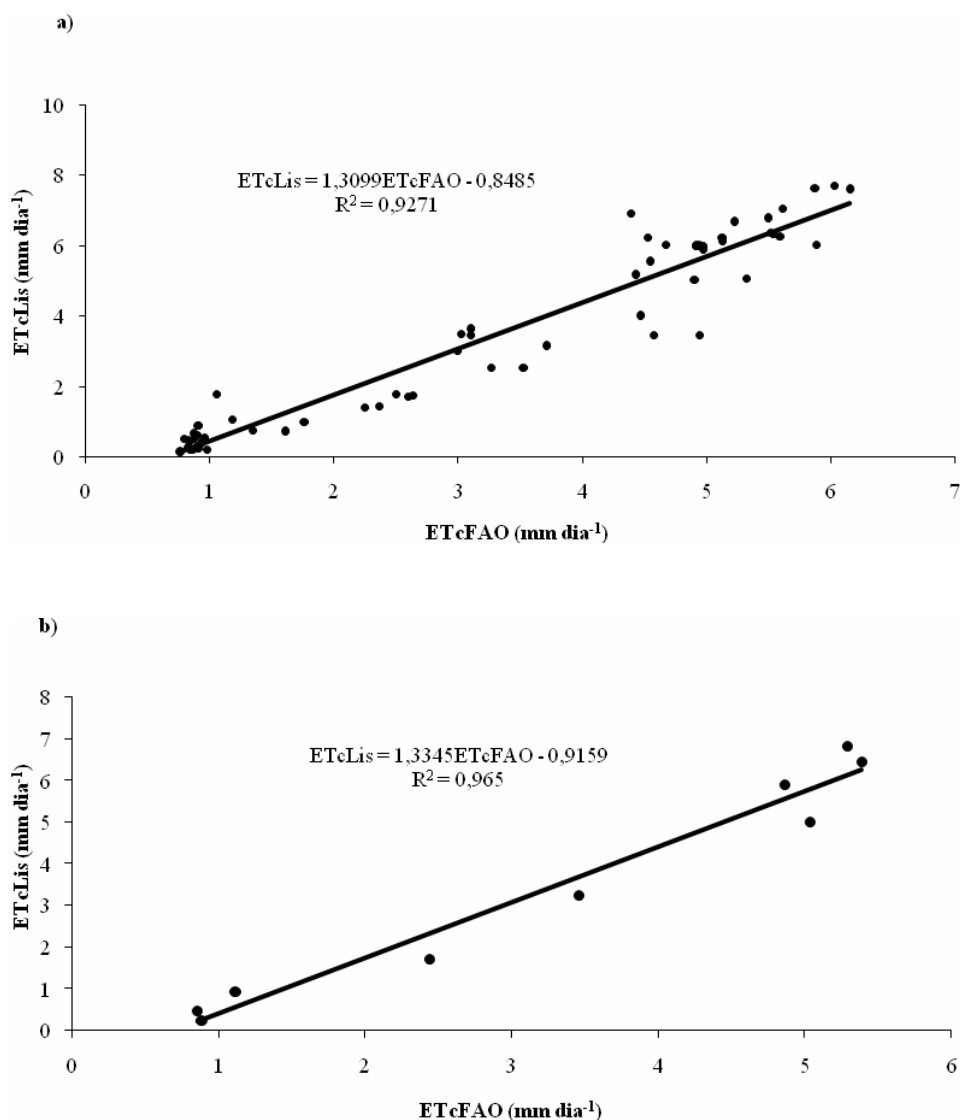


Figura 12. Análise de regressão entre os valores de evapotranspiração medidos (ETcLis) e estimados (ETcFAO) na escala diária (a) e semanal (b). Mossoró - RN, 2009.

Observa-se que o lisímetro, na escala diária, produziu resultados com precisão ($r = 0,96$), exatidão ($d = 0,96$) e desempenho ($c = 0,92$), o que lhe conferiu, de acordo com o

índice c proposto por Camargo e Sentelhas (1997), um desempenho ótimo. Na escala semanal, observa-se um melhor resultado dos valores estatísticos quando comparados aos obtidos na escala diária, obtendo-se também um desempenho ótimo entre os valores medidos e estimados, com $r = 0,98$; $d = 0,97$ e $c = 0,95$.

Tabela 5. Valores dos índices estatísticos “r”, “d” e “c”, na escala diária e semanal para (ETcLis) x(ETcFAO). Mossoró - RN, 2009.

Escala de tempo	r	d	c
Diária	0,96	0,96	0,92
Semanal	0,98	0,97	0,95

Normalmente, ocorre uma melhoria nos índices estatísticos quando se aumenta a escala de tempo (ALLEN; JENSEN; WRIGHT, 1989), o que pôde ser verificado nesse trabalho.

Quando se comparam dados medidos em lisímetro de pesagem e dados calculados pela equação de Penman-Monteith-FAO, espera-se que os resultados estejam bem correlacionados, o que também se verificou neste trabalho.

Diversos são os trabalhos que mostram uma boa correlação entre dados de lisímetro e dados estimados pela equação de Penamn-Monteith-FAO. A exemplo, pode-se citar Allen (1986), Allen, Jensen e Wright (1989), Jensen, Burman e Allen (1990), Allen, Smith e perrier (1994), Maggiotto (1996), Ribeiro (1996), Camargo e Sentelhas (1997), Sentelhas (1998), Pereira (1998), Hussein (1999), entre outros, sendo, no entanto, normal a ocorrência de alguma dispersão, em razão dos problemas relacionados à montagem e operação do lisímetro.

A evapotranspiração da cultura (ETc) obtida pelos lisímetros nos níveis de salinidade S1 (ETcS1) e S5 (ETcS5) pode ser observada na Figura 13. Verifica-se que na primeira fase não houve muita diferença entre os valores de ETc obtidos com as duas salinidades, principalmente na primeira semana após transplante, uma vez que a água de irrigação aplicada foi a mesma ($CE = 0,65 \text{ dS m}^{-1}$) para os dois tratamentos até 5 DAT. A partir daí, a ETc do tratamento S5 tendeu a ser menor que a da S1 (até os 19 DAT), ou seja, o uso de água de maior salinidade reduziu a ETc, uma vez que os sais diminuí a disponibilidade de água para a cultura.

A partir dos 20 DAT houve um comportamento inverso, ou seja, a ETc S5 tendeu a ser maior até os 37 DAT. Alguns fatores podem ser enumerados como possíveis causas

desse comportamento. Dentre estes está o fator de cobertura das plantas neste período, que podia ser observado visualmente, e comprovado através de medições feitas aos 25 e 33 DAT, onde se verificou que as plantas no nível de salinidade S5 tenderam a ser sempre maiores nesse intervalo, o que foi observado nas duas repetições, tendo-se dessa forma uma maior transpiração. Por outro lado, verificou-se através da análise estatística (Tabela 6) que a diferença entre os níveis de salinidade, neste período, foi não significativa a 0,05 de probabilidade.

Tabela 6. Valores médios para os dados de ET_c referente a interação salinidade *versus* fases. Mossoró - RN, 2009.

Salinidade	Fases			
	Inicial	Desenvolvimento	Intermediária	Final
S1	0,56a*	3,34a	6,65a	5,91a
S5	0,53a	3,56a	4,80b	3,87b

* Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade. Diferença mínima significativa (D.M.S.) igual a 0,73.

Sendo verificado, através de medição do fator de cobertura aos 40 DAT, que as plantas do nível S1 já se apresentavam com maior cobertura, e, portanto, maior transpiração.

Segundo Shannon e Francois (1978) a salinidade pode afetar o comportamento das plantas de forma diferente, em função do seu estágio de desenvolvimento. Alves (2002), utilizando águas de irrigação com três níveis de salinidade (1,1; 2,6 e 3,9 dS m⁻¹) na cultura do melão, verificou que a evapotranspiração diminuiu com o aumento da salinidade, concluindo que a evapotranspiração da cultura tendeu a ser menor para as águas mais salinas, com redução a partir da quinta semana.

Franco, Fernandes e Bañón (1997), estudando o efeito da salinidade (2,5; 5,0 e 7,5 dS m⁻¹) na área foliar de híbridos de melão cantaloupe: Delada, Gallicum, Galor, Melina, Regal e Revigal, concluíram que, aos 36 dias após o plantio, o Melina apresentou a maior área foliar quando se utilizou os dois maiores níveis de salinidade. Portanto, verifica-se certa coerência entre os resultados aqui apresentados e a literatura consultada.

Nas fases intermediária e final, a ET_c S1 foi sempre maior que a ET_c S5, com médias durante o período de 6,47 e 4,62 mm dia⁻¹ para os tratamentos S1 e S5 na fase III e 6,08 e 4,09 mm dia⁻¹ na fase IV, respectivamente (Tabela 4).

A evapotranspiração da cultura, durante todo o ciclo, encontrada pelos lisímetros foi de 204,5 e 172,4 mm para o tratamento S1 e S5, respectivamente. Os valores demonstraram uma diferença de mais de 30 mm entre os dois tratamentos no consumo de

água durante todo o ciclo da cultura. Essa constatação implica que o consumo de água diminuiu com irrigação com água de salinidade mais elevada.

Dentre os fatores que podem estar relacionados a esta redução da evapotranspiração da cultura ocasionadas pela irrigação com água salina podem ser citados a diminuição do potencial osmótico das raízes da planta e efeitos nocivos devido à toxidez de certos sais como o cloreto de sódio, que interfere indiretamente na disponibilidade e absorção de nutrientes causando, também, desequilíbrios nutricionais.

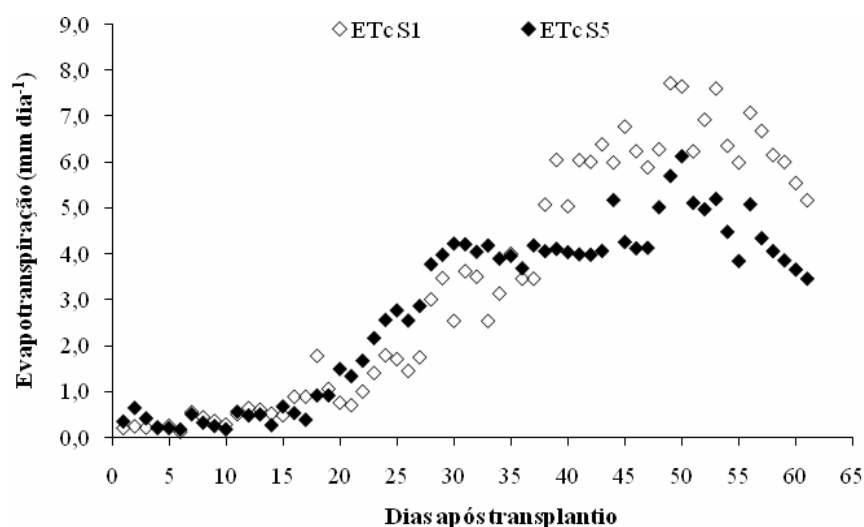


Figura 13. Evapotranspiração da cultura do meloeiro no nível de salinidade S1 (ETcS1) e no nível S5 (ETcS5). Mossoró - RN, 2009.

4.5 COEFICIENTE DE CULTURA

Os Kc's encontrados para o lisímetro (KcLis), bem como os recomendados pela FAO (KcFAO), podem ser observados na Figura 14. Os valores médios por fase são apresentados na Tabela 7.

Verifica-se que os valores de KcLis (KcS1) foram superiores ao KcFAO na fase intermediária e final, como já havia sido verificado para a evapotranspiração da cultura. A cultivar utilizada e as condições ambientais predominantes no período do cultivo, são fatores que podem ter ocasionado essa diferença nos valores encontrados, além dos já citados anteriormente.

Na Figura 15 encontram-se os dados de Kc obtidos pelos tratamentos S1 (Kc S1) e S5 (Kc S5) utilizando a ETo FAO 56 (ALLEN et al., 2006). Observa-se que até os 15 DAT os Kc's variaram muito pouco alcançando valores de no máximo 0,12. Este fato mostra que como o cultivo foi realizado utilizando o mulch, isto reduziu drasticamente a evaporação do solo, fazendo com que as perdas de água fossem ocasionadas somente pela transpiração das plantas, isto é, o Kc basal. Os valores médios encontrados para o Kc's iniciais nos tratamentos S1 e S5 foram de 0,08 e 0,07.

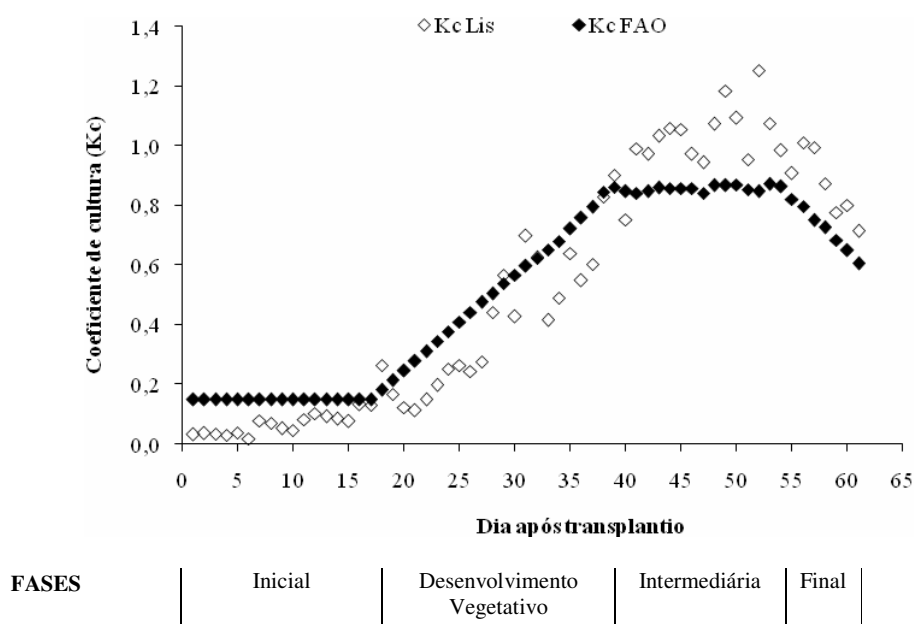


Figura 14. Coeficientes de cultura recomendados pela FAO para a cultura (Kc FAO) e determinados pelo lisímetro (Kc Lis). Mossoró - RN, 2009.

Através da Tabela 7 verifica-se que os Kc's encontrados para o tratamento S1 foram maiores que os recomendados pela FAO (ALLEN et al., 2006), exceto para a fase inicial de cultivo, enquanto que para o tratamento S5 foram encontrados Kc's menores que o da FAO, com exceção da fase final, onde os Kc's foram exatamente iguais.

No período de maior demanda de água pela planta ocorrida entre os 40 e 54 DAT os Kc's encontrados variaram bastante chegando a valores de 1,34. Nesse caso os valores médios encontrados foram de 1,06 e 0,75 para os tratamentos S1 e S5, respectivamente. Todos esses valores podem ser encontrados na Tabela 7.

Verifica-se também, que os Kc's encontrados nos dois tratamentos diferiram entre si, sendo que os valores obtidos com o tratamento S1 foram sempre superiores ao tratamento

S5, excetuando-se para fase de desenvolvimento (em que o Kc S5 foi um pouco superior ao obtido para S1). Isso quer dizer que, durante todo o ciclo da cultura, o consumo de água foi realmente menor quando se utilizou a água de maior salinidade.

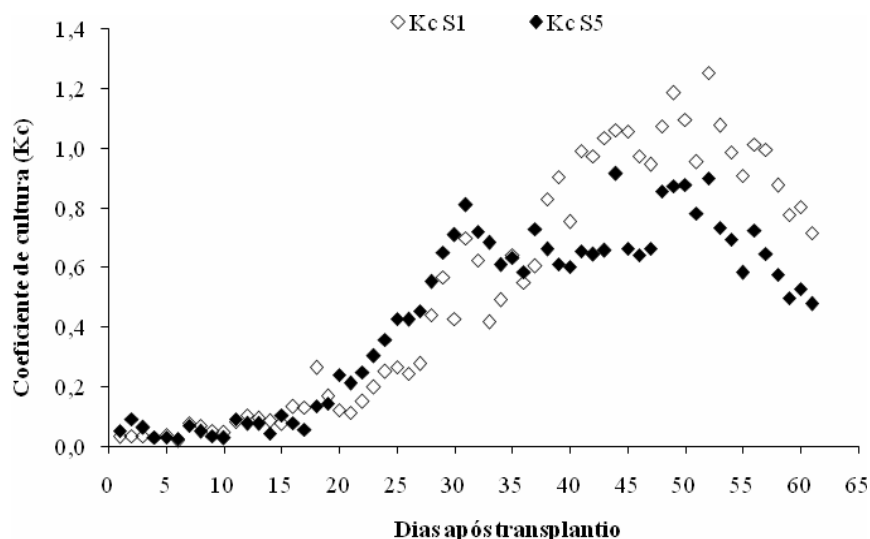


Figura 15. Coeficiente de cultura do meloeiro no nível de salinidade S1 (KcS1) e no nível S5 (KcS5). Mossoró - RN, 2009.

Tabela 7. Valores médios do coeficiente de cultura no nível de salinidade S1 (KcS1) e S5 (KcS5) e coeficiente de cultura recomendado pela FAO (KcFAO) por estágio fenológico da cultura do meloeiro. Mossoró - RN, 2009.

Estádio fenológico	Período		KcS1	KcS5	KcFAO
	(dias)		-	-	-
	S1	S5			
Inicial	17	18	0,08	0,07	0,15
Desenvolvimento vegetativo	22	19	0,44	0,54	0,15-0,85
Intermediária	15	16	1,06	0,75	0,85
Final	7	8	0,88	0,60	0,60

4.5.1 Coeficiente de stress salino

Quanto ao coeficiente de stress foi encontrado um valor de $K_s = 0,84$, por ciclo da cultura, o que representa o efeito da salinidade sobre a evapotranspiração da cultura, com redução de 16% na ET_c . Este valor é similar ao valor de K_s de referência contido no manual da FAO 56, onde é dado um valor de $K_s = 0,83$ para uma redução de 17% na evapotranspiração. Portanto, estima-se que o valor de ET_{caj} para o ciclo da cultura é somente 0,84 da ET_c máxima, ou seja, no nível de salinidade S_1 .

4.6 ANÁLISE DA PRODUÇÃO

Através da análise de variância (Tabela 8), verifica-se o efeito significativo dos níveis de salinidade da água de irrigação sobre todas as variáveis estudadas, reduzindo os valores das variáveis analisadas. Já para as doses de nitrogênio apenas não houve efeito significativo (aumento dos valores das variáveis) para peso médio dos frutos (comerciais e totais). Observou-se interação significativa salinidade *versus* nitrogênio para PRC, PRT, NFT e PMT, indicando existir dependência entre os efeitos dos fatores para estas características.

Vários trabalhos relatam respostas significativas à aplicação de N. Tem-se verificado que a resposta ao N está efetivamente relacionada com a disponibilidade de água no solo, pois a maior parte deste elemento é absorvida pela planta através do fluxo de massa e difusão (FRIZONE; OLITTA, 1987). Na avaliação do rendimento e características comerciais do melão, foi observado que o nitrogênio influencia positivamente o peso e número de frutos (SOUZA et al., 2005). Segundo Bhella e Wilcox (1989) o nitrogênio é o mais absorvido pela cultura do meloeiro e sua deficiência ou excesso pode afetar diretamente a produtividade das culturas e a qualidade dos frutos.

Kafkafi (1984) relata que existem evidências de competição na absorção entre nitrato e cloreto, de modo que um aumento na concentração de nitrato na zona radicular pode inibir uma maior absorção de cloreto pela planta. Isso explica, de certa forma, a interação entre os fatores salinidade e nitrogênio para a maioria das variáveis verificada no presente trabalho.

Ademais, Rhoades, Kandiah e Mashali (1992) dizem que plantas que se desenvolvem em solos férteis podem parecer mais tolerantes aos sais em relação às aquelas que crescem em solos deficientes, pois a fertilidade é o principal fator limitante do crescimento; então a adição de fertilizantes extra não alivia a inibição do desenvolvimento causada pela salinidade. Outro fator que pode ter contribuído para a interação foi o fato de não se ter adubado a cultura em fundação, como se faz normalmente, e os nutrientes terem sido aplicados no momento oportuno e quantidade ideal de acordo com a marcha de absorção da cultura de forma parcelada no decorrer do ciclo através de fertirrigação.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para os dados dos componentes da produção e produtividade do meloeiro (PRC – Produtividade Comercial; NFC – Número de Frutos Comerciais; PMC – Peso Médio dos Frutos Comerciais; PRT – Produtividade Total; NFT – Número de Frutos Totais; PMT – Peso Médio dos Frutos Totais) irrigado com águas de diferentes salinidades. Mossoró - RN, 2009.

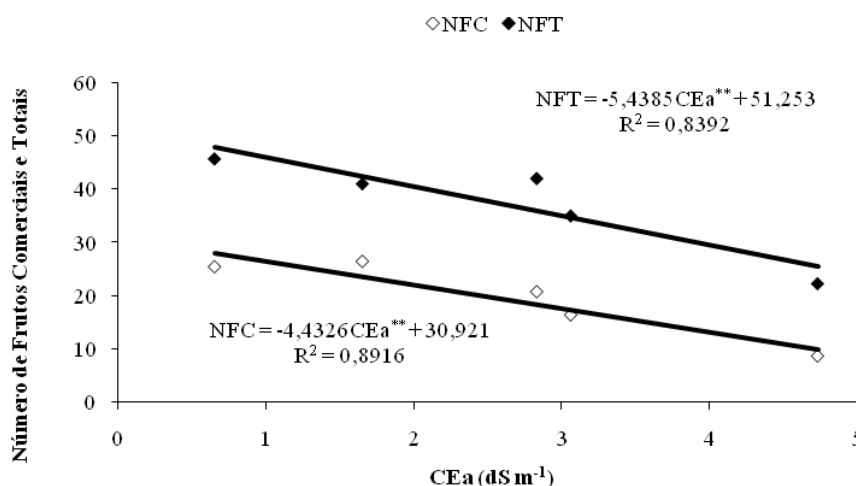
Fonte de variação	GL	Quadrados Médios					
		PRC	NFC	PMC	PRT	NFT	PMT
Bloco	02	57,59*	120,09**	0,00221 ^{n.s.}	41,67 ^{n.s.}	36,47 ^{n.s.}	0,00822 ^{n.s.}
Salinidade (S)	04	148,50**	186,81**	0,04715**	239,79**	220,64*	0,07278**
Erro I	08	10,60	17,23	0,00426	14,48	59,41	0,00267
Nitrogênio (N)	02	73,57**	112,29**	0,00314 ^{n.s.}	119,66**	240,80**	0,00422 ^{n.s.}
Interação (S x N)	08	19,31*	22,59 ^{n.s.}	0,00551 ^{n.s.}	26,45**	55,08*	0,00509*
Erro II	20	5,55	13,83	0,00256	7,36	21,99	0,00179
Total	44						
CV ₁ (%)		28,84	25,14	9,77	21,08	23,31	9,63
CV ₂ (%)		20,88	22,53	7,57	15,02	14,18	7,88

** significativo a 0,01 de probabilidade; * significativo a 0,05 de probabilidade; ^{n.s.} não significativo, pelo teste F.

Na literatura consultada observa-se que a salinidade da água pode afetar diversos componentes de produção do meloeiro, bem como a própria produtividade da cultura. Alguns autores encontraram que a salinidade reduz tanto o peso médio como o número de frutos (MEIRI et al., 1982), outros observam que somente reduz o tamanho (SHANNON; FRANCOIS, 1978; NUKAYA; MAUSHI; ISHIDA, 1980) ou o número de frutos (JONES; RIKE; YOURMAN, 1989). Entre os trabalhos semelhantes desenvolvidos em nossa região, podem-se citar os de Barros (2002) e Figueirêdo (2008), que verificaram efeito da salinidade sobre todos os componentes de produção aqui estudados e sobre o rendimento da cultura.

As análises de regressão mostraram haver ajustes significativos do número de frutos, tanto comerciais como totais, em função da salinidade da água de irrigação. O comportamento destas variáveis seguiu modelo linear decrescente, indicando que a redução do número de frutos acompanhou o incremento da salinidade da água (Figura 16a). Por outro lado, a variável peso médio dos frutos comerciais se ajustou de forma significativa a uma equação de 2º grau, sendo o ponto de máximo alcançado com a salinidade de $0,65 \text{ dS m}^{-1}$. Já para o peso médio dos frutos totais, a equação linear decrescente foi a que melhor se ajustou (Figura 16b).

a)



b)

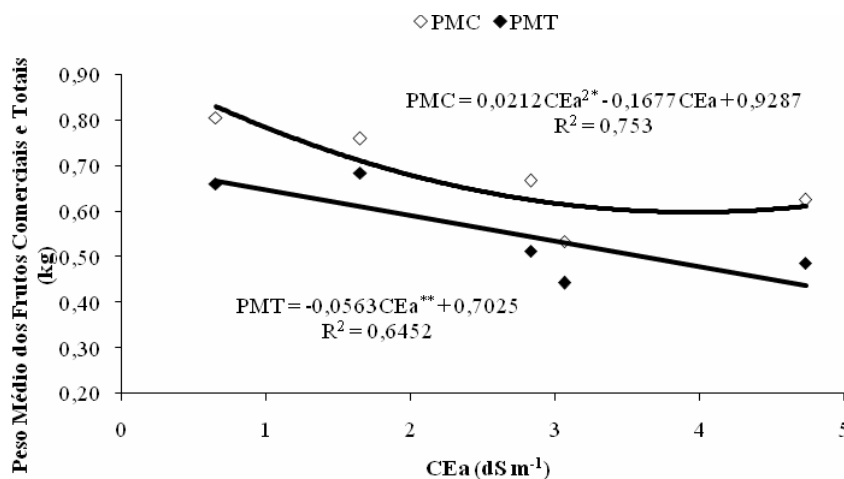


Figura 16. Número de frutos comerciais (NFC) e totais (NFT) (a) e peso médio dos frutos comerciais (PMC) e totais (PMT) (b) do meloeiro irrigado com água de diferentes salinidades. Mossoró - RN, 2009.

Comparando-se as equações de regressão, para os componentes de produção: número de frutos comercial e total e peso médio comercial e total (Figura 16a e 16b), observam-se decréscimos lineares de 66%, 51%, 24% e 26%, respectivamente, para $S5 = 4,73 \text{ dS m}^{-1}$ comparando-se com os valores obtidos com $S1 = 0,65 \text{ dS m}^{-1}$, ou seja, decréscimos lineares por aumento unitário da salinidade da água de irrigação (CEa) de 16%, 13%, 6% e 6%, respectivamente.

As curvas de resposta da produtividade comercial e total do meloeiro em relação aos níveis de salinidade da água de irrigação podem ser visualizadas na Figura 17, verificando-se, para ambas as características, ajuste dos resultados a uma equação linear decrescente. Houve quedas na PRC e na PRT na ordem de aproximadamente 73% e 64%, nesta ordem, quando a CE da água aumentou entre a menor e a maior salinidade, o que corresponde a um decréscimo de 18% e 16% por aumento unitário da salinidade da água de irrigação (CEa), respectivamente.

Constata-se, desta forma, que, nas condições em que se realizou o experimento, a produtividade do meloeiro foi influenciada negativamente pelo incremento da salinidade.

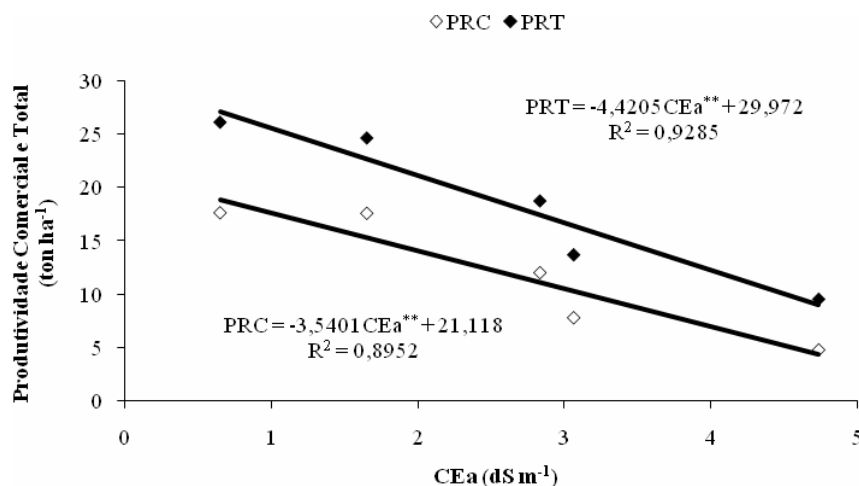


Figura 17. Produtividade comercial (PRC) e total (PRT) do meloeiro irrigado com água de diferentes salinidades. Mossoró - RN, 2009.

Observa-se, dessa forma, que os rendimentos foram mais afetados pelo número de frutos do que pelo peso médio dos mesmos. Comportamento semelhante ao encontrado por Barros (2002), no pólo agrícola Mossoró – Assú, RN.

No Anexo IV, podem ser vistos os valores de PMC, PMT, NFC, NFT, PRC e PRT em cada nível de salinidade da água de irrigação utilizada.

Não se verificou rendimento máximo entre as salinidades S1 e S5. Desta forma, para obtenção da salinidade limiar da cultura, utilizou-se a metodologia proposta por Ayers e Westcot (1999), ou seja, a salinidade máxima aceitável foi considerada como sendo aquela que permite produzir rendimento relativo mínimo de 90%.

De posse dos valores de PRC e PRT obtida para cada nível de salinidade, encontrou-se um valor de SL de 1,48 e 1,46 dS m⁻¹ para produtividade comercial e total, respectivamente, bem abaixo de 2,4 dS m⁻¹ relatada em Ayers e Westcot (1976) para um rendimento de 90% do melão cantaloupe. Assim, pode-se dizer que o melão Gália é mais sensível a irrigação com água salina. Os valores de SL determinados neste trabalho são próximos aos encontrados por Figueirêdo (2008) em condições semelhantes às que foram verificadas neste trabalho.

4.6.1 Fator de resposta da produção em relação à evapotranspiração

Relacionando a redução da evapotranspiração com as quedas relativas das produções total e comercial, obteve-se o coeficiente Ky, o qual traduz a sensibilidade de produção da cultura ao déficit hídrico, neste caso, provocado pela redução da disponibilidade de água para as plantas resultante do aumento do nível de salinidade da água de irrigação. Através dos valores encontrados, verifica-se que o “fator de resposta” Ky foi maior para a produção comercial (4,66), mostrando uma grande sensibilidade do meloeiro, para fins comerciais, ao déficit hídrico com relação à qualidade dos frutos. Já a produção total foi menos sensível, apresentando um valor menor para Ky (4,05).

Na literatura não se encontraram dados referentes ao fator de resposta da produção do meloeiro em função da evapotranspiração da cultura. Doorenbos e Kassam (1994), com a cultura da melancia, encontraram valores de ky em torno de 1,1 para condições de estresse hídrico. De acordo com estes autores, a melancia é classificada como moderadamente tolerante ao déficit hídrico (ky entre 0,95 e 1,50).

Os valores altos de ky para o meloeiro aqui encontrados podem ser explicados pelo nível de evapotranspiração, onde se pode observar uma redução da produção de 73% e 65% da PRC e PRT, respectivamente, para uma redução de apenas 16% da evapotranspiração obtida entre os níveis de maior e menor salinidade. Esta redução da produção pode ser ainda

atribuída à redução da disponibilidade de nutrientes decorrente da oferta de menor quantidade de água à planta devido ao estresse salino.

Os valores tabelados de K_y para as diferentes culturas encontram-se apresentados no Boletim FAO-33.

5 CONCLUSÕES

A evapotranspiração do meloeiro diminuiu à medida que a salinidade da água de irrigação aumentou de 0,65 para 4,73 dS m⁻¹.

A ET_c medida por lisímetro mostrou desempenho ótimo segundo a classificação de Camargo e Sentelhas (1997) quando comparada com a ET_c obtida utilizando-se a metodologia da FAO.

Os coeficientes de cultura (K_c's) encontrados no menor nível de salinidade foram maiores que os recomendados pela FAO, exceto para a fase inicial de cultivo. Por outro lado, na irrigação com água de maior salinidade os K_c's foram menores que os da FAO, com exceção da fase final, onde os K_c's foram exatamente iguais.

O cálculo da E_T com a R_n estimada, em geral, superestimou os valores em relação a E_T calculada com a R_n medida na maior parte do ciclo da cultura, em consequência da utilização do mulch no manejo da cultura, sendo este efeito mais evidenciado nos primeiros 30 DAT.

As salinidades afetaram a produção do melão e seus componentes. A produtividade (comercial e total) decresceu com o aumento da salinidade da água de irrigação.

O fator de resposta da produção em relação à evapotranspiração foi de 4,66 e 4,06 para PRC e PRT, respectivamente.

A ET_c sob condições de maior salinidade (S₅ = 4,73 dS m⁻¹) foi 0,84 da ET_c sob condições de menor salinidade (S₁ = 0,65 dS m⁻¹).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUKHALED, A.; ALFARO, A.; SMITH, M. **Lysimeters**. Rome: FAO, 1982, 68p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 39).

AL-GHOBARI, H. M. Estimation of reference evapotranspiration for southern region of Saudi Arabia. **Irrigation Sciencem**, v.19, n. 2, p 81-86, 2000.

ALLEN R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 297p (FAO: Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALLEN, R. G. A Penman for all seasons. **Journal of irrigation and Drainage Engineering**. New York, v.112, n.4, p.348-386, 1986.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH. **Evapotranspiration del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006, 298p. (FAO, Estudio Riego e Drenaje Paper, 56).

ALLEN, R. G .; PRUITT, W. O.; JENSEN, M. E. Environmental requirements of lisimeters. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LYSIMETRY, 1991, Honolulu. **Anais de resumo...** Honolulu: ASCE, 1991, p.170-181.

ALLEN, R. G.; JENSEN, M. E.; WRIGHT, J. L. et al. Operational estimates of reference evapotranspiration. **Agronomy Journal**, v.81, p.650-662, 1989.

ALLEN, R. G.; SMITH, M.; PERRIER, A. An update for the calculation of reference evapotranspiration. **ICID Bulletin**, v.43, n.2, p.35-91, 1994.

ALVES, L. P.; MEDEIROS, J. F.; BARROS, A. D.; LEVIEN, S. L. A.; LISBOA, R. A.; SILVA JUNIOR, M. J. Balanço hídrico da cultura do melão submetido a aplicações de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e tipos de manejo. In: SIMPÓSIO DE RECURSO HÍDRICOS DO NORDESTE, 5, 2000, Natal, **Anais...** Natal-RN: ABRH, 2000. CD ROM

ALVES, L. P. **Necessidade hídrica do melão sob diferentes níveis de salinidade da água e manejo da irrigação**. 2002. 43f. Monografia (Graduação em agronomia) – Depatamento de ciências ambientais, Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró – RN.

ANTUNES, R. C. B.; MANTOVANI, E. C.; COSTA, L. C.; RENA, A. B.; ALVARENGA, A. P. Determinação da evapotranspiração da cultura do cafeeiro em formação, Brasília-DF. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Poços de Caldas, MG. **Resumos expandidos...** Brasília: EMBRAPA Café, 2000. v. 2, p. 810.

ARAÚJO, J. P. **Cultura do melão**. Petrolina: EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuária para o Trópico Semi-árido, 1980. 40p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. FAO, Irrigation and Drainage Paper, 29, 1976.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB. 1991, 218p. Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999, 153p. FAO. Estudos Irrigação e Drenagem, 29.

BARROS, A. D. **Manejo da irrigação por gotejamento, com diferentes níveis de salinidade da água, na cultura do melão**. Botucatu, 2002. 124f. Tese (Doutorado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, São paulo, 2002.

BARROS, A. D. **Germinação, vigor e desenvolvimento do meloeiro (*Cucumis melo*, L.) sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação**. Campina Grande: UFPB, 1998. 78p. Dissertação (Mestrado em Agronomia- Irrigação e Drenagem), Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 1998.

BASTOS, E. A. **Determinação dos coeficientes de cultura da alface (*Lactuca sativa* L.)**. Botucatu: UNESP, 1994, 101 p. (Dissertação de Mestrado em Irrigação e Drenagem), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista - UNESP, 1994.

BERGAMASCH, H.; ROSA, L. M. G.; SANTOS, A. O; BERGONCI, J. I. Automação de um lisímetro de pesagem através de estação meteorológica, a campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. **Resumos**. Piracicaba: ESALQ; Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. v. 1, p. 262-264.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 6. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1996. 657p.

BHELLA, H. S.; WILCOX, G. E. Lime and nitrogen influence soil acidity nutritional status, vegetative growth, and yield of muskmelon. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.114, n.2, p.606-610, 1989.

BOTELLA, F.; COSTA, J.; NUEZ, F. Influencia de la salinidad e algunos caracteres de fruto de melon. **Acta de Horticultura**, Cárceres, v.10, n.1, p.1079-1084, 1993.

BRESLER, E. Application of conceptual model to irrigation water requirement and salt tolerance of crops. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.51, p.788-793, 1987.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

CAMARGO, A. P. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.21, n.12, p.163-213, 1962.

CARMO FILHO F.; OLIVEIRA O. F. 1995. **Mossoró**: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, (Coleção Mossoroense, Série B) 62p.

COELHO FILHO, M. A.; VELLAME, L. M.; COELHO, E. F. SOUZA, C. F. **Instalação e operação de sistemas de aquisição e armazenamento de dados para o monitoramento do sistema solo-água-plantas**. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, 2004. 136p.(Documentos n. 143)

COSTA, M. C. **Efeitos de diferentes lâminas de água com dois níveis de salinidade na cultura do meloeiro**. Botucatu, UNESP, 1999, 115 p. Tese (Doutorado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, SP, 1999.

COUTO, L.; SANS, L. M. A. **Requerimentos de água das culturas**. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2002, 10p. (Circular Técnica 20).

CRISÓSTOMO, L. A.; SANTOS, A. A.; FARIA, C. M. B.; SILVA, D. J.; FERNANDES, F. A. M.; SANTOS, F. J. S.; CRISÓSTOMO, J. R.; FREITAS, J. A. D.; HOLANDA, J. S.; CARDOSO, J. W.; COSTA, N. D. **Adubação, irrigação, híbridos e práticas para o meloeiro no Nordeste**. Fortaleza: EMBRAPA, 2002, 22p. (Circular Técnica, 14).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. 2. ed. Rome: FAO, 1977. 179p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24)

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. Brasília: 1999. 412p.

FARIA, C. M. B. **Nutrição mineral e adubação da cultura do melão**. Petrolina: EMBRAPA –CPATSA, 1990. 26p.(EMBRAPA – CPATSA, Circular Técnica, 22).

FERREIRA, F.; PEDROSA, J. F.; ALVARENGA, M. A. R. Melão: cultivares e métodos culturais. **Informe Agropecuário**, Brasília, v. 8, n. 85, p. 26-28, 1982.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**, Versão 5.0 (Build 67), DEX/FLA. 2003.

FIGUEIRÊDO, V. B. **Evapotranspiração, crescimento e produção da melancia e melão irrigados com águas de diferentes salinidades**. Botucatu, 2008. 104f. Tese (Doutorado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, SP, 2008.

FRANCO, J. A.; FERNÁNDEZ, J. A.; BAÑÓN, S. Relationship between the effects of salinity on seedling leaf area and fruit yield of six muskmelon cultivars. **Hort Science**, n.32, v.4, p.642-644, 1997.

FRANÇOIS, L. E.; DONVAN, T.; MAAS, E. V Salinity effects on seed yield, Growth, and germination of sorghum. **Agronomy Journal**, v.76, n.5, p.741-44. 1984.

FRIZZONE, J. A.; OLITTA, A. F. L. Consumo de água e produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Item**, Brasília, v.29, p.25-29, 1987.

GOLDBERG, D.; GORNAT, B.; BAR-YOSEF, B. The distribution of roots, water and minerals as a result of trickle irrigation. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.96, p.645-648, 1971.

GREBET P.; CUENCA, R. History of lysimeter design of environmental disturbances. In: ALLEN, R. G. et al. **Lysimeter for evapotranspiration and environmental measurements**. New York: American Society of Civil Engineers, 1991, p.10-18.

HARGREAVES, G. H. Defining and using reference evapotranspiration. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.120, p.1132-1139, 1994.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering Agriculture**, v.1, n.2, p.96-99, 1985.

HOFFMAN, G. J.; PHENE, C. Effect of constant salinity levels on water use efficiency of bean and cotton. **Transactions of the ASAE**, v.14, p. 1202-1206, 1971.

HOWELL, T. A.; SCHNEIDER, A. D.; JENSEN, M. E. History of lysimeter design and use of evapotranspiration measurements. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LYSIMETRY, 1991, Honolulu. **Anais de resumo...** Honolulu: ASCE, 1991, p.1-9.

HOWELL, T. A.; McCORMICK, R. L.; PHENE, C. J. Design and instalation of large weighing lysimeters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 28, n. 117, p. 106-112, 1985.

HUSSEIN, A. S. A. Grass ET estimates using Penman-type equations in Central Sudan. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.125, n.6. p.324-329. 1999.

JENSEN, M. W.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: American Society of Civil Engineers, 1990. 329p. (ASCE. Manual and Reports on Engineering Practices, 70).

JOLY, A. B. **Botânica**: introdução à taxonomia vegetal. São Paulo: Nacional, 1993. v. 4, 776 p. (Biblioteca Universitária Ciências Puras, 3).

JONES, R. W.; RIKE, L. M.; YOURMAN, L. F. Salinity influences cucumber growth and yield. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.86, n.2, p.575-581, 1989.

KAFKAFI, U. Plant nutrition under saline conditions. In: SHAINBERG, I.; SHALHEVET, K (Ed.). **Soil salinity under irrigation**. Berlin, Springer-Verlag, 1984. p.319-338. (Ecological Studies, 51).

KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. 2. ed. São Paulo, Nobel, 1988.

LETEY J.; DINAR A. Simulated crop-water production functions for several crops when irrigated with saline waters. **Hilgardia**, n.54, p.1-32, 1986.

LETEY, J.; DINAR, A.; KNAPP, K. C. Crop-water production function model for saline irrigation waters. **Journal of the American Society for Soil Science**. v.49, p.1005–1009, 1985.

MAAS, E. V. Salt tolerance of crops. **Applied Agricultural Research**, New York, v. 1, n. 1, p. 12-26, 1986.

MAAS, E. V.; FRANCOIS, L. E.; DONOVANT, T.; YOUNJS, V. L. Effect of salinity on grain yield and quality, vegetative growth, and germination of semi-awart and ourum what, **Agronomy Journal**, Madison, v.78, n.1, p.145-152, 1986.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance-current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, New York, v.103, n.1R2, p.115-134, 1977.

MAGGIOTTO, S. R. **Estimativa da evapotranspiração de referência pelo uso da termometria ao infravermelho**. 1996. 71 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

MALLICK, M. F. R.; MASUI, M. Origin, distribution and taxonomy of melons. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.28, p251-261, 1986.

MATZENAUER, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). In: **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade / UFRGS. Cap. 3, 1992, pp. 31-39.

MEDEIROS, A. T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas em Paraipaba, CE.**, São Paulo, 2002. 103p. Tese (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) - Escola Superior Luiz de Queiroz, ESALQ.

MEDEIROS, A. T.; SENTELHAS, P. C.; LIMA, R. N. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba - CE. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n.1, p.21-30, 2003.

MEDEIROS, F. A. S. B.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, M. C. C.; ALVES, L. P.; SOUZA, T. H.; LEVIEN, S. L. A. Necessidade hídrica do meloeiro irrigado com água de diferentes salinidades e cultivado com ou sem cobertura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.9, n.2. Campina Grande: DEAg/UFPB, 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662005000200014&script=sci_arttext Acesso em 20 de junho de 2009.

MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S. ; BARROS, A. D. Manejo da irrigação e tolerância do meloeiro a salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife: UFRPE, v.3, n.3, p.242-247, 2008.

MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande: DEAg/UFPB, v.7, n.3, p.469-472, 2003.

MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos Estados do RN, PB e CE**. Campina Grande, 1992, 173p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola - Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB, 1992.

MEDEIROS, S. L. P. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região mesoclimática de Santa Maria-RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, n.1, p.105-109, 1998.

MEIRI, A.; HOFFMAN, G. I.; SHANNON, M. C.; POSS, J. Salt tolerance of two muskmelon cultivar under two radiations levels. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.107, n.3, p.1168-1172, 1982.

MENGUEL, K. , KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: Intern. Potash. Inst. 1987. 687P.

MENEZES, J. B.; FILGUEIRAS, H. A. C.; ALVES, R. E. , MAIA, C. E.; ANDRADE, G. G.; ALMEIDA, J. H. S.; VIANA, F. M. P. Característica do melão para exportação. In: ALVES, R. E. (Org.) **Melão: pós-colheita**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical; Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 13-22.

MIRANDA, F. R.; YODER, R. E.; SOUZA, F. Instalação e calibração de um lisímetro de pesagem no projeto de irrigação Curu-Paraibapa, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n. 1, p. 107-110, 1999.

MIRANDA, F. R.; YODER, R. E.; SOUZA, F. Instalação e calibração de um lisímetro de pesagem no projeto de irrigação Curu-Paraibapa, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n. 1, p. 107-110, 1999.

MIRANDA, F. R.; SOUZA, F.; RIBEIRO, R. S. F. Estimativa da evapotranspiração e do coeficiente de cultivo para a cultura do melão plantado na região litorânea do Estado do Ceará. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.18, n.4, p.63-70, 1999.

MONTEITH, J. L. Evaporation from land surfaces: progress in analysis and prediction since 1948. In: NATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN EVAPOTRANSPIRATION, Chicago, 1985. **Proceedings**. St. Joseph: ASAE, 1985. p. 4-12.

MONTEITH, J. L. Evaporation and environmental. In: The state and movement of water in living organisms, **Atas and Abstrat...** Cambridge, v. 19, p. 205-234, 1965.

NUKAYA, A.; MAUSHI, M.; ISHIDA, A. Salt tolerance in muskmelon grown in different salinity soil. **Journal of the Japanese American Society for Horticultural Science**. v. 48, p.468-474. 1980.

NUKAYA, A. Salt tolerance studies in muskmelons and other vegetables. **Technical Bulletin**, no 8. Department Hort. Faculty Agric., Shizuoka University, Japan, 1983.

OLIVEIRA, O.; MAIA, C. E. Qualidade físico-química da água para a irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.2, n.1, p.17 21, jan.-abr., 1998.

PASTERNAK, D.; BOROVIC, I.; DeMALACH, Y.; DAVIDSON, A. Production of melons in the Negev highlands with brackish water for summer and early autumn export. **Hassadesh**. v. 61, p. 133. 1980.

PASTERNAK, D.; DeMALACH, Y.; MIZRAHI, Y.; BOROVIC, I. Effect of brackish water irrigation on yield and quality of muskmelons. **Hassadeh**, v. 58, p.2114. 1978.

PEDROSA, J. F. **Cultura do melão**. 4. ed. Mossoró: ESAM, 1997, 51 p. (Apostila Encadernada).

PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of the Royal Society of London**, v.A193, p.120-146, 1948.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002, 478p.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

PEREIRA, F. A. C. **Desempenho do modelo de Penman-Monteith e de dois evaporímetros na estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) em relação a um**

lisímetro de pesagem. Piracicaba, 1998. 87p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

PEREIRA, L. S.; ALLEN, R. G. Novas aproximações aos coeficientes culturais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.16, n.4, p.118-43, 1997.

PERES, J. G. **Avaliação do modelo de Penman-Monteith, padrão FAO, para estimar a evapotranspiração de referência nas condições climáticas do Estado de São Paulo.** Piracicaba, 1994. 116p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

PEZZOPANE, J. R. M.; MORAES, A. V. C.; PICINI, A. E. Determinação da temperatura base para capim elefante. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, Piracicaba, 1997, **Anais...** Piracicaba-SP: SBA, 1997. p. 61-63.

PORTO FILHO, F. Q.; MEDEIROS, J. F.; SOUSA NETO, E. R.; GHEYI, H. R.; MATOS, J. A. Viabilidade da irrigação do meloeiro com águas salinas em diferentes fases fenológicas. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p. 453-459, 2006.

PRUITT, W. O.; LOURENCE, F. J. Experiences in lysimetry for ET and surface drag measurements. In: **Advances in Evapotranspiration.** American Society of Agricultural Engineers, Saint Joseph, p. 51-69, 1985.

RHOADES, J. D.; LOVEDAY, J. **Salinity in irrigated agriculture** in: STEWART, B. A.; NIELSEN, D. R. (Ed.) **Irrigation of Agriculture Crops.** Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1990. p. 1220-1266.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use saline water for crop production.** Rome: FAO, 1992. 133p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 48)

RIBEIRO, R. S. F. **ET estimation using Penman-Monteith equation compared to ET measured by lysimetry.** Knoxville: University of Tennessee, 1996. 15p.

RITCHIE, J. T.; BURNETT, E. A precision weighing lysimeter for row crop water use studies. **Agronomy Journal**, Madison, v. 60, p. 545-549, 1968.

SANTOS, J. G. R. **A salinidade na agricultura irrigada: teoria e prática.** Campina Grande: UFPB, 2000. 171p.

SEDIYAMA, C. G.; RIBEIRO, A.; LEAL, B. G. Relações clima, água, planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Simpósio...** Poços de Caldas-MG: UFLA/SBEA, 1998. p. 46-85.

SENTELHAS, P. C. **Estimativa diária da evapotranspiração de referência com dados de estação meteorologia convencional e automática.** Piracicaba, 1998. 97p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia aplicada à irrigação. In: MIRANDA, J.H.; PIRES, R.C.M. **Irrigação.** Jaboticabal: SBEA, 2001. v. 1, p. 63-120. (Série Engenharia Agrícola).

SHALHEVET, J. Using water of marginal quality for crop production: Major issues. **Agriculture Water Manage**, v. 25, p.233–269, 1994.

SHANNON, M. C.; FRANCOIS, L. E. Salt tolerance of three muskmelon cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, n.103, v.1, p.127-130, 1978.

SHANNON, M. C.; BOHN, G. W.; McCREIGHT, J. D. Salt tolerance among musk melon genotypes uring seed emergence and seedling growth. **Hort Science**, 19, p. 828-830, 1984.

SILVA, F. C. **Uso de dispositivos lisimétricos para medida da evapotranspiração de referência.** Piracicaba, 1996. 68p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SILVA, F. C.; FOLEGATTI, M. V.; MAGGIOTTO, S. R. Análise do funcionamento de um lisímetro de pesagem com célula de carga. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, n.1, p. 53-58, 1999.

SILVA, L. D. B. **Evapotranspiração do capim tanzânia (*Panicum maximum* Jacq) e grama-batatais (*Paspalum notatum* flugge) utilizando o método do balanço de energia e lisímetro de pesagem.** 2003. 93 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SILVA, M. C. C. **Crescimento, produtividade e qualidade de frutos do meloeiro sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e cobertura do solo.** 2002. 65 p. Tese (Mestrado em Fitotecnia), ESAM, Mossoró-RN.

SMITH, M. **Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements**: Rome: FAO, 1991. 54 p.

SMITH, M.; ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. **Revised FAO methodology for crop water requirements. In: Evapotranspiration and irrigation scheduling, Proceedings of the Internacional Conference**. American Society of Agricultural Engineers the Irrigation Association, november, 3- 6, San Antonio/Texas, 1996, pp. 116-123.

SOUSA, V. F.; COELHO, E. F.; SOUZA, V. A. B.; HOLANDA FILHO, R. S. F. Efeito de doses de nitrogênio e potássio aplicadas por fertirrigação no meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.2, p.210-214, 2005.

SOUSA, V. F.; RODRIGUES, B. H. N.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; COELHO, E. F.; VIANA, F. M. P.; SILVA, P. H. S. **Cultivo do meloeiro sob fertirrigação por gotejamento no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: EMBRAPA Meio-Norte, 1999. 68p. (EMBRAPA Meio-Norte. Circular Técnica, 21).

SUDENE. **Divisão Agrológica Mapa Exploratório – Reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte**. Mapa ed. 75 x 85 cm, Escala 1:500.000, 1968. (Relatório anual).

THOMAS, J. R. Osmotic and specific salt effects on growth of cotton. **Agronomy Journal**, v.72, p.407-412, 1980.

THORNTHWAITE, C. W. Na approach toward a rational classification of climate. **Geographycal Review**, v.38, p.55-94, 1948.

VIEIRA, V. C. R.; CURY, D. M. L. Graus-dia na cultura do arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, Piracicaba, 1997, **Anais...** Piracicaba-SP: SBA, 1997. p. 47-49.

WHITAKER, T. W.; DAVIS, G. N. C. **Cucurbits**: botany, cultivation and utilization. London: Hill, 1962. 249p.

WRIGHT, J. L. Using weighing lysimeters to develop evapotranspiration crop coefficients. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LYSIMETRY, 1991, Honolulu. **Anais de resumo...** Honolulu: ASCE, 1991, p. 191-199.

ANEXOS

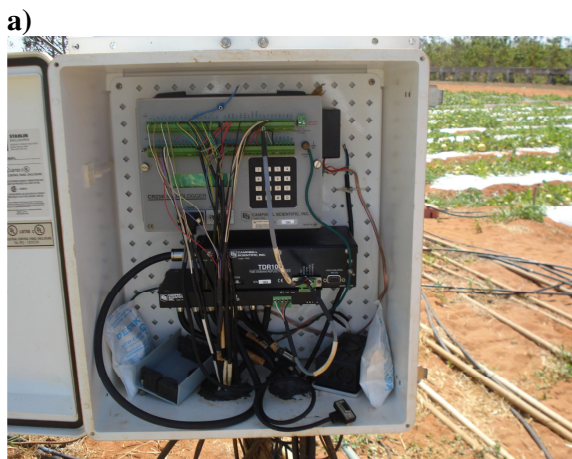
ANEXO I. Lâmina de água aplicada por estágio fenológico, em milímetros, nos níveis de salinidade S1 ($0,65 \text{ dSm}^{-1}$) e S5 ($4,73 \text{ dSm}^{-1}$) durante o ciclo do meloeiro

Estádio fenológico	Lâmina (mm)	
	S1	S5
Inicial	62,3	67,0
Desenvolvimento vegetativo	126,1	105,9
Intermediária	116,2	125,5
Final	22,8	29,0

ANEXO II. Detalhes do sistema de pesagem dos lisímetros instalados na área experimental



ANEXO III. Instrumentos instalados na área experimental: a) sistema automático de aquisição de dados (datalogger CR23X); b) sensor de precipitação pluviométrica (pluviômetro de balsa); c) sensor de velocidade do vento (anemômetro); d) sensor de temperatura e umidade relativa do ar; e) sensor de radiação solar global (piranômetro); f) sensor de radiação líquida (saldo radiômetro)



ANEXO IV. Valores médios do número de frutos comerciais (NFC) e totais (NFT), peso médio dos frutos comerciais (PMC) e totais (PMT) e produtividade comercial (PMC) e total (PMT), nos cinco níveis de salinidade da água de irrigação utilizados

Salinidade (dSm ⁻¹)	NFC	NFT	PMC (kg)	PMT (kg)	PRC (Mg ha ⁻¹)	PRT (Mg ha ⁻¹)
0,65	25,33	45,67	0,81	0,66	17,65	26,14
1,65	26,33	41,00	0,76	0,68	17,60	24,65
2,83	20,67	42,00	0,67	0,51	12,03	18,75
3,06	16,33	35,00	0,53	0,44	7,80	13,69
4,73	8,67	22,33	0,62	0,49	4,78	9,52