MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/PRODUÇÃO VEGETAL

AGENOR FRANCISCO ROCHA JUNIOR

FUNÇÃO DE RESPOSTA E ANÁLISE ECONÔMICA DO MELOEIRO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA E DOSES DE NITROGÊNIO, EM TERESINA-PI

TERESINA – PI
2012

AGENOR FRANCISCO ROCHA JUNIOR

FUNÇÃO DE RESPOSTA E ANÁLISE ECONÔMICA DO MELOEIRO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA E DOSES DE NITROGÊNIO, EM TERESINA-PI

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Piauí – UFPI, como parte dos requisitos para obtenção do titulo de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano

Co-orientador: Prof. Dr. Francisco Edinaldo Pinto Mousinho

TERESINA – PI

2012

FICHA CATAOGRÁFICA

R672f Rocha Junior, Agenor Francisco
Função de resposta e análise econômica do meloeiro sob diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio, em Teresina-PI. / Agenor Francisco Rocha Junior . - 2012.
72 f.: il.

Dissertação(Mestrado em Produção Vegetal)- Universidade Federal do Piauí, Teresina,2012.
Orientação: Prof. Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano.

1. *Cucumis melo* L. 2.Irrigação localizada 3. Superficie de resposta I. Título.

CDD635.611

FUNÇÃO DE RESPOSTA E ANÁLISE ECONÔMICA DO MELOEIRO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA E DOSES DE NITROGÊNIO, EM TERESINA-PI

AGENOR FRANCISCO ROCHA JUNIOR
ENGENHEIRO AGRÔNOMO

Aprovado em 16/03/2012.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano - Presidente
CCA/UFPI

Prof. Dr. Francisco Edinaldo Pinto Mousinho –Co-orientador
CCA/UFPI

Dr. Edson Alves Bastos - Titular
CPAMN

Dr. Marcos Emanuel da Costa Veloso – Titular
CPAMN

*Ao meu pai Agenor Francisco Rocha e a meu avô João Marques da silva (**in memorian**), pelos exemplos de perseverança, honestidade e integridade moral e que mesmo estando distantes sempre estão presentes na minha vida. A minha mãe Maria do Desterro Carvalho Rocha, razão da minha vida, pelo amor, dedicação, compreensão e por apesar de todas as dificuldades de nossas vidas, ter contribuído fortemente para a minha formação e educação , bem como dos meus irmãos.*

MÃE TE AMO.

DEDICO

Aos meus irmãos:

Gabriela Rocha e Rafael Rocha, pelo companheirismo, incentivo e acima de tudo pela grande amizade existente entre nós; a tia Lourdes Rocha e tio Marcelo;a toda minha família por estarem, sempre pressentes e a Alane Guimarães por todo seu amor e companheirismo.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus, provedor de todo o bem, pela minha existência e força para alcançar meus objetivos, pois sem ele nada é possível.

À Universidade Federal do Piauí, por ter concedido a oportunidade de cursar o mestrado em Agronomia e desenvolver todos os meus trabalhos.

Ao Colégio Agrícola de Teresina, pela ajuda e suporte para a instalação e condução do experimento.

Ao Prof. Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano, pelo convívio e orientações.

Ao Prof. Dr. Francisco Edinaldo Pinto Mousinho, grande amigo de longa data, pelo apoio, pelas eficientes orientações, pela compreensão, pelos conhecimentos, pela amizade, por todo ensinamento e conhecimento oferecido desde os tempos de graduação e por toda paciência e confiança em mim depositada durante todo esse tempo.

Ao Pesquisador da Embrapa Meio-Norte e amigo Dr. Marcos Emanuel da Costa Velos, pelos ensinamentos, oportunidades, confiança e acima de tudo pelas lições de vida durante todo esse período.

Aos demais professores do Curso de Mestrado em Agronomia do PPGA, pelos ensinamentos, de fundamental importância para a elaboração deste trabalho.

Ao Secretário do mestrado em Agronomia Vicente de Sousa Paulo, pelo respeito, ajuda, conversas e alegrias.

À minha querida namorada Alane Rosane, por ter contribuindo para a suavização dessa longa caminhada, pelo seu amor, dedicação, e por sua compreensão durante os momentos de estresse e ausência;

Aos novos amigos de mestrado, Gisele Castelo Branco, Dorotéia Marçal, Maiany Carvalho, Antonia Maria, Ricardo Silva, Sergio Augusto, José Ribamar, Theofilo Santos pelo convívio e alegrias nos momentos dentro e ora de sala de aula;

Aos amigos de longa data, Digo da Paz, Antonio Eudes, Jacquecilene Moura e Michel Barros pela amizade, convivência fraterna em todos os momentos e terem contribuído para a nossa conquista.;

À grande família do refúgio, Hugo Henrique, Wilon Pinheiro, Leandra Silvestre, João Silvestre, Eliane Silvestre, Guilherme Duarte, Ramon Rêgo e todos aqueles que por la passaram, por nossa amizade e companheirismo;

Aos amigos e colaboradores Edilson Ramos, Cristiana Araújo, Jorge Afonso, Francisco Assis, Renan, Laércio Moura pela grande e inestimável ajuda na condução do projeto de pesquisa;

Aos amigos e amigas Clarisse Moura, Eveline da Silva, Everaldo Moreira, Erina Vitório, Fátima Leite, Daiane dos Santos, Sávio Arraes, Vicente Rufino, Lígia Renata, Sulimary Gomes e Natália Soares, pelo convívio e amizade.

Aos amigos da Embrapa Meio-Norte, Gustavo Carvalho, Diego Sávio, Vanda Daiane, Edigar Augusto, João Paulo, Wilian Lopes, José Eduardo, Juscélia, pela amizade e convivência fraterna em todos os momentos.

Ao meu pai pelos exemplos de vida, honestidade e perseverança.

À minha mãe por toda dedicação, amor, confiança e por ter sempre me apoiado em todos os momentos de minha vida.

A toda minha família, pela minha formação nos ensinamentos cristãos.

E finalmente, a todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho, meus agradecimentos.

ÍNDICE

Página

LISTA DE FIGURAS..... Vii

LISTA DE TABELAS..... Viii

RESUMO..... ix

ABSTRACT..... x

1. INTRODUÇÃO..... 01

2. REVISÃO DE LITERATURA..... 03
2.1 – A cultura do melão 03
2.2 – Irrigação no meloeiro..... 04
2.3 – Efeito da água e do nitrogênio o rendimento do melão..... 06
2.4 – Função de produção..... 08
2.5 – Eficiência do uso da água..... 11

3. MATRIAL E MÉTODOS..... 12
3.1 – Caracterização da área e procedimento experimental..... 12
3.2 – Isoquantas..... 20
3.3 – Produto físico marginal..... 20
3.4 – Taxa marginal de substituição..... 21
3.5 – Região de produção racional..... 22
3.6 – Custo de produção..... 22
3.7 – Combinação de fatores para obtenção do custo mínimo..... 24
3.8 – Eficiência do uso da água..... 24

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 25
4.1 – Rendimento do melão em função das lâminas de água e doses de nitrogênio..... 25
4.2 – Lâmina de água economicamente ótima..... 29
4.3 – Dose de nitrogênio economicamente ótima..... 32
4.4 – Superfície de resposta..... 35
4.5 – Isoquantas..... 37
4.6 – Produto físico marginal..... 38
4.7 – Taxa marginal de substituição..... 39
4.8 – Região de produção racional do melão..... 41
4.9 – Custo mínimo para um determinado nível de rendimento..... 42
4.10 – Maximização da receita liquida..... 43
4.11 – Eficiência do uso da água..... 44

5. CONCLUSÕES..... 47

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 48

7. ANEXOS..... 57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista da área experimental, Colégio Agrícola de Teresina, CAT, Teresina-PI. 12

Figura 2. Escavação manual dos sulcos de plantio da área experimental..... 14

Figura 3. Formulação do substrato e vista da germinação das plântulas nas bandejas..... 15

Figura 4. Coeficiente de cultivo (Kc), durante o ciclo da cultura, MIRANDA et al, 1999..... 16

Figura 5. Vista da área experimental com a cultura estabelecida, CAT, TeresinaPI, 2010..... 17

Figura 6. Croqui da área experimental..... 18

Figura 7. Detalhamento das subparcelas da área experimental..... 18

Figura 8. Rendimento médio do melão em função das diferentes lâminas de irrigação... 28

Figura 9. Rendimento médio do melão em função das diferentes doses de nitrogeênio.. 29

Figura 10. Lâminas de água economicamente ótimas em função da relação entre o preço da água (P_L) e o preço do melão (P_Y)..... 31

Figura 11. Rendimento do melão a partir das lâminas economicamente ótimas em função da relação entre o preço da água (P_l) e o preço do melão (P_Y)..... 32

Figura 12. Doses de nitrogênio economicamente ótimas em função da relação entre o preço do nitrogênio (P_N) e o preço do melão (P_Y)..... 35

Figura 13. Rendimento do melão a partir das doses economicamente ótimas em função da relação entre o preço do nitrogênio (P_N) e o preço do melão (P_Y)..... 35

Figura 14. Superfície de resposta do rendimento do melão em função das lâminas de água e doses de nitrogênio..... 37

Figura 15. Curvas de isoprodutos para o rendimento do melão ($kg \cdot ha^{-1}$) em função das lâminas de água(mm) e doses de nitrogênio ($kg \cdot ha^{-1}$)..... 38

Figura 16. Região de produção racional do melão em função das lâminas de água (mm) e doses de nitrogênio ($kg \cdot ha^{-1}$)..... 42

Figura 17. Eficiência do uso da água ($kg \cdot ha^{-1} \cdot mm^{-1}$) pelo melão em função das doses de nitrogênio ($kg \cdot ha^{-1}$)..... 46

Figura 18. Eficiência do uso da água ($kg \cdot ha^{-1} \cdot mm^{-1}$) pelo melão em função das lâminas de água (mm)..... 46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental..... 13

Tabela 2. Características físicas do solo da área experimental..... 13

Tabela 3. Esquema da análise de variância..... 19

Tabela 4. Rendimento médio do melão ($kg \cdot ha^{1}$), em função das lâminas de água e das doses de nitrogênio..... 26

Tabela 5. Resumo da análise de variância do rendimento do melão em função das lâminas de água e doses de nitrogênio..... 27

Tabela 6. Produto marginal da água para as diferentes lâminas aplicadas correspondentes a cada dose de nitrogênio..... 30

Tabela 7. Produto marginal do nitrogênio para as diferentes doses de nitrogênio aplicadas, correspondente a cada lâmina de água..... 33

Tabela 8. Produto físico marginal ($kg \cdot ha^{1}$) do nitrogênio para as diferentes doses de nitrogênio (valor superior) e produto físico marginal ($kg \cdot ha^{1}$) da água para as diferentes lâminas de água (valor inferior)..... 39

Tabela 9. Taxa marginal de substituição de água por nitrogênio ($TMS_{L/N}$) e as correspondentes Lâminas de água e doses de nitrogênio para níveis pré determinados de rendimento..... 40

Tabela 10. Quantidade de água (L), em mm, e nitrogênio (N), em $kg \cdot ha^{-1}$, que proporcionam combinações de custo mínimo (CTm), em $R\$ \cdot ha^{-1}$, dos diferentes níveis de rendimento (Y), em $kg \cdot ha^{-1}$, para uma relação de preços $P_L/P_N = 11,00$..... 43

Tabela 11. Valores médios da eficiência do uso da água ($kg \cdot ha^{-1}.mm^{-1}$) em função das lâminas totais de água e doses de nitrogênio..... 45

Tabela 12. Análise de variância para a eficiência do uso da água ($kg \cdot ha^{-1}.mm^{-1}$), em função das lâminas de água (mm) e doses de nitrogênio ($kg \cdot ha^{-1}$)..... 45

FUNÇÃO DE RESPOSTA E ANÁLISE ECONÔMICA DO MELOEIRO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA E DOSES DENITROGÊNIO, EM TERESINA-PI

Autor: Agenor Francisco Rocha Junior
Orientador: Prof. Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano
Co-Orientador: prof. Dr. Francisco Edinaldo Pinto Mousinho

RESUMO - Com o objetivo de avaliar a resposta do meloeiro a aplicação de diferentes lâminas de água e adubação nitrogenada nas condições edafoclimáticas de Teresina, Piauí, realizou-se um experimento na área experimental do Colégio Agrícola de Teresina, no período de setembro a dezembro de 2010. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, composto de cinco tratamentos primários nas parcelas, quatro tratamentos secundários nas sub-parcelas e quatro blocos. Os tratamentos constituíram-se da combinação de cinco lâminas de irrigação (L1=124,8; L2=249,5; L3=356,4; L4=534,6; L5=712,9 mm) correspondendo a 0,35; 0,7; 1,0; 1,5; 2,0 vezes a evapotranspiração máxima da cultura, respectivamente, e quatro níveis de adubação nitrogenada (N0=0; N1=75; N2=150; N3=300 kg de N $\cdot ha^{-1}$). Utilizou-se sementes de melão Goldex, hibrido F1, instalada no espaçamento 2,0m x 0,25m, irrigado por um sistema de irrigação por gotejamento com emissores espaçados na linha a cada 0,3m e com vazão nominal de 2,2 $L \cdot h^{-1}$. As irrigações foram diárias, sendo as lâminas de irrigação estabelecidas de acordo com os tratamentos, baseados na evapotranspiração máxima da cultura. Após análise dos resultados verificou-se que os fatores água e nitrogênio apresentaram efeito significativo sobre a produtividade do melão, enquanto que a interação entre os fatores não foi significativa. O máximo rendimento físico estimado foi de 28.752,3 $kg \cdot ha^{-1}$, foi obtido com a aplicação de 675 mm de água e 199,1 $kg \cdot ha^{-1}$ de nitrogênio. A máxima receita líquida estimada de R$ 4.274,60 ha^{-1} foi obtida com um rendimento de 28.517,5 $kg \cdot ha^{-1}$ de melão, utilizando-se 597,1 mm de água e 198,3 $kg \cdot ha^{-1}$ de nitrogênio. A eficiência do uso da água foi crescente com o aumento das doses de nitrogênio com o máximo valor obtido de 176,31 $kg \cdot ha^{-1} \cdot mm^{-1}$ com a dose de 75 $kg \cdot ha^{-1}$ juntamente com a lâmina de 125,75 mm. A eficiência ótima econômica do uso da água estimada foi de 93,28 $kg \cdot ha^{-1} \cdot mm^{-1}$, para uma dose de 198,9 $kg \cdot ha^{-1}$ de nitrogênio.

RESPONSE FUNCTION AND ECONOMIC ANALYSIS MELON UNDER DIFFERENT DEPTHS OF WATER AND LEVELS OF NITROGEN IN TERESINA-PI

Author: Agenor Francisco Rocha Junior
Adviser: Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano
Co-Adviser: Dr. Francisco Edinaldo Pinto Mousinho

ABSTRACT - In order to evaluate the response of melon to application of different water depths and nitrogen fertilizer to Teresina's edaphoclimatic conditions, an experiment was conducted in the experimental field at the Agricultural College of Teresina, between September and December, 2010. The experimental design was randomized blocks (split plots) consisting of five primary treatments, four secondary treatments and four replications. The treatments were the combination of five irrigation depths, corresponding to 0.35, 0.7, 1.0, 1.5, 2.0 times the maximum crop evapotranspiration, and four nitrogen levels (N0 = 0, N1 = 75, N2 = 150, N3 = 300 $kg \cdot ha^{-1}$). The melon Goldex, F1 hybrid, was planting in the spacing 2.0 m × 0.25 m, irrigated by a drip irrigation system with emitters spaced on the line every 0.3 m with nominal flow rate of 2.2 $L \cdot h^{-1}$. The irrigation was in daily scale, and it was in according to established treatments, based on the maximum evapotranspiration of the culture. The water depths, primary treatment, were L1 = 124.8, L2= 249.5, L3 = 356.4, L4= 534.6 and L5 = 712.9 mm. After analyzing the results it was found that water and nitrogen factors had significant effect on the productivity of melon, while the interaction between factors was not significant. The maximum estimated productivity of melon was 28,752.3 $kg \cdot ha^{-1}$, obtained with 675 mm of water and 199.1 $kg \cdot ha^{-1}$ of nitrogen. The maximum estimated net income was R$ 4,274.60 ha^{-1}, obtained with a melon yield of 28,17.5 $kg \cdot ha^{-1}$ using 597.1 mm of water and 197.3 $kg \cdot ha^{-1}$ of nitrogen. The water use efficiency increased with increasing of nitrogen levels, where the maximum obtained value was 176.31 $kg \cdot ha^{-1} \cdot mm^{-1}$ with the level of 125.75 mm together with nitrogen level of 75 $kg \cdot ha^{-1}$. The optimum economic use of water estimated was 93.28 $kg \cdot ha^{-1} \cdot mm^{-1}$ with the application of 198.9 $kg \cdot ha^{-1}$of nitrogen.

1. INTRODUÇÃO

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma das espécies oleráceas de maior expansão no mundo, e dentre as frutas e hortaliças é a oitava cultura mais produzida mundialmente, com uma área cultivada de aproximadamente 1,27 milhão de hectares o que resulta em uma produção de 26,8 milhões de toneladas, sendo a China maior produtor respondendo por aproximadamente 51% da produção mundial (FAO, 2009).

No Brasil, a área cultivada com melão, até o ano de 2008, foi aproximadamente 21,57 mil hectares, sendo que destes, 18,9 mil hectares encontravam-se na região Nordeste. Em escala nacional, no período de 1970 a 2008 a área plantada sofreu um incremento de 351,6%, tendo a região Nordeste como responsável por 95,8% da produção do País em 2008. Dentre os estados brasileiros, o Rio Grande do Norte tem a liderança em área plantada e produção, tendo produzido em 2008, 45,4% da produção nacional, seguindo em ordem decrescente, pelos estados do Ceará, Bahia, Pernambuco e Rio Grande do Sul. O estado do Piauí, responde por cerca de 1% da produção nacional, destacando-se a região do Vale do Rio Itaueira (IBGE, 2009).

A região Norte do estado do Piauí, onde localiza-se o município de Teresina, ainda faz pouco uso de seus recursos naturais – água, solo, clima – em todos os seus centros de produção. Essa região possui condições que são consideradas privilegiadas para a produção do meloeiro, tais como: altas temperaturas, alta luminosidade, disponibilidade hídrica para irrigação e solos profundos. Estas características podem promover o rápido crescimento das áreas ocupadas com esta cultura no Estado, aumentando o nível de oferta de frutas frescas de qualidade, tanto para consumo interno quanto para exportação. Para tal, é indispensável a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias que possam melhorar o atual sistema de produção do melão, principalmente quanto ao uso adequado da água e dos nutrientes, de forma aumentar os níveis de rendimento e reduzir o custo de produção.

Os manejos da irrigação e da fertilidade do solo geralmente são feitos para atender plenamente a demanda hídrica das plantas, com vistas à maximização da produção. Entretanto, a pesquisa tem demonstrado que tal o manejo deve ser baseado em metas econômicas e não de máxima produtividade fisiológica (BLANCO et al., 2011). Sabe-se, que satisfazer plenamente as necessidades hídricas e nutricionais das culturas não é o suficiente para se obter um maior retorno econômico, sendo necessário que se observe outros fatores como clima e adubação, pois o rendimento da produção agrícola é influenciado por fatores tais como: o fornecimento adequado de água e nutrientes.

O lucro constitui-se na principal finalidade da empresa agrícola, portanto, o uso racional dos recursos disponíveis no processo de produção, de forma a se obter os mais altos níveis de rendimento econômico. Dentre os fatores de produção do melão na região Nordeste brasileiro, a água e o nitrogênio, (N), merecem destaque especial, não só pelo custo de produção que representam, mas, sobretudo, por causa da necessidade de se minimizar o uso destes insumos, com maximizando a eficiência de seu uso, contribuindo para a sustentabilidade hídrica e edáfica da região (MONTEIRO, 2004).

A relação física entre as quantidades utilizadas de um conjunto de insumos e as quantidades físicas máximas que se pode obter de um determinado produto é o conceito básico de função de produção. A função de produção serve como um indicador para a tomada de decisão em função de se obter uma maior produção com menor custo em determinadas condições de clima, solo, irrigação, adubação, dentre outros, dando assim condições de se decidir o quê e como plantar para se obter o máximo retorno econômico (BARROS, et al. 2002)

Diversos trabalhos já foram realizados para se determinar as melhores doses de fertilizantes e lâminas de irrigação na região Nordeste do Brasil para a produção do melão, principalmente nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte (BARROS et al. 2002; ANDRADE, 2006; MONTEIRO et al., 2008). Para o Estado do Piauí ainda são poucas as informações técnicas e científicas acerca principalmente dos níveis mais adequados economicamente de água e de adubação nitrogenada para a cultura do melão. Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar a resposta do melão a aplicação de lâminas de água e adubação nitrogenada nas condições edafoclimáticas de Teresina, Piauí.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do meloeiro

Sobre a origem do meloeiro, ainda há discordâncias entre os historiadores sobre o seu provável centro de origem. No entanto, Mallick e Massui (1986), acreditam que a região do Sudoeste da África e a Índia peninsular podem ter sido o seu centro de origem. Essa teoria é confirmada pela presença de tipos idênticos desta planta nestas regiões e em suas adjacências.

Segundo os estudos da extinta União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, que basearam-se na avaliação de 4.500 variedades de melão colecionadas em diversas partes do mundo durante os 25 anos pelo Programa All Union Institute of Plant Industry, existem evidências de que o melão pode ser originário de diversas localidades como Irã, Transcaucásia, Ásia Menor e Índia. A ocorrência destas plantas, de várias formas e em diferentes partes do mundo moderno, pode ter sido resultado da disseminação pelos animais e/ou pelo homem, (MONTEIRO, 2004).

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma planta polimórfica pertencente à família das cucurbitáceas, apresentando ciclo curto, com média de 70 a 80 dias. Apresenta caule herbáceo e prostrado, com número de ramificações variáveis em função da variedade. As folhas são alternas, simples, palmadas, pentalobuladas, angulosas quando jovens e subcordiformes quando completamente desenvolvidas, possuindo gavinhas nas axilas das folhas. O sistema radicular é bastante ramificado, vigoroso e pouco profundo, onde o maior volume situa-se na camada até 0,20 a 0,30m de solo. As flores nascem nas axilas das folhas, as masculinas apresentam-se em maior número e em grupos de três a cinco, enquanto as femininas são isoladas, sendo a proporção entre as masculinas e femininas, em média, de cinco para uma (FILGUEIRA, 2003). Quanto à expressão do sexo, a espécie *C. melo*. pode apresentar quatro tipos de plantas: andromonóicas, ginomonóicas, monóicas e hermafroditas. O fruto é uma baga indeiscente, com forma, tamanho e coloração variáveis, contendo de 200 a 600 sementes (PEDROSA, 1997).

Mallick e Massui (1986), relacionaram 40 variedades botânicas pertencentes a essa espécie, admitindo, entretanto, que pode haver duplicação de nomes, sendo que as espécies *Cucumis melo inodorus* Naud., a mais cultivada no Brasil, e a *Cucumis melo cantaloupensis* Naud., correspondem aos melões inodoros e aos aromáticos, respectivamente (COSTA, 1999).

A cultura do meloeiro apresenta bom crescimento e desenvolvimento em solos franco-arenosos ou areno-argilosos, bem drenados, com pH entre 6,4 e 7,2. Solos argilosos de difícil drenagem são inadequados para o seu cultivo. A produção do meloeiro é fortemente influenciada pelos seguintes fatores: polinização cruzada, umidade do ar e do solo, temperatura e luminosidade (ANDRADE, 2006).

O meloeiro adapta-se melhor aos climas quentes e secos, requerendo irrigação para suprir sua demanda hídrica, de acordo com o estágio de desenvolvimento, principalmente na floração e na frutificação. O desenvolvimento vegetativo da planta diminui quando a temperatura do ar é inferior a 12°C e superior a 40°C, paralisando-o a 1°C (SOUSA et. al, 1999). As temperaturas mais adequadas estão entre 20°C e 30°C para germinação, 20°C e 23°C para floração e 25°C e 30°C para o desenvolvimento vegetativo (CRISÓSTOMO et al., 2002).

A intensidade luminosa é outro fator climático que exerce influência na cultura do melão. Whitaker e Davis (1962), trabalhando com a interação entre luminosidade e temperatura, observaram que em temperaturas abaixo da ótima, a taxa de crescimento foliar era determinada pela intensidade luminosa, ou seja, quando se diminuía a intensidade luminosa a área foliar reduzia.

No desenvolvimento inicial da planta, a umidade relativa do ar deve estar entre 65 e 75%, na floração entre 60 e 70% e na frutificação entre 55 e 65% (SOUSA et al., 1999). Em contrapartida, regiões com altos índices pluviométricos, elevada umidade relativa do ar, por períodos prolongados e excesso de umidade no solo, dificultam ou até inviabilizam o cultivo do meloeiro, principalmente pela alta incidência de doenças e pelo efeito deletério de chuvas na qualidade de frutos (MARR, 1994).

O meloeiro necessita de um suprimento adequado de água para seu pleno desenvolvimento vegetativo e condições de temperaturas elevadas, associadas à alta luminosidade e baixa umidade do ar, onde proporcionam condições climáticas adequadas para a boa produtividade (CRISÓSTOMO et al., 2002).

2.2. Irrigação no meloeiro

A produtividade das culturas tem alta correlação com o teor de água disponível no solo. A água é a principal parte integrante dos vegetais, e atua sobretudo, no transporte de nutrientes e na taxa fotossintética, entre outras funções, consideradas vitais para o desenvolvimento das plantas (TEOFILO, 2009).

Um dos principais fatores da baixa produtividade em hortaliças é o déficit hídrico, pois cerca de 80% a 95% da massa fresca das hortaliças é composta de água e os 5 a 20% restantes são produzidos via fotossíntese, que também necessita de água. Estima-se que no processo de fotossíntese sejam utilizados menos de um por cento da água que passa pela planta. O estresse hídrico geralmente reduz a taxa fotossintética e o crescimento das plantas. As plantas absorvem mais água do que a quantidade incorporada em seus tecidos e células por causa de suas perdas para a atmosfera via transpiração. A transpiração é responsável pelo fluxo de nutrientes, além de favorecer a manutenção da temperatura das plantas em níveis adequados. (PUIATTI e FINGER, 2005).

O uso eficiente da água está se tornando cada vez mais importante por causa da escassez dos recursos hídricos, especialmente na região Semi-árida do Nordeste brasileiro, o que torna cada vez mais necessário o uso de metodologias apropriadas ao manejo racional da água. Atualmente, diversos trabalhos têm sido desenvolvidos no sentido de promover o uso racional da água na agricultura (MOUSINHO et al., 2003; NETO et al., 2006; BATISTA et al., 2009), contribuindo para o aumento da sua eficiência , utilizando sistema de irrigação localizada por gotejamento.

A irrigação, especialmente, por gotejamento, quando realizada adequadamente, é a prática agrícola que mais favorece o desenvolvimento e a produtividade do meloeiro. Assim, a escolha correta do sistema de irrigação e o suprimento de água às plantas no momento oportuno e na quantidade correta são decisivos para o sucesso da cultura. Entre os sistemas de irrigação, o gotejamento tem sido um dos mais eficientes na reposição de água ao solo, favorecendo um aumento de produtividade, provavelmente, por possuir maior eficiência de aplicação da água, maior aproveitamento no uso da água e uma redução na incidência de fitomoléstias (MAROUELLI, 2008).

CRISÓSTOMO et. al. (2002), citam que para o meloeiro a irrigação por gotejamento é considerada a mais adequada, uma vez que é possível aumentar o rendimento da cultura mesmo com redução da quantidade de água aplicada por causa da maior eficiência de aplicação da água por este sistema, contribuindo para a diminuição do ataque de doenças e pragas por não molhar a parte aérea, uso da fertirrigação, possibilidade de automatização, manejo da irrigação, não interferência nas práticas culturais (pulverizações e capinas) e, utilização em diferentes tipos de solos e topografias.

Nos sistemas de irrigação utilizados atualmente ainda existe muita perda de água, devido, principalmente, à baixa eficiência destes e falta de um monitoramento da quantidade de água a ser aplicada. Entretanto, as perdas que são observadas podem ser evitadas pelo uso

de um sistema de irrigação mais eficiente e de técnicas de manejo da irrigação adequados. Desta forma a crescente demanda de água para os diversos fins, sendo a irrigação o principal consumidor, tem despertado a necessidade de mais pesquisas sobre o manejo de água, com a finalidade de maximizar a sua eficiência nos diversos métodos de irrigação. .

O manejo de irrigação está comumente associado ao atendimento da demanda hídrica das plantas, em função das perdas de água do solo para atmosfera pela evaporação e pela transpiração dos vegetais (SILVA e RAO, 2006).

O manejo adequado da irrigação consiste em se aplicar água ao solo no momento oportuno e em quantidade suficiente para atender as necessidades hídricas das culturas (BERNARDO, 2006). Este procedimento é de fundamental importância para a obtenção de altos rendimentos, economia de água e de energia. Entretanto, para que isso ocorra, há necessidade de uso de métodos de campo que determinem direta ou indiretamente a disponibilidade de água no solo para uma determinada cultura (MONTEIRO, 2004).

Segundo Bernardo (1995), há diversas formas para se definir o momento da irrigação, podendo ser definido tanto pelo sintoma como pela medição da deficiência de água na planta. Também pode ser determinado pela disponibilidade de água no solo, pela evapotranspiração da cultura, pelo turno de rega e pelo balanço de água no solo.

A lâmina de irrigação a ser aplicada às culturas pode ser estimada, utilizando as recomendações da FAO, em função da evapotranspiração da cultura de referência, que depende apenas dos dados climáticos e do coeficiente de cultura, que varia ao longo do ciclo de acordo com a fase fonológica da planta (ALLEN et al., 1996).

O manejo da irrigação por meio da estimativa da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO (1991) e da evapotranspiração da cultura pode ser uma ferramenta de grande valia para os produtores, o qual pode ser adotado sem dificuldades, considerando que os dados climáticos e as informações sobre as culturas estão disponibilizados gratuitamente em sites da internet.

2.3. Efeito da água e nitrogênio no rendimento do melão

O rendimento de uma cultura agrícola está relacionado a diversos fatores relacionados ao solo, à água, à planta e à atmosfera. Dentre estes fatores a água, em quantidade e qualidade, e a disponibilidade do nitrogênio no solo destacam-se pela necessidade de serem usados cada vez mais eficientemente, para garantir a demanda das

plantas e a não contaminação dos solos por lixiviações do N, contribuindo para a sustentabilidade do agronegócio do meloeiro (MOUSINHO, et. al. 2003).

Segundo Aguiar (2005) os processos fisiológicos que estão envolvidos na produção agrícola têm uma relação muito estreita com a maior ou menor quantidade de água disponibilizada para as plantas. Desta forma, a água é um meio indispensável para a produção, e por isso a sua falta ou excesso afetam, significativamente, o crescimento, a sanidade e a produção de uma cultura, tornando evidente a necessidade de se realizar um manejo racional para que se possa conseguir a maximização da produção (REICHARDT, 1978).

No planejamento da agricultura irrigada, projeto e operação de sistemas de irrigação, é possível analisar o efeito do suprimento de água sobre os rendimentos das culturas. A relação entre este rendimento e o suprimento de água pode ser determinada quando se puder quantificar, de um lado, a necessidade hídrica da cultura e os efeitos do déficit hídrico e, de outro, os rendimentos máximo e real da cultura (DOOREMBOS E KASSAN, 1994).

O manejo da água de irrigação, bem como de outros insumos, especialmente o N, pode ser testado, interativamente, visto que a água favorece a maiorias das reações químicas e contribui para melhor expressão fisiológica. O teor de água associado à fertilidade natural do solo (concentrações adequadas de nutrientes), bem como da aplicação de adubos, podem promover melhor desenvolvimento da cultura e conseqüente aumento na produtividade (SANTANA et al., 2004).

Em solos adubados adequadamente, as culturas são, geralmente, menos propensas aos efeitos das secas por causa do bom desenvolvimento do seu sistema radicular. A irrigação, geralmente, demanda uma maior quantidade de nutrientes que propicia um aumento de rendimento por unidade de água aplicada; Os fertilizantes necessitam ser adicionados no mesmo nível em que as plantas extraem a água do solo (Doorenbos e Pruitt, 1997).

Klar (1988) *apud* Monteiro et. al (2006), cita que a fertilidade do solo, em particular, promove uma maior eficiência de uso da água pelas culturas, sendo o nitrogênio um dos nutrientes que promove expressiva variação na eficiência do uso da água pelas culturas.

Segundo Lopes (1989), o nitrogênio é um nutriente essencial para vida vegetal, pois é constituinte da estrutura do protoplasma da célula, da molécula da clorofila, dos aminoácidos, proteínas e de várias vitaminas, além de influenciar as reações metabólicas da planta. O N também promove modificações morfofisiológicas na planta, estando relacionado com a fotossíntese, desenvolvimento e atividades das raízes, absorção iônica de nutrientes, crescimento e diferenciação celular (CARMELLO, 1999). Além de ser um dos nutrientes absorvidos em maior quantidade, exerce influência no crescimento e desenvolvimento tendo

efeito direto nas relações fonte-dreno, por alterar a distribuição de assimilados entre a parte vegetativa e reprodutiva (HUETT e DETTMANN, 1991).

A resposta do meloeiro ao N depende da dose aplicada, variando de 75 a 200 kg ha^{-1} de N (FARIA et al., 2000). De acordo com dados experimentais obtidos por Pimentel (1985) a recomendação de adubação do meloeiro é de 20 a 80 kg·ha^{-1} de nitrogênio; 100 a 500 kg·ha^{-1} de fósforo e 45 a 150 kg·ha^{-1} de potássio. Em cobertura, a recomendação é de 40 a 80 kg·ha^{-1} de nitrogênio.

Em experimento realizado por Queiroga et. al (2007), com o objetivo de estudar a influência de doses de N na produtividade e qualidade do melão Cantalupensis, sob ambiente protegido, o rendimento máximo de 46500 kg·ha^{-1} foi obtido com a aplicação de uma dose de 287,1 kg·ha^{-1} de N . Tal rendimento encontrado ficou 34,25% acima do resultado encontrado por Barros et al. (2002) que obtiveram o rendimento de 30574 kg·ha^{-1} com a aplicação de uma dose de 209,2 kg·ha^{-1} de N .

Batista et al (2009) em experimento com melão irrigado por gotejamento em Juazeiro – BA, obtiveram um rendimento máximo estimado de 17080,60 kg·ha^{-1} com a aplicação de uma lâmina de 135,12mm. Já Sousa et al. (2010) avaliando a produtividade do meloeiro, sob diferentes lâminas de irrigação, obtiveram a produtividade de 34800 kg.ha^{-1}, com uma lâmina de 795mm, correspondente a 150 % da evaporação no tanque Classe "A".

Araújo et. al (2010) estudando o manejo da irrigação do meloeiro com base na evaporação do Tanque Classe A (ECA), obtiveram uma variação de produtividade entre 30050 e 39500 kg.ha^{-1}, obtidas com os tratamentos que aplicaram lâminas equivalentes a 20 e 120% da ECA o que resultou em lâminas aplicadas de 161,6 e 374,5 mm $ciclo^{-1}$, respectivamente. Esses valores de produção foram similares aos obtidos por Koetz et al. (2006), onde a máxima produção de melão amarelo cv. Cantaloupensis, cultivado em ambiente protegido, 40230 kg.ha^{-1}, foi verificada com o uso de lâmina de irrigação correspondente a 125% da ECA, correspondendo a 270,25 mm.

2.4. Função de produção

A produção agrícola tem dentre outros interesses complementar a rentabilidade econômica e social do homem. O uso da água, em quantidade e qualidade, e os nutrientes do solo, são fatores preponderantes para o seu êxito. As variações no rendimento da cultura são influenciadas pela resposta às mudanças nos níveis aplicados desses dois recursos, expressando a sensibilidade do rendimento aos fatores de produção (SOARES et al., 2002).

Portanto, a água e o nitrogênio merecem destaque na cultura do meloeiro, como fatores de produção, na medida em que a variação do seu rendimento é explicada pela variação desses dois fatores.

A função de resposta ou de produção das culturas é uma técnica que permite estimar a produtividade das culturas. Essa função é a relação entre uma determinada quantidade de insumo e as produções máximas obtidas do produto, em um nível de tecnologia conhecido (OLIVEIRA NETO, 2009).

Howell et al (1992) citam que as funções de produção são necessárias para prever, sob dadas condições de clima, cultivo e operação, as produtividades físicas marginais da água a serem utilizadas nas análises econômicas, sendo importantes nos processos de planejamento e tomada de decisão sobre plano de cultivo e ocupação de áreas para a produção econômica com base na água disponível.

Desde o inicio do século passado se busca conhecer a relação existente entre a produção das culturas e seu consumo de água. Os estudos da época procuravam determinar a relação entre a água evapotranspirada e a matéria seca das plantas no momento da colheita, além dos efeitos da falta de água sobre o volume de produção (AGUIAR, 2005).

Na década de cinquenta diversos trabalhos buscavam uma relação entre o rendimento e a transpiração das culturas para regiões áridas e semi-áridas e encontraram uma relação linear entre a produção e a água transpirada para a grande maioria das culturas testadas como: trigo, aveia, cevada, sorgo (AGUIAR, 2005).

Em experimento realizado por Araújo et al (2010), com seis lâminas de irrigação, verificaram efeito linear da água sob a produção de melão. Costa et al (2002) obtiveram efeitos também linear com a água aplicada sobre a produção de melão Cantaloupe.

Frizzone (1993), ressalta que a produção das culturas em resposta à água aplicada depende de diversos fatores, dentre estes, destacam-se a quantidade e frequência, método de aplicação da irrigação, desenvolvimento da cultura e condições climáticas. Esses aspectos podem explicar uma grande quantidade de pesquisas que tem revelado uma relação não linear entre a produção e a água aplicada através da irrigação.

Aguiar (1989), trabalhando com a cultura do feijão-caupi irrigado, para as condições climáticas do Nordeste do Pará, obteve uma função quadrática baseada nas produtividades médias em função das lâminas totais de água aplicada. Barros (1999) determinando a função de produção do melão aos níveis de água e nitrogênio no Vale do Curu, CE, utilizando irrigação por sulcos, verificou que o modelo polinomial de segundo grau representou melhor a

variação do rendimento da cultura em função das lâminas de água e das doses de nitrogênio, sem, contudo ser significativa a interação entre os fatores água e nitrogênio.

Mousinho (2003) buscando a estimativa da função de resposta da melancia à aplicação de água e nitrogênio para as condições edafoclimáticas de Fortaleza, CE, utilizando irrigação por gotejamento, constatou um comportamento quadrático da produtividade em relação aos fatores estudados, permitindo estimar uma máxima produtividade de 30806 $kg \cdot ha^{-1}$, a ser obtido com o emprego de 693,5 mm de água e 222,1 $kg \cdot ha^{-1}$ de N.

Monteiro (2004) com o objetivo de determinar a função de produção do meloeiro em função das lâminas de água e doses de nitrogênio para as condições de Fortaleza, Ceará, constatou que o modelo que melhor se ajustou aos dados do experimento foi um polinomial quadrático, sem intercepto e sem interação entre os fatores lâminas de água (W) e doses de nitrogênio (N).

Monte (2007) observou que a variação da lâmina de irrigação para a produtividade comercial de tomates não foi significativa, ao contrário da produtividade total, que apresentou função polinomial cúbica com coeficiente de determinação de 0,97.

Silva et al (2008) em trabalho para a determinação da função de produção da alface americana aos níveis de água e adubação nitrogenada observaram que as lâminas de água e doses de nitrogênio aplicadas foram melhor representadas por uma relação polinomial de segundo grau, apresentando coeficiente de determinação de 0,8311, obtendo a máxima produtividade, 27.004,49 $kg \cdot ha^{-1}$, com a aplicação de 208,03 mm de água e 290,5 $kg \cdot ha^{-1}$ de N.

Dogan et al. (2008) observaram efeito quadrático da produção de melão em função dos níveis de irrigação aplicada com base em percentuais do tanque classe A em dois anos de estudo.

Oliveira Neto (2009) estimou a função de produção da cultura da beterraba, cultivada organicamente, sob diferentes lâminas de irrigação e coberturas do solo e observou que as variações obtidas na produção eram explicadas por uma função polinomial quadrática.

Blanco et al (2011), trabalhando com milho verde e feijão-caupi cultivados em consórcio sob diferentes lâminas de irrigação e doses de fósforo mo município de Teresina, PI, concluíram que não houve efeito das doses de P_2O_5 sobre o rendimento destas culturas. Porém, a resposta às lâminas de irrigação foi quadrática para o milho e linear para o feijão caupi, obtendo as máximas produtividades técnicas de espigas de milho verde com palha (10760 $kg \cdot ha^{-1}$) e sem palha (7620 $kg \cdot ha^{-1}$) com a lâmina de 530 mm.

2.5. Eficiência do uso da água

Considerando o custo da água na produção da propriedade agrícola, torna-se importante conhecer a eficiência do uso da água (EUA), na qual é obtida através da relação entre a produtividade da cultura e as lâminas de irrigação utilizadas durante seu ciclo, com o intuito de se adotar um manejo que proporcione a máxima produção por unidade de água aplicada (FREIRE FILHO et al. 2005).

Begg e Turner (1976) citados por Frizzone (1986), ressaltam que a condução de uma cultura em geral deve ser de tal maneira que a mesma consiga uma maior eficiência no uso da água, sendo este parâmetro pouco significativo como indicador econômico.

Para as condições de Fortaleza, CE, Mousinho (2002), avaliando a eficiência do uso da água para a cultura da melancia, observou uma resposta quadrática para a EUA, com máxima eficiência de 123,1 $kg \cdot ha \cdot mm^{-1}$ com a aplicação de uma lâmina de irrigação de 180,7 mm.

Para as condições edafoclimáticas de Parnaíba, PI, Sousa et al. (2000), estudando a eficiência do uso da água para a cultura do meloeiro observaram que a máxima EUA foi de 282,83 $kg \cdot ha \cdot mm^{-1}$ obtido com uma lâmina de 275,7 mm.

Monteiro et al. (2008), avaliando o efeito de quatro lâminas de irrigação sob o rendimento do meloeiro observaram que mesmo a lâmina de 150% da ECA tendo proporcionado os maiores rendimentos, quando se analisou o uso eficiente da água constatou-se que a lâmina 35% da ECA mostrou-se mais eficiente, com 70,4 $kg \cdot ha \cdot mm^{-1}$ de água aplicada.

Segundo Chaves et al. (2003), muitas plantas tendem a apresentar aumentos na eficiência do uso da água quando o estresse hídrico é moderado. Segundo esses autores o aumento é resultado da relação não linear entre a assimilação do carbono e a condutância estomática, isto é, perda de água acontecendo antes e mais intensamente do que a inibição da fotossíntese.

De acordo com Taiz e Zeiger (2004), quando o estresse hídrico é moderado a eficiência do uso da água pode aumentar. A taxa fotossintética da folha raramente é tão responsiva ao estresse hídrico moderado quanto à expansão foliar, pois a fotossíntese é muito menos sensível ao turgor do que a expansão foliar. Ou seja, mais CO_2 pode ser absorvido por unidade de água transpirada, isto acontece porque o fechamento estomático inibe a transpiração mais do que diminui as concentrações intercelulares de CO_2.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área e procedimento experimental

O experimento foi conduzido no período de 30 de agosto a 16 de novembro de 2010, na área experimental do Colégio Agrícola de Teresina (CAT) do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, Campus Socopo, no município de Teresina-PI, (05º05'21" S; 42º48'07" W e 74 m). O clima do município, de acordo com a classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955) é C1sA'a', caracterizado como subúmido seco, megatérmico, com excedente hídrico moderado no verão. As chuvas se concentram entre os meses de janeiro e abril, com precipitação média de 1336,5 mm, temperatura média do ar de 27°C e umidade relativa média do ar de 72,6% (BASTOS; ANDRADE JÚNIOR, 2008).

De acordo com dados do Laboratório de Análises de Solo da Universidade Federal do Piauí (2008), o solo da área experimental é um Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico, profundo, ácido e de textura franco-arenosa.

Figura 1. Vista da área experimental, Colégio Agrícola de Teresina, Teresina-PI. (Fonte: Rocha Junior, 2010)

A caracterização físico-química do solo da área experimental foi realizada conforme metodologia apresentada pela EMBRAPA (1997). As amostras foram coletadas na área experimental antes do preparo inicial do solo nas profundidades de

0 – 0,10 m e 0,10 - 0,20 m. As análises foram realizadas no Laboratório de Solo e Água da Embrapa Meio-Norte em Parnaíba-PI, sendo os resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental.

Características Químicas							
MO	pH	P	K	Ca	Mg	Na	Al
$g.kg^{-1}$	H_2O	---- $mg.dm^{-3}$----	---------- $Cmo_c.dm^{-3}$ ----------				
Profundidade 0,00 – 0,10 m							
6,74	6,1	8,5	1,4	2,13	0,75	0,03	0,04
Profundidade 0,10 – 0,20 m							
2,63	6,0	10,0	1,0	1,71	0,49	0,03	0,00

Fonte: Laboratório de Solo e Água, Embrapa Meio-Norte, Parnaíba, 2010.

Tabela 2. Características físicas do solo da área experimental.

Composição Granulométrica (%)				Classe Textural	Densidade do solo ($kg \cdot m^{-3}$)	C.C (% massa)	P.M.P (% massa)
Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila				
Profundidade 0,00 – 0,10 m							
57,0	28,95	6,45	7,60	Areia franca	1400	14,5	2,6
Profundidade 0,10 – 0,20 m							
66,45	19,15	4,80	9,60	Areia franca	1630	16,0	3,0

Fonte: Laboratório de Solo e Água, Embrapa Meio-Norte, Parnaíba, 2010.

O preparo do solo consistiu de uma aração e duas gradagens. Em seguida, foram abertos sulcos com 35 m de comprimento e 0,20 m de profundidade, aproximadamente, espaçados a cada 2m. Os mesmos foram feitos manualmente, em total de vinte e dois sulcos sendo vinte para área útil e dois para a bordadura (Figura 2).

Figura 2. Construção manual dos sulcos de plantio da área experimental. (Fonte: Rocha Junior, 2010)

Na semeadura, foram utilizadas sementes certificadas de melão (*C. melo*), 'Hibrido F1 Goldex', em bandejas de 128 células ($4{,}3 \times 10^{-5}$ m^3) sendo colocada uma semente por cada célula a uma profundidade de um centímetro, aproximadamente. Utilizou-se substrato constituído de composto comercial à base de carvão vegetal e palha de arroz carbonizada, na proporção de 3:1 (base em volume). Durante as fases de germinação e crescimento das plântulas, estas foram irrigadas duas vezes por dia, uma pela manhã e outra à tarde, em casa de vegetação com sombrite, que reduzia a insolação em 50%. Cinco dias após a semeadura, iniciou-se a emergência das plântulas nas bandejas. O transplantio foi realizado 12 dias após a semeadura (DAS), 11 de setembro de 2010, com as mudas apresentando em média duas folhas definitivas. As mudas foram plantadas no campo utilizando o espaçamento de 2,0 x 0,25 m, equivalendo a um stand de 20.000 plantas por hectare.

Figura 3. Formulação do substrato (a) e germinação das plântulas nas bandejas de isopor (b). (Fonte: Rocha Junior, 2010)

A adubação de fundação fosfatada foi feita no plantio utilizando 200 kg.ha^{-1} de P_2O_5, tendo como fonte o superfosfato simples. Para a adubação potássica, utilizou a recomendação de 300 kg.ha^{-1} de K_2O, onde se usou como fonte o cloreto de potássio, sendo essa dose dividida em três aplicações: 1/3 aplicada no plantio e as demais aos 20 e 40 dias após o plantio. A adubação nitrogenada foi aplicada em função dos tratamentos utilizados (0, 75, 150 e 300 kg ha^{-1} de N), dividida em cinco aplicações, sendo 1/5 da dose feita em fundação e as demais realizadas a cada dez dias (10, 20, 30 e 40 dias) após o transplante das mudas. Utilizou-se como fonte de nitrogênio o Sulfato de amônio, na adubação de fundação e uréia nas adubações de cobertura.

Quanto ao controle das plantas invasoras, a área foi limpa em três períodos: uma antes do transplante das mudas e duas durante o desenvolvimento da cultura. Durante o ciclo da cultura foi realizado tratamento fitossanitário preventivo, utilizando-se inseticidas à base de Tiametoxam e Pimetrozina, com a finalidade de controlar a população de pulgão e mosca branca, e os fungicidas a base de Mancozeb + Metalaxil e Azoxistrobina para o controle de antracnose e míldio, respectivamente.

Utilizou-se um sistema de irrigação localizado por gotejamento, com uma linha lateral por fileira de plantas. O sistema era composto de 22 linhas laterais de polietileno de 35,0 m de comprimento e diâmetro nominal de 16 mm. No inicio de cada linha lateral foi colocado um registro de globo, para controle das lâminas de água aplicadas nas parcelas, de acordo com os tratamentos. Utilizou-se tubos gotejadores autocompensantes, com emissores espaçados de 0,3 m e vazão nominal de 2,21 L·h^{-1}, a uma pressão nominal de operação de 0,2 MPa, na linha lateral.

A água utilizada pelo sistema de irrigação foi recalcada de um reservatório localizado a 100 m da área experimental, sendo proveniente de um poço tubular, a qual é classificada como C_2S_1 de acordo com a classificação de qualidade da água para irrigação proposta pelo (UCCC, 1974).

A freqüência de irrigação foi diária, sendo a lâmina de irrigação estabelecida de acordo com os tratamentos, baseados na evapotranspiração da cultura. Durante o período de aclimatação das mudas, com duração de oito dias após o transplantio, foram aplicadas em todas as parcelas, lâminas de água correspondentes à evapotranspiração, ETc diária da cultura.

A evapotranspiração da cultura, ETc, foi estimada pelo produto da evapotranspiração de referência, ETo, e do coeficiente de cultivo, Kc. A ETo, foi calculada com base método de Penman-Monteith, utilizando o programa CROPWAT 8.0 da FAO. Os coeficientes de cultivo para cada fase fenológica da cultura foram os determinados por MIRANDA et al, (1999)(Figura 4).

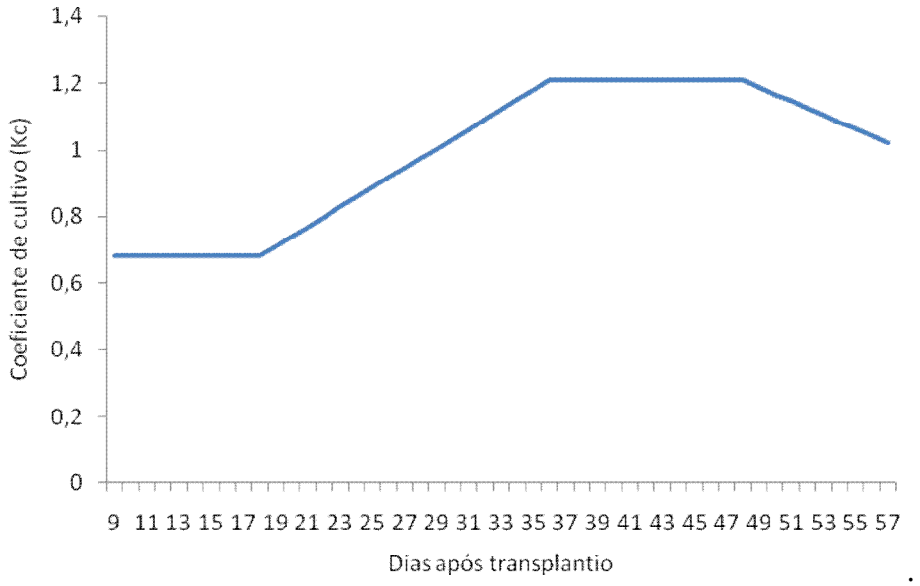

Figura 4. Coeficiente de cultivo (Kc), durante o ciclo da cultura do meloeiro MIRANDA et al, 1999.

O tempo de irrigação foi calculado em função da lâmina a ser aplicada em cada tratamento, o qual se baseou na intensidade de aplicação de água do sistema, que foi obtido mediante o quociente entre a vazão da linha lateral e a área molhada pela mesma. A vazão da linha lateral foi obtida multiplicando-se a vazão de cada gotejador pelo número de gotejadores instalados nesta (0,256 $m^3 \cdot h^{-1}$), e a área molhada obtida pelo produto entre o comprimento da lateral e a largura da faixa molhada, 0,6 m , obtida em testes preliminares de campo.

A diferenciação das lâminas de irrigação, de acordo com os tratamentos, iniciou-se no nono dia após transplantio, permanecendo até o 55° dia após transplantio quando foi suspensa a irrigação do experimento, de acordo com Marouelli et al. (2001).

A primeira colheita iniciou aos 62 dias após transplantio e a segunda seis dias após esta. Os frutos foram colhidos e armazenados em uma sala refrigerada onde se procedeu a pesagem no dia seguinte à colheita.

Figura 5. Vista da área experimental com a cultura do meloeiro estabelecida, CAT, Teresina – PI, 2010.(Fonte: Rocha Junior, 2010)

O delineamento estatístico foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas (*split plot*), com cinco tratamentos primários (cinco níveis de irrigação), quatro tratamentos secundários (quatro níveis de adubação) e quatro repetições, totalizando 20 parcelas e 80 subparcelas. As 20 parcelas mediam 2,0 m de largura por 30,0 m de comprimento. As subparcelas mediam 2,0 m de largura por 7,5 m de comprimento e continham 25 plantas cada. Circundando toda a área útil do experimento foi colocada uma fileira de plantas no mesmo espaçamento do experimento, a qual foi considerada como bordadura. Cada subparcela foi composta de 25 plantas, sendo consideradas úteis as quinze plantas centrais. A área experimental e o detalhamento das parcelas estão esquematizados nas Figuras 6 e 7.

Os tratamentos consistiram da combinação de cinco lâminas de irrigação e quatro doses de adubação nitrogenada. As lâminas de irrigação (L1, L2, L3, L4), tratamento primário,

corresponderam a 0,35; 0,7; 1,0; 1,5 e 2,0 vezes a evapotranspiração da cultura e as doses de nitrogênio (N0, N1, N2, N3), tratamento secundário, correspondentes a 0, 75, 150 e 300 kg.ha^{-1} de N.

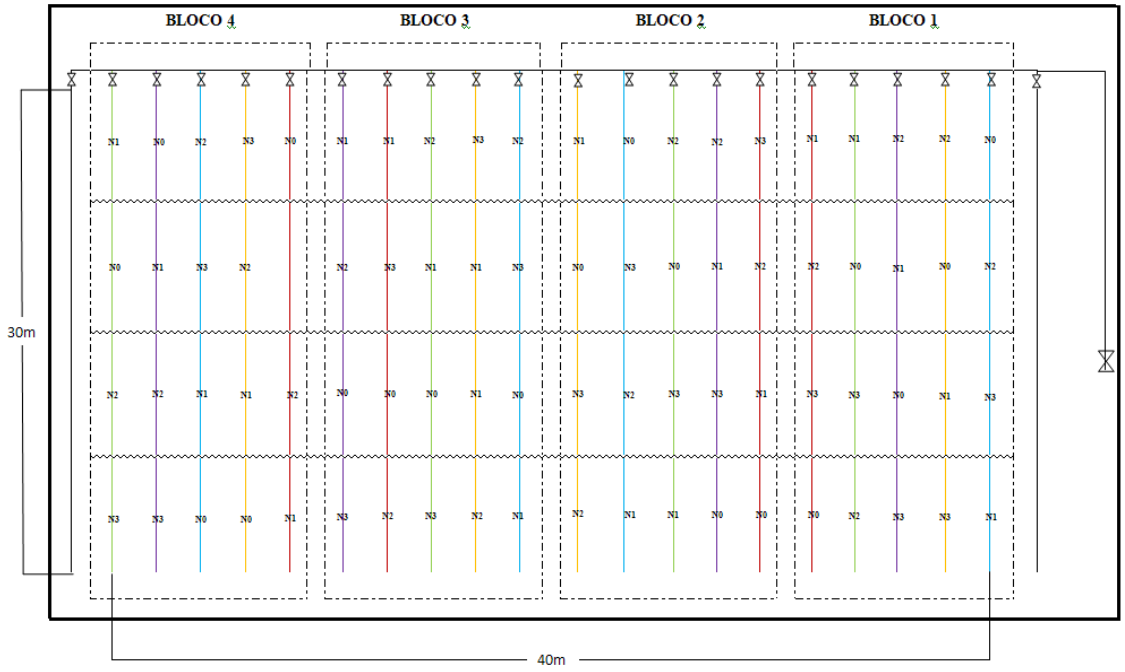

Figura 6. Croqui da área experimental.

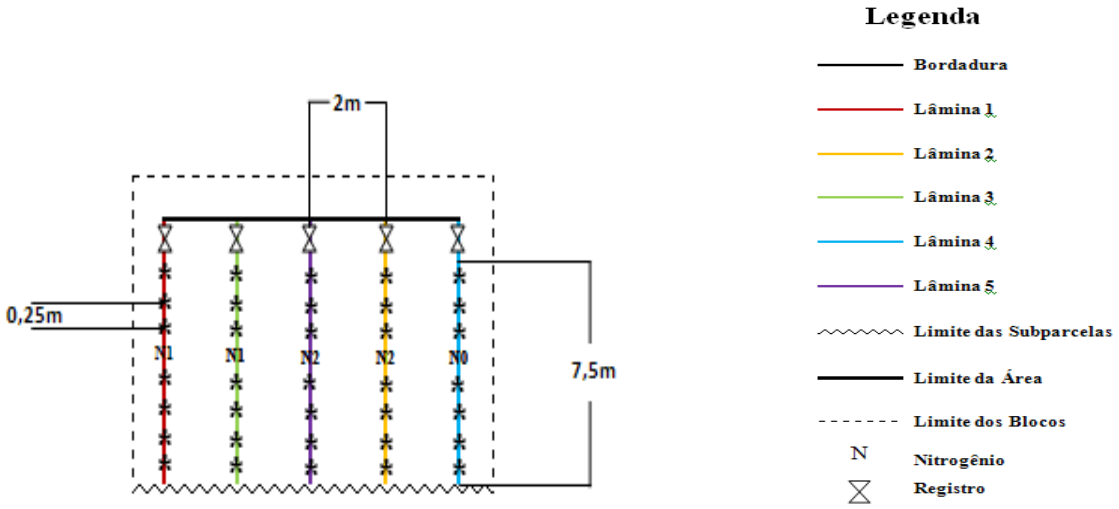

Figura 7. Detalhamento das sub-parcelas da área experimental.

A análise de variância foi feita de acordo com o esquema apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Esquema da análise de variância.

Causa da Variação	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Prob>F
Blocos	J – 1				
Lâminas (L)	L – 1				
Resíduo (A)	(L - 1) (J - 1)				
Parcelas	L J – 1				
Doses de Nitrogênio (N)	N – 1				
Interação	(L - 1) (N - 1)				
Resíduo (B)					
Total	L J N – 1				

A análise estatística dos resultados foi feita pela análise de variância e teste F. O efeito das lâminas de irrigação e das doses de N foi analisado pelo teste de regressão polinomial. Neste experimento, os fatores de produção água (L) e nitrogênio (N), constituíram-se nas variáveis independentes e a produtividade da cultura (Y) como variável dependente. Para obtenção da função de produção, foram testados dez modelos estatísticos que, de acordo com Hexem e Heady (1978), citados por Aguiar (1989) representam satisfatoriamente uma função de produção das culturas. Dentre estes modelos, testados a partir de análise de regressão no módulo de análise de dados da planilha eletrônica Excel 2007, foi escolhido aquele que melhor se ajustou aos dados do experimento, tendo em vista os coeficientes de determinação r^2 e r^2 ajustado, o valor do teste F da análise de variância, os valores do teste t para todos os coeficientes e os sinais das variáveis dos modelos analisados. Os modelos estatísticos testados são apresentados nas equações 01 a 10, a seguir.

$$\hat{Y} = b_o + b_1L + b_2N + b_3L^{0,5} + b_4N^{0,5} + b_5L^{0,5}N^{0,5} + ei \quad (01)$$

$$\hat{Y} = b_o + b_1L + b_2N + b_3L^{0,5} + b_4N^{0,5} + b_5LN + ei \quad (02)$$

$$\hat{Y} = b_o + b_1L + b_2N + b_3L^{0,5} + b_4N^{0,5} + ei \quad (03)$$

$$\hat{Y} = b_o + b_1L + b_2N + b_3L^{2} + b_4N^{2} + b_5LN + ei \quad (04)$$

$$\hat{Y} = b_o + b_1L + b_2N + b_3L^{2} + b_4N^{2} + ei \quad (05)$$

$$\hat{Y} = b_o + b_1L + b_2N + b_3L^{1,5} - b_4N^{1,5} + b_5LN + ei \quad (06)$$

$$\hat{Y} = b_o + b_1L + b_2N - b_3L^{1,5} - b_4N^{1,5} + ei \quad (07)$$

$$\hat{Y} = b_o + b_1L - b_2L^2 - b_3N^2 + ei \quad (08)$$

$$\hat{Y} = b_1L + b_2N - b_3L^2 - b_4N^2 + b_5LN + ei \quad (09)$$

$$\hat{Y} = b_1L + b_2N - b_3L^2 - b_4N^2 + ei \quad (10)$$

sendo:

$\hat{Y}$: produtividade da cultura do meloeiro, $kg \cdot ha^{-1}$;

L: fator água, mm;

N: fator nitrogênio, $kg \cdot ha^{-1}$.

3.2 Isoquantas

Uma isoquanta é definida como sendo uma linha na qual todos os pontos representam infinitas combinações de fatores, que indicam a mesma quantidade produzida, ou seja, correspondem as curvas que ligam as diferentes combinações de lâmina de água e doses de nitrogênio as quais apresentaram um mesmo rendimento.

A partir da função de produção escolhida, determinaram-se as isoquantas, plotando-se os dados de lâminas de água e das doses de N, em função dos rendimentos previamente fixados, em um gráfico de duas dimensões, utilizando-se o software Statistica.

3.3. Produto físico marginal

O Produto físico marginal de um insumo é o acréscimo do produto total atribuível ao aumento de uma unidade de insumo variável no processo de produção, mantendo-se constante todos os demais insumos. O produto marginal refere-se, somente, a comparações dos resultados de experimentos simultâneos e não sucessivos. O mesmo é obtido por meio da derivada primeira da função que representa o rendimento, em relação ao fator considerado, sendo representado pela equação geral:

$$PMg(f) = \frac{\partial Y}{\partial f} \quad (11)$$

sendo:

PMg(f): produto físico marginal do fator considerado;

$\frac{\partial Y}{\partial f}$: derivada da função em relação ao fator considerado.

Para fins de análise foram obtidos os seguintes produtos marginais:

- Produtos físicos marginais da água para as diferentes lâminas aplicadas correspondentes a cada dose de nitrogênio;
- Produtos físicos marginais do nitrogênio para as diferentes doses aplicadas correspondentes a cada lâmina de água;
- Produtos físicos marginais da água, para diferentes lâminas de água aplicadas;
- Produtos físicos marginais do nitrogênio para as diferentes doses de nitrogênio aplicadas.

3.4. Taxa marginal de substituição

A Taxa Marginal de Substituição indica a taxa a que um consumidor está disposto a trocar um determinado produto por outro de forma a manter o mesmo nível de utilidade. Desta forma, a taxa marginal de substituição do fator lâmina de água pelo fator dose de nitrogênio, corresponde à quantidade do fator água que se dispõe a abandonar uma unidade a mais do fator nitrogênio, mantendo-se o mesmo nível de rendimento. A mesma foi obtida pela relação entre o produto físico marginal do nitrogênio e o produto físico marginal da água e é representada pela equação geral:

$$\mathrm{TMS}_{\mathrm{L/N}} = \frac{\mathrm{PMgN}}{\mathrm{PMgL}} \qquad (12)$$

Sendo:

$\mathrm{TMS}_{\mathrm{L/N}}$: taxa marginal de substituição do fator água (L) pelo fator nitrogênio (N);

PMg N: produto marginal do fator nitrogênio.

PMg L: produto marginal do fator água

3.5. Região de produção racional

A região de produção racional foi obtida pela da análise das curvas de isoprodutos e correspondem às partes das curvas onde os fatores se comportam como substitutos, mostrando as diferentes combinações dos fatores e dos respectivos rendimentos onde a atividade é economicamente viável, localizando-se entre as duas linhas de fronteiras. As linhas de fronteiras são linhas que unem pontos em que a declividade da isoquanta é nula ou infinita.

3.6. Custos de produção

Neste trabalho, para a realização da análise econômico-financeira foram utilizados o preço do melão ($R\$\cdot kg^{-1}$) e o preço do nitrogênio ($R\$\cdot kg^{-1}$), sendo os valores praticados no mercado da cidade de Teresina, PI, para o mês de novembro de 2011.

O custo da água ($R\$\cdot mm^{-1}\cdot ha^{-1}$), tendo em vista que os custos de aplicação estão incluídos nos custos de produção da cultura, considerou-se como igual ao valor da tarifa de energia elétrica, conforme sugere Frizzone et al. (1994). O valor da tarifa de energia elétrica é formado pela soma do custo do consumo efetivo da energia e do custo de demanda da potência elétrica. De acordo com as normas da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), só existe tarifa de demanda quando a potência instalada é superior a 75 KVA. Tendo em vista que para as condições da presente pesquisa o sistema operou com uma potência instalada bem inferior, utilizando um motor elétrico de 1/2cv, o custo de demanda foi nulo, sendo a tarifa de energia composta apenas pelo custo do consumo, sendo este estimado com base na equação a seguir:

$$CE = 0{,}7457 \times Pot \times Tf \times PkWh \quad (13)$$

Sendo:

CE : custo da energia elétrica durante o ciclo da cultura, em R$;

0,7457 : fator de conversão de cv para kWh;

Pot : potência do motor, em cv;

Tf : tempo de funcionamento do sistema necessário para repor a lâmina de água requerida, em horas, considerando uma área irrigada de um ha;

PkWh : preço do kWh, em $R\$\cdot kWh^{-1}$.

O preço do kWh foi obtido junto a Eletrobrás distribuição Piauí e refere-se ao valor de 1 kWh considerando que o sistema funcionou no horário de ponta, isto é, durante o dia. Portanto, o preço do kWh utilizado foi de R$ 0,32 kWh^{-1} sendo este valor atualizado para o mês de novembro de 2010.

O preço do milímetro de água aplicado ($R\$ \cdot mm^{-1} \cdot ha^{-1}$) foi obtido dividindo-se o valor do custo de energia elétrica (R$) pela lâmina de água aplicada no período, em mm.

Os custos fixos relativos ao cultivo do melão irrigado foram estimados com base no princípio de recuperação de capital. Segundo este princípio, os custos fixos correspondem ao valor de uma anuidade referente ao pagamento necessário para quitar o capital utilizado no investimento em um determinado tempo com uma determinada taxa de juros sobre o capital, sendo este tempo igual à vida útil dos equipamentos, conforme a seguinte expressão:

$$CF = Io \times FRC \quad (14)$$

Sendo:
CF: custo fixo anual dos investimentos no sistema de irrigação e na terra ($R\$.ha^{-1}$);
Io : investimento no sistema de irrigação e na terra (R$);
FRC: fator de recuperação do capital.

O fator de recuperação de capital, FRC, foi estimado pela equação:

$$FRC = \frac{(1+j)^n \times j}{(1+j)^n - 1} \quad (15)$$

Em que:
j: taxa real anual de juros (decimal);
n: número de anos para quitar o investimento ou vida útil dos equipamentos.

Para fins de estimativa dos custos fixos considerou-se como investimento o valor necessário para a aquisição dos equipamentos de irrigação para um hectare, a aquisição de um hectare de terra nua e a construção da casa do conjunto motobomba. O valor do investimento foi de R$ 6.600,00, sendo R$ 4.500,00, referente ao preço do sistema de irrigação,

R$ 1.600,00 referente ao preço da terra e R$ 500,00 correspondente à casa do conjunto motobomba.

A taxa real anual de juros utilizada foi de 12% ao ano, considerando-se, que os equipamentos teriam uma vida útil de 15 anos, sendo zero o seu valor residual ao final de sua vida útil.

3.7. Combinação de fatores para obtenção do custo mínimo

A combinação da lâmina de água e dose de nitrogênio que proporcionam o menor custo, para um determinado nível de rendimento, é aquela em que a reta do isocusto ($C = L \cdot P_L + N \cdot P_N$, que ao se fazer $L = f(N)$ tem-se $d_L/d_N = (C/P_L) - (P_N/P_L) \cdot N$) tangencia a isoquanta para o nível de rendimento considerado, ou seja, a inclinação da isoquanta é igual a inclinação do isocusto, devendo portanto satisfazer a condição:

$$TMS_{L/N} = |-P_N/P_L| \quad (16)$$

Sendo:

$TMS_{L/N}$: taxa marginal de substituição de L por N, que é a inclinação da isoquanta;

PL: preço da água, $R\$ \cdot mm^{-1} \cdot ha^{-1}$;

PN: preço do nitrogênio, $R\$ \cdot kg^{-1}$;

$P_N/P_{L:}$ inclinação do isocusto.

3.8. Eficiência do uso da água

A eficiência de uso da água (EUA) foi obtida pelo quociente entre o rendimento da cultura e a lâmina total de água aplicada durante o ciclo da cultura, de acordo com a equação:

$$EUA = \frac{Y}{L} \quad (17)$$

sendo:

EUA: eficiência do uso da água, $kg.ha^{-1}.mm^{-1}$;

Y: rendimento da cultura, $kg \cdot ha^{-1}$;

L: lâmina total de água aplicada durante o ciclo da cultura para a obtenção do rendimento Y, mm.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Rendimento do melão em função das lâminas de água e doses de nitrogênio

Na Tabela 4, são apresentados os valores médios do rendimento do melão em função dos tratamentos lâminas de água e doses de adubação nitrogenada. Os valores médios de rendimento foram obtidos a partir dos dados apresentados no Anexo 1. Observa-se que as lâminas de água e as doses de nitrogênio aplicados variaram entre 124,76 a 712,86 mm e de 0 a 300 $kg \cdot ha^{-1}$ de N, respectivamente, onde o máximo rendimento da cultura observado (35.648,0 $kg \cdot ha^{-1}$) foi obtido com a combinação dos tratamentos L_5N_1. Esta combinação corresponde à aplicação de uma lâmina 100% superior à reposição da evapotranspiração da cultura e à aplicação de uma dose de nitrogênio 50% inferior à recomendada pela análise do solo, que correspondeu a aplicação de uma lâmina de 712,8mm de água e75 $kg \cdot ha^{-1}$ de N respectivamente. Segundo Silva e Costa (2003), a necessidade de água do meloeiro, do plantio à colheita, varia de 300 a 550 mm, sendo essa variação dependente das condições climáticas da região, sistema de irrigação empregado e cultivar utilizada. Assim, observa-se que a lâmina encontrada para o máximo rendimento do melão neste trabalho ficou 29,6% acima da máxima recomendação proposta pelos autores.

O rendimento máximo da cultura observado neste trabalho ficou 7,2% acima do resultado encontrado por Barros et al (2002), 33.251,7 $kg \cdot ha^{-1}$, em trabalho visando avaliar o efeito das lâminas de água e doses de nitrogênio na cultura do melão irrigado por sulcos no Vale de Curu – CE e 35,9% acima do rendimento encontrado por Monteiro (2004), que encontrou rendimento máximo de 26.230,7 $kg \cdot ha^{-1}$, em experimento com melão irrigado por gotejamento no município de Fortaleza – CE.

Os menores rendimentos de melão para todas as lâminas aplicadas (L_1, L_2, L_3, L_4 e L_5) foram obtidos com a dose zero de N, sendo o menor rendimento o do tratamento L_1N_0 correspondente a lâmina de 124,75mm e dose zero de N. Tal fato evidencia a importância da adubação nitrogenada no rendimento da cultura do meloeiro para as condições edáficas de Teresina-PI. Prabhakar et al. (1985), ressaltam que o aumento da produtividade do melão, provocado pela adição de nitrogênio é comprovado pelo aumento no número e peso dos frutos, e no total de sólidos solúveis nos frutos. Tal fato evidencia que este elemento está envolvido diretamente no metabolismo da planta. Faria et al. (2000) também constataram a influência positiva no nitrogênio no Brix, peso e número de frutos do melão.

Tabela 4. Rendimento médio do melão (kg·ha^{-1}), em função das lâminas de água e das doses de nitrogênio.

Lâminas		Doses de Nitrogênio (kg·ha^{-1})				
	(mm)	N0	N1	N2	N3	Médias
		0	75	150	300	
L1	124,8	11.673,3	21.994,3	18.102,3	20.127,6	17.974,4
L2	249,5	19.550,6	25.836,0	22.262,7	23.880,8	22.882,5
L3	356,4	22.170,8	28.466,3	28.350,0	25.361,7	26.087,2
L4	534,6	26.463,0	31.962,3	33.213,3	32.704,6	31.085,8
L5	712,9	19.523,3	35.648,0	28.537,7	34.942,8	29.663,0
Médias		17.076,2	29.621,4	25.893,2	27.403,47	

Na Tabela 5, é apresentado o resumo da análise de variância do rendimento do melão em função das lâminas de água e doses de adubação nitrogenada. A análise mostrou que as lâminas de água e doses de N influenciaram significativamente o rendimento do melão aos níveis de 0,17 e 0,001%, respectivamente. Isso mostra que o nitrogênio foi o fator que mais influenciou no rendimento do melão. Já a interação entre os dois fatores, água e N, não se apresentou significativa ao nível de 5%. Desta forma a probabilidade de erro ao se afirmar que a interação entre os dois fatores influenciaram o rendimento da cultura é de 66,67%. De acordo com Mousinho (2002) a falta de interação entre os fatores água e nitrogênio supõe a independência dos fatores podendo acontecer por causa dos fatores que exercem influência sobre a utilização do N pelas culturas como pH e teor de cálcio no solo bem como as características físicas do solo que podem influenciar na retenção e disponibilidade para a cultura.

Mousinho (2002) e Andrade (2006), trabalhando com as culturas da melancia e melão, respectivamente, obtiveram resultados idênticos aos encontrados com relação aos fatores água e nitrogênio analisados isoladamente onde os mesmos verificaram que tanto a água quanto o nitrogênio influenciaram significativamente no rendimento das culturas, sem haver interação significativa entre os dois fatores.

Cavalcante (2008) ao estudar o efeito de lâminas de água e doses de N sobre a cultura do pimentão irrigado por gotejamento em Fortaleza – CE observou que a água não influenciou significativamente o rendimento da cultura e sem haver interação significativa entre os fatores. Já Barros (2002) trabalhando com a cultura do melão irrigado por sulcos no

Vale do Curu, CE, verificou que somente as lâminas de água influenciaram no rendimento da cultura, não observando efeito significativo para nitrogênio e para a interação água-nitrogênio.

Tabela 5. Resumo da análise de variância do rendimento do melão em função das lâminas de água e doses de nitrogênio.

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	Prob. > F
Blocos	3	66872992	22290997	
Água(L)	4	1,8154266	453856664	0,0017
Resíduo A	12	636170999	53014249	
Parcelas	19	25561		
Nitrogênio N	3	933615988	311205329	0,00001
Interação LxN	12	302231622	25185968	0,6667
Resíduo B	45	1,4515778	32257286	
TOTAL	79	5,20589618		

A análise de regressão para o efeito da água sobre o rendimento do meloeiro mostrou resultado significativo a 5% de probabilidade, constatando que o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o polinomial quadrático. A utilização de funções polinomiais tornou-se quase que um padrão para descrever a resposta das culturas à aplicação de fertilizantes, lâmina de irrigação e outros fatores onde, segundo Mason (1956), as mesmas apresentam vantagens por serem fáceis de estimar, ser flexíveis, pela possibilidade de exibir uma fase de decréscimo de rendimento e por serem respaldadas pela sua boa capacidade de previsão, quando valores elevados de coeficientes de determinação (R^2) são atingidos. Vaux et al (1981) ressaltam que estes modelos têm se mostrado adequado para representar tal relação, quando maior for a amplitude dos níveis do fator água.

A equação ajustada apresentou coeficiente de determinação r^2 0,982. Esse valor pode ser considerado muito alto em se tratando de um fenômeno biológico, e expressa que 98,2% da variação do rendimento do melão em função das lâminas de água aplicadas é esclarecido pela equação polinomial quadrática ilustrada na Figura 8. Com a utilização da referida equação verificou-se que o máximo rendimento do melão em função das lâminas de irrigação foi de 30.692,6 $kg \cdot ha^{-1}$ obtido com a aplicação de uma lâmina de água de 631,2 mm. Batista et al. (2009) em experimento com melão irrigado por gotejamento em Juazeiro – BA, obtiveram um rendimento máximo estimado de 17080,60 $kg \cdot ha^{-1}$ com a

aplicação de uma lâmina de 135,12mm. Já Araújo et al (2010) trabalhando com manejo de irrigação com base na ECA em melão do tipo rendilhado em ambiente protegido, verificaram uma produtividade de 40.230 kg·ha^{-1} de melão aplicando uma lamina de 374,5mm de água durante o ciclo da cultura obtendo um rendimento 23,7% maior que o do presente trabalho, utilizando uma lâmina de irrigação 40,66% menor que a utilizada . Tal diferença pode ser explicada devido à utilização de ambiente protegido que permite um maior controle dos fatores externos que podem causar problemas para a cultura.

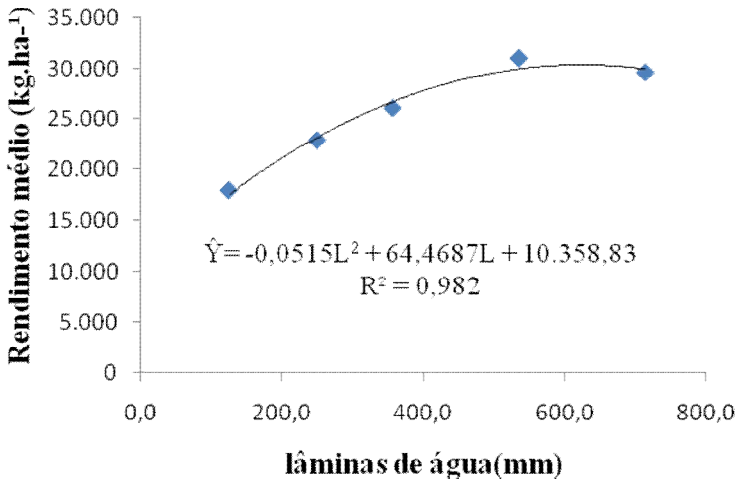

Figura 8. Rendimento médio do melão em função das diferentes lâminas de irrigação.

Conforme a análise de regressão, o efeito das doses de N sobre o rendimento do melão também pode ser explicado por uma equação do tipo polinomial quadrática, tal como encontrado para o efeito das lâminas de água, com efeito significativo ao nível de 5% e coeficiente de determinação de 0,662, Segundo Fageria et al. (1999) este modelo tem sido o que melhor representa a resposta das culturas ao N . De acordo com a equação ilustrada na Figura 9, o máximo rendimento estimado foi de 28.908,6 kg·ha^{-1}, obtido com a aplicação de uma dose de nitrogênio de 202,9 kg·ha^{-1}. Monteiro et al. (2006), em experimento realizado em Fortaleza-CE obtiveram um máximo rendimento estimado de melão de 21.731,5 kg·ha^{-1}, obtido com a aplicação de 225,1 kg·ha^{-1} de N .

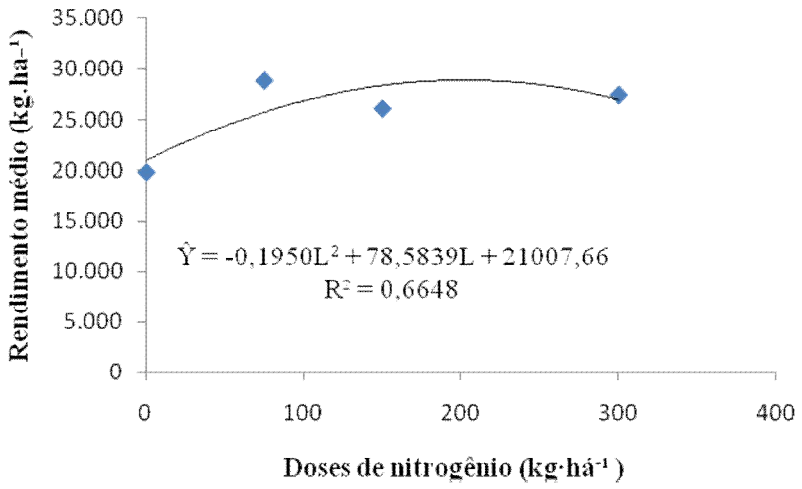

Figura 9. Rendimento médio do melão em função das diferentes doses de nitrogênio.

4.2. Lâminas de água economicamente ótimas

As equações apresentadas no Anexo 2, expressam o comportamento do rendimento do melão em função das lâminas de irrigação para cada dose de N . O modelo que melhor se ajustou para as doses 0 e 150 kg·ha^{-1} de N. Já para as doses 75 e 300 kg·ha^{-1} o efeito da água sobre o rendimetno do melão foi melhor explicado pelo modelo linear, tendo este obtido um coeficiente de determinação, 0,958 e 0,97 para as duas doses, respectivamente, sendo esses valores inferiores ao modelo quadrático (0,959 e 0,974), tendo o modelo linear efeito significativo ao nível de significância de 1,4 e 2,55%, contra 2,8 e 20,2% do modelo quadrático, respectivamente. Portanto, para as doses 75 e 300 kg·ha^{-1} adotou-se, o modelo linear para explicar a variação do rendimento do melão em função das lâminas de água e, por este motivo, tornou-se impraticável estimar a lâmina de água economicamente ótima, para estas doses de N.

As equações foram obtidas por meio de uma análise de regressão tendo como variável independente a lâmina de irrigação (L) em mm, e como variável dependente o rendimento do melão (Y), em kg·ha^{-1}. A partir das equações foram obtidas por derivação as equações dos produtos físicos marginais da água para as doses de N 0 e 150 kg·ha^{-1}, apresentadas nas equações 18 e 19, a seguir.

$$\frac{\partial Y}{\partial L} = -0{,}21L + 102{,}9$$

(18)

$$\frac{\partial \mathrm{Y}}{\partial \mathrm{L}} = -0{,}164\mathrm{L} + 89{,}98$$

(19)

A partir das equações 18 e 19, foram obtidos os produtos físicos marginais da água para as duas doses de N , sendo possível estimar a lâmina de água economicamente ótima (Tabela 6), Verifica-se que os produtos marginais da água foram maiores para as menores lâminas, observando-se um decréscimo com o aumento da lâmina aplicada até chegar a zero, onde ocorre o máximo rendimento. A partir daí os produtos marginais tornam-se negativos, indicando ser antieconômico o uso lâminas maiores que 490 e 548,6 mm, respectivamente, paras as doses de N iguais a zero e 150 kg. ha^{-1}. Esta variação no comportamento do produto marginal da água mostra que o rendimento do melão aumenta a taxas decrescentes com o aumento da lâmina até chegar a um ponto de rendimento máximo e decrescer com a contínua aplicação deste fator de produção. Observa-se, ainda, que os máximos rendimetos físicos para as doses de nitrogênio zero e 150 kg. ha^{-1}, ocorreram com a aplicação de lâminas maiores do que a lâmina referente a evapotranspiração máxima da cultura, que corresponde a 356,43mm.

Tabela 6. Produto marginal da água para as diferentes lâminas aplicadas correspondentes a cada dose de nitrogênio.

Lâminas de água	Doses de nitrogênio ($kg \cdot ha^{-1}$)			
(mm)	0	75	150	300
124,8	76,69	-	69,51	-
249,5	50,51	-	49,06	-
356,4	28,06	-	31,53	-
534,6	-9,37	-	2,31	-
712,9	-46,81	-	-26,94	-

A lâmina de água ótima do ponto de vista econômico foi aquela que conduziu a um rendimento que proporcionou a máxima receita líquida para cada dose de N aplicado, e é aquela que satisfaz a condição de que o produto físico marginal da água se iguale ao

quociente entre o preço da água (P_L) e o preço do produto (P_Y). Na Figura 10, observa-se que as lâminas de água economicamente ótimas em função das diferentes relações de preços da água e melão (P_L/P_Y), sendo utilizadas diversas relações por causa de uma grande variação do valor da relação P_L/P_Y, principalmente por causa da grande variação de preços do melão ao longo do ano. Desta maneira, verifica-se que a variação da lâmina economicamente ótima foi muito pequena à medida que se modificou a relação P_L/P_Y onde a variação da lâmina entre a menor e a maior relação de P_L/P_Y para as doses zero e 150 kg·ha^{-1} foram apenas de 6,6 e 8,5mm, que acarretou em uma variação de rendimento de apenas 6 e 7,6 kg·ha^{-1} de melão respectivamente. Essa pequena variação pode ser explicada por causa do baixo valor cobrado para o fator água e a pequena variação de seu preço ao longo do ano, constatando-se que a água não foi um fator limitante para o rendimento do melão. Isso mostra ser inviável a aplicação de grandes quantidades de água quando o N for fator limitante no solo.

As maiores lâminas foram obtidas com aplicação de uma dose de 150 kg·ha^{-1} de N, dose essa que proporcionaria um máximo rendimento econômico de 31.654,5 kg·ha^{-1} com a aplicação de uma lâmina de água de 547,4mm, quando a relação entre os preços da água e do melão for 0,2 (Figura 11). Já quando a relação entre os preços da água e do melão passa para um, considerando-se a dose 150 kg ha^{-1} da dose de N, a lâmina ótima seria de 542,5mm, resultando em um rendimento de 31.651,1 kg ha^{-1}, como se pode visualizar nas Figuras 10 e 11, respectivamente.

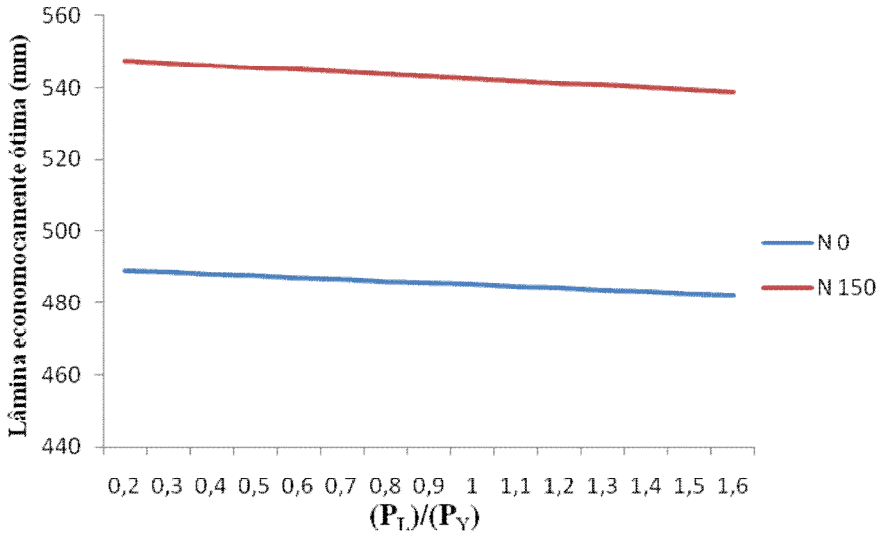

Figura 10. Lâminas de água economicamente ótimas em função da relação entre o preço da água (P_L) e o preço do melão (P_Y).

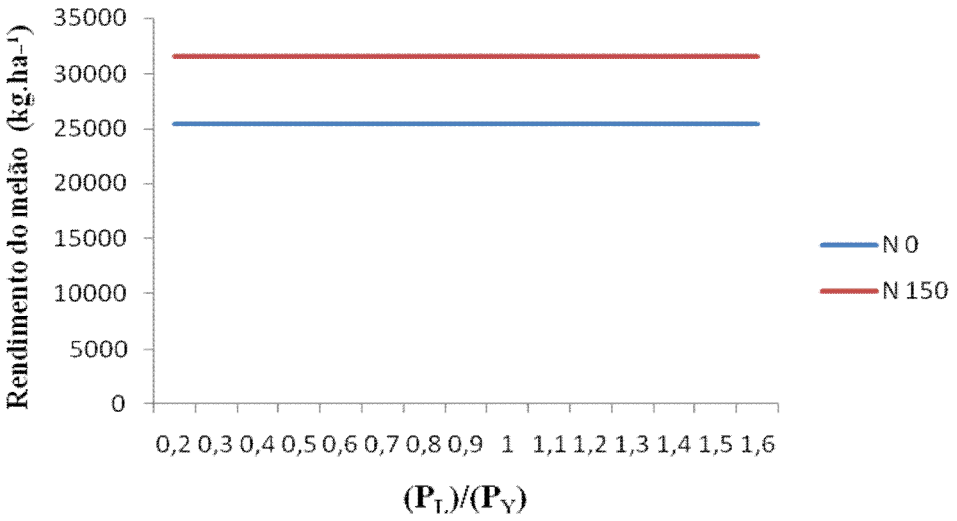

Figura 11. Rendimento do melão a partir das lâminas economicamente ótimas em função da relação entre o preço da água (P_L) e o preço do melão (P_Y).

4.3. Doses de nitrogênio economicamente ótimas

A partir da análise de regressão entre os rendimentos do melão e as doses de N para as diferentes lâminas de água aplicadas, foram obtidas as equações apresentadas no Anexo 3, sendo todas estas do modelo polinomial quadrático. As referidas equações têm como variável independente a dose de N, em $kg \cdot ha^{-1}$, e como variável dependente o rendimento do melão (Y), em $kg \cdot ha^{-1}$.

As equações do produto físico marginal do N para cada lâmina de água aplicada, foram obtidas a partir da derivada primeira da equação do rendimento (Y) em função das doses de N , para cada lâmina de água, sendo representadas nas equações 20 a 24.

$$\frac{\partial Y}{\partial N} = -0{,}358N + 75{,}15 \quad (20)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial N} = -0{,}186N + 35{,}04 \quad (21)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial N} = -0{,}586N + 102{,}6 \quad (22)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial N} = -0,992N + 198,8$$

(23)

$$\frac{\partial Y}{\partial N} = -0,664N + 144,0 \quad (24)$$

A partir dessas equações, foram obtido o produto físico marginal do nitrogênio para cada uma das lâminas de água aplicada (Tabela 7). Observa-se que o produto marginal do N comportou-se da mesma maneira que o produto marginal da água, ou seja, à medida que as doses de N aumentaram o produto marginal diminuiu até chegar a zero, onde ocorreu o máximo rendimento. A partir daí o produto marginal tornou-se negativo indicando ser antieconômico o uso da maior dose de N, 300 kg·ha^{-1}. Esta variação no comportamento do produto marginal do nitrogênio mostra que o rendimento do melão aumenta a taxas decrescentes com o aumento das doses de N até chegar a um ponto de rendimento máximo e decrescer com a contínua aplicação deste fator de produção.

Os máximos rendimentos físicos, para todas as lâminas de água, foram obtidos com a aplicação de doses de N acima de 150 kg·ha^{-1}. Este valor ficou acima da recomendação máxima proposta por Pimentel (1985) para a cultura do melão, que pode variar de 40 a 140 kg·ha^{-1} de N por ciclo.

Para a lâmina correspondente à evapotranspiração máxima da cultura (356,4mm), o máximo rendimento (29.323 kg·ha^{-1}), seria alcançado com a aplicação de uma dose de 164 kg·ha^{-1} de N . Este valor é praticamente a metade da dose encontrada por Monteiro (2004), mas mesmo tendo uma menor dose o seu máximo rendimento estimado foi cerca de 19,3% maior que o encontrado pelo o referido autor.

Tabela 7. Produto marginal do nitrogênio para as diferentes doses de N aplicadas, correspondente a cada lâmina de água.

Doses de nitrogênio	Lâminas de água (mm)				
(kg·ha^{-1})	124,75	249,5	356,43	534,65	712,86
0	75,15	35,04	102,6	198,8	144
75	48,3	21,09	58,65	124,4	94,2
150	21,45	7,14	14,7	50	44,4
300	-32,25	-20,76	-73,2	-98,8	-55,2

A dose de N ótima do ponto de vista econômico foi aquela que conduziu a um rendimento que proporcionou a máxima receita líquida para cada lâmina de água aplicada, e é aquela que satisfaz a condição de que o produto físico marginal do nitrogênio se iguale ao quociente entre o preço do N (P_N) em R$·kg^{-1} e o preço do melão (P_Y) em R$·kg^{-1}. Na Figura 12, são mostradas as doses de N economicamente ótimas em função das diferentes relações de preços do nitrogênio e melão (P_N/P_Y). As mesmas foram determinadas por causa de uma grande variação do valor da relação P_N/P_Y, principalmente devido à grande variação de preços do melão ao longo do ano. Observa-se que diferentemente das lâminas de água economicamente ótimas, em que sua variação foi mínima, as doses economicamente ótimas de N apresentaram uma variação bem mais acentuada com a variação da relação P_N/P_Y.

As variações das doses economicamente ótimas de N dependeram das lâminas aplicadas, tal fato pode ser observado na Figura 12, onde as maiores variações foram notadas nas lâminas 249,5 e 124,8mm respectivamente, ou seja, as duas lâminas menores que a lâmina referente à evapotranspiração máxima da cultura, sendo a lâmina 249,5mm a que apresentou a maior variação. Para as lâminas supracitadas a variação das doses de N entre a menor e maior relação P_N/P_Y foi de 84,2 e 41,9 kg·ha^{-1}, respectivamente, que acarretou em uma variação de rendimento de 883,7 e 439,7 kg·ha^{-1} de melão. Essa pronunciada variação pode ser explicada por causa do valor elevado cobrado para o fator água e a grande variação de seu preço ao longo do ano, assim fica evidenciado que o N é um fator limitante no rendimento da cultura.

As menores doses ótimas de N ocorreram para a lâmina de água 356,43 mm sendo seguida pela lâmina 249,5 mm (Figura 12). A maior dose ótima de N (229 kg·ha^{-1}) foi obtida com a aplicação da lâmina de 712,8 mm, que proporcionou o máximo rendimento econômico dentre todas as lâminas utilizadas, obtendo um rendimento estimado de 35.233,5 kg·ha^{-1} de melão para uma relação entre os preços do nitrogênio e do melão igual a 2. A lâmina de 534,65 mm apresentou doses de N menores que a lâmina de 712,8 mm, mas a mesma obteve rendimentos que ficaram apenas 2,3% menores que a máxima lâmina utilizada. Para esta lâmina considerando uma relação entre o preço do N e do melão igual a 2 o rendimento estimado seria 34.427,8 kg·ha^{-1}, com a aplicação de uma dose de N de 197,1 kg·ha^{-1} (Figura 13). Resultado semelhante foi observado por Monteiro et al (2007) que encontrou o mesmo comportamento das doses ótimas de N, quando a lâmina foi igual a 150% da evapotranspiração da cultura. Isso demonstra que a cultura responde mais eficientemente o N, quando as lâminas de água são menores.

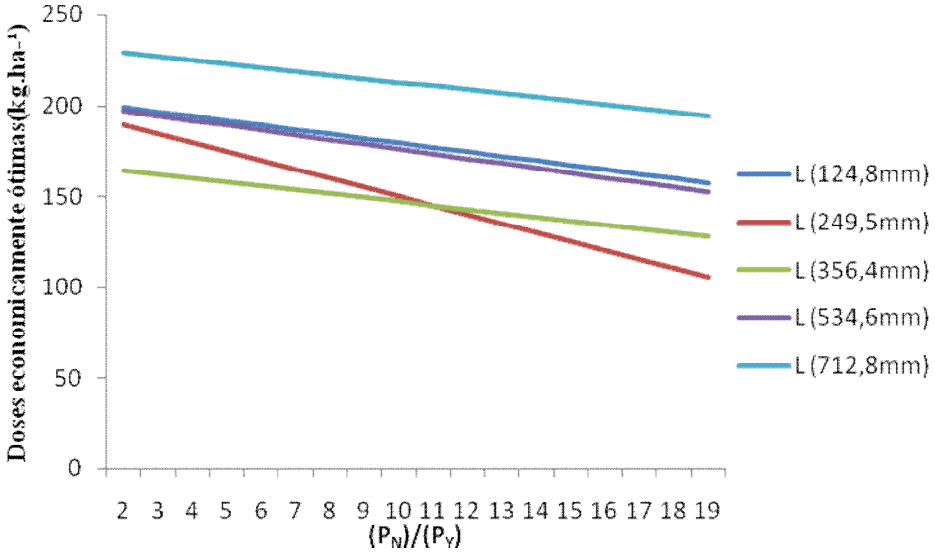

Figura 12. Doses de nitrogênio economicamente ótimas em função da relação entre o preço do nitrogênio (P_N) e o preço do melão (P_Y).

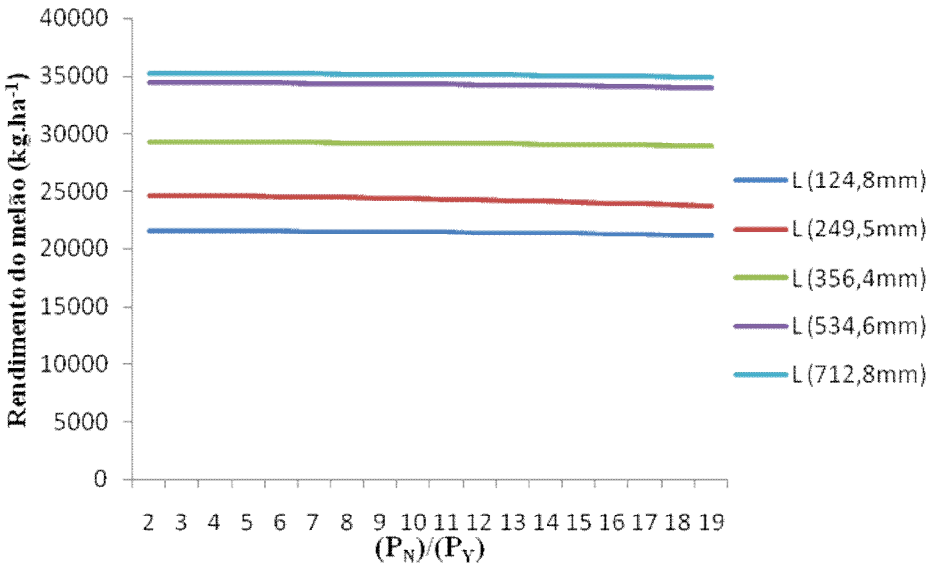

Figura 13. Rendimento do melão a partir das doses economicamente ótimas em função da relação entre o preço do nitrogênio (P_N) e o preço do melão (P_Y).

4.4. Superfície de resposta

Verificou-se pela análise de regressão que todos os dez modelos testados foram significativos pelo teste F, a 1% de significância, evidenciando que todos os modelos podem representar a variação da produtividade do melão (Y) em função das doses de nitrogênio (N) e

das lâminas de água (L), nas condições estudadas. No entanto, observou-se que o modelo que melhor se ajustou aos dados do experimento foi o n° 10, sendo este polinomial quadrático, sem intercepto e sem interação significativa entre os fatores lâmina de água e doses de N conforme a equação:

$$\hat{Y} = 52{,}40174118 \cdot L + 111{,}1536525 \cdot N - 0{,}038815548 \cdot L^2 - 0{,}279112997 \cdot N^2 \quad (25)$$

Para o modelo escolhido, o coeficiente de determinação (r^2) foi de 0,695, significando que 69,5% da variação do rendimento do melão pode ser explicado pela variação das lâminas de água e doses de nitrogênio. Na Figura 14 visualiza-se a representação gráfica da função de produção estimada. Observa-se que o fator nitrogênio influência mais o rendimento da cultura do que o fator lâmina. Isso é evidenciado pela maior curvatura da linha do fator nitrogênio na superfície de resposta. Mousinho (2002) trabalhando com melancia em Fortaleza-CE e Monteiro (2004) trabalhando com melão no Vale do Curu-CE, também encontraram uma maior influência deste fator no rendimento de suas respectivas culturas.

Para o modelo escolhido, o máximo rendimento estimado para o melão seria de 28.752,3 $kg \cdot ha^{-1}$ a ser obtido com a aplicação de uma lâmina de água de 675 mm e 199,1 kg ha^{-1} de N. O valor encontrado para lâmina de água está acima do encontrado por Monteiro (2004), que obteve um rendimento estimado de 25.496,1 $kg \cdot ha^{-1}$, com a aplicação de uma lâmina de 612,1 mm e uma dose de N de 224,4 kg ha^{-1}. No presente trabalho a lâmina que proporcionou o máximo rendimento físico de melão, foi 62,9 mm, maior que a obtida por Monteiro (2004), onde tal diferença pode explicar a variação entre os rendimentos estimados pelos dois trabalhos.

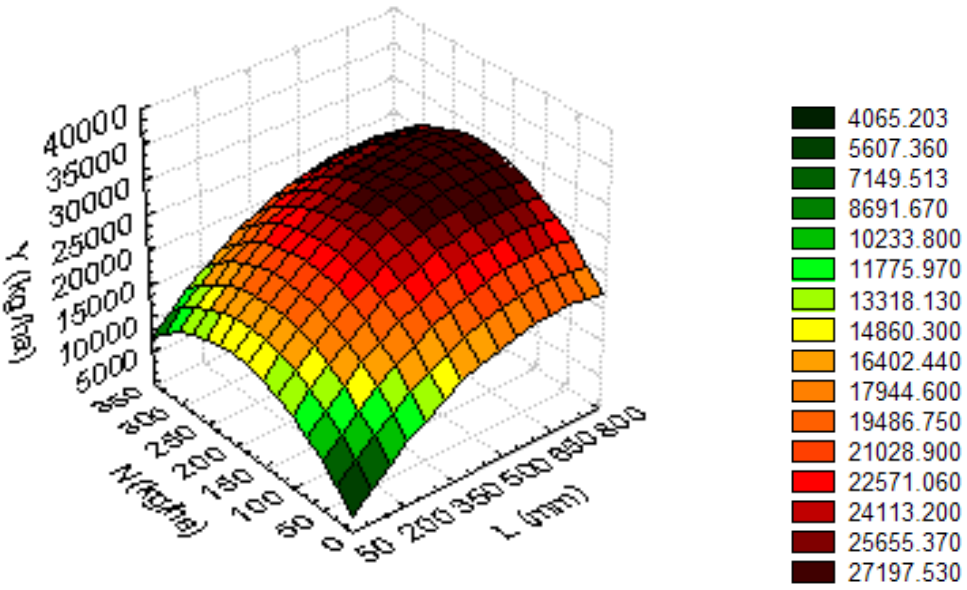

Figura 14. Superfície de resposta do rendimento do melão em função das lâminas de água e doses de nitrogênio.

4.5. Isoquantas

Na Figura 15, pode-se visualizar as isoquantas, curvas de isoprodutos, que foram obtidas a partir da função de produção. As isoquantas evidenciam as combinações entre as doses de N e as lâminas de água que resultam em um mesmo rendimento. Tais combinações mostram que quanto maior o rendimento, menor a quantidade de combinações, até o ponto que se obtém uma única combinação, que corresponde ao máximo rendimento físico neste caso de 28.752,3 kg·ha^{-1}.

As curvas de isoprodutos preceituam a substituição de fatores, onde um fator pode substituir outro sem que haja alteração no produto. Para demonstrar tal conceito, pode-se observar que o rendimento de 15631,4 kg·ha^{-1} de melão pode ser obtido, dentre outras combinações, com a aplicação de 19,4 kg·ha^{-1} de N e 350 mm de água ou com 74 kg·ha^{-1} de N e 200 mm de água e um rendimento de 25460 kg·ha^{-1}, da mesma forma, pode ser obtido com 75,5 kg·ha^{-1} de N e 650 mm de água ou com 118,5 kg·ha^{-1} de N e 480 mm de água. Verifica-se também uma redução gradativa nas curvas dos isoprodutos à medida que o rendimento aumenta. Isso se explica devido os menores acréscimos de rendimento à medida que se incrementa o uso dos fatores de produção, que segundo Leftwich (1976), se deve ao fato de

que embora haja certo grau de substituição entre os fatores água e N, estes não são substitutos perfeitos.

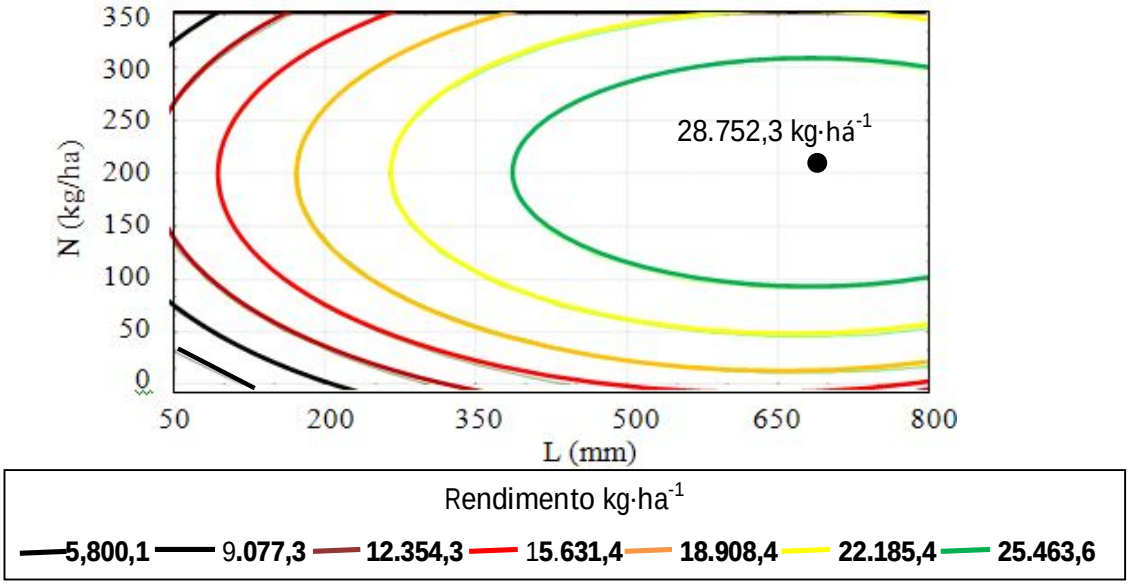

Figura 15. Curvas de isoprodutos para o rendimento do melão (kg·ha^{-1}) em função das lâminas de água(mm) e doses de nitrogênio (kg·ha^{-1}).

4.6. Produto físico marginal

Na Tabela 8 estão dispostos os produtos físicos marginais do N e da água, respectivamente, para as doses de N e lâminas de água. Estes valores foram obtidos derivando-se a equação da função de produção em relação ao nitrogênio e à água, respectivamente. A produtividade física marginal é o produto adicional produzido ao se usar uma unidade adicional de um fator considerado, água ou N. Podemos observar que se empregando 75 kg·ha^{-1} de N e 356,43 mm de água o rendimento aumenta 69,3 kg·ha^{-1} para cada kg de nitrogênio aplicado e 24,7 kg·ha^{-1} para cada milímetro de água aplicada. Observamos ainda que os produtos marginais do N não variaram com as lâminas de água aplicadas, acontecendo o mesmo com as lâmias de água. Este fato se deve à falta de interação significativa entre os fatores lâminas de água e doses de nitrogênio.

Pode-se observar que a variação dos produtos marginais da água e do nitrogênio é decrescente, ou seja, diminui à medida que as doses de N e lâminas de água aumentam. Tal fato pode ser explicado por causa da diminuição das possibilidades de interação entre os fatores doses de N e lâminas de água.

A diminuição dos valores dos produtos marginais segue até atingir o valor zero onde acontece o máximo rendimento da cultura. A partir do momento em que os produtos marginais do N e da água tornam-se negativos, fica evidenciada a queda do rendimento da cultura com a aplicação de doses de N e lâminas de água maiores que as doses e lâminas correspondentes ao ponto de máximo rendimento. A partir deste ponto (Leftwich, 1976) ressalta ser um contra-senso econômico a aplicação de água e N em quantidades superiores à combinação que proporciona o máximo rendimento físico, uma vez que isto tornaria os custos mais altos que o necessário para a obtenção de rendimentos já existentes com combinações menores. Neste caso, o produto marginal do N é igual a zero quando a dose aplicada for igual a 199,1 kg·ha^{-1} de N. Já o produto marginal da água atinge o valor zero com a aplicação de uma lâmina de água de 675 mm.

Tabela 8. Produto físico marginal (kg·ha^{-1}) do nitrogênio para as diferentes doses de nitrogênio (valor superior) e produto físico marginal (kg·ha^{-1}) da água para as diferentes lâminas de água (valor inferior).

Lâmina de água	Doses de Nitrogênio (kg·ha^{-1})			
(mm)	0	75	150	300
124,75	111,15	69,29	27,42	-56,31
	42,71	42,71	42,71	42,71
249,50	111,15	69,29	27,42	-56,31
	33,03	33,03	33,03	33,03
356,43	111,15	69,29	27,42	-56,31
	24,73	24,73	24,73	24,73
534,65	111,15	69,29	27,42	-56,31
	10,90	10,90	10,90	10,90
712,86	111,15	69,29	27,42	-56,31
	-2,94	-2,94	-2,94	-2,94

4.7. Taxa marginal de substituição

Os valores da taxa marginal de substituição (TMS) da água por nitrogênio estão dispostos na Tabela 9. Como podem ser observado esses valores foram obtidos para níveis de

produção pré-estabelecidos. Observa-se inicialmente que a TMS é negativa, indicando que a substituição da água por N pode ser economicamente viável e é substituída em proporções decrescentes. A partir do momento em que a mesma se torna positiva, a substituição torna-se antieconômica, indicando que a água está sendo substituída por N em proporções crescentes. Também se pode evidenciar que as TMS para os rendimentos são crescentes, ou seja, à medida que se aumenta os rendimentos as doses de N que propiciam a viabilidade econômica vão aumentado. Para os rendimentos de 16.000 e 19.000 kg·ha^{-1} a viabilidade inicia-se com a dose 15 de N kg·ha^{-1}.

Tabela 9. Taxa marginal de substituição de água por nitrogênio ($TMS_{L/N}$) e as correspondentes Lâminas de água e doses de nitrogênio para níveis pré-determinados de rendimento.

N	**16000**		**19000**		**22000**		**25000**		**28000**	
kg×há$^{-1}$	**L (mm)**	**TMS**	**L (mm)**	**TMS**	**L (mm)**	**TMS**	**L (mm)**	**TMS**	**L (mm)**	**TMS**
0	466,61	-6,87	-	-	-	-	-	-	-	-
15	383,86	-4,55	588,52	-15,31	-	-	-	-	-	-
30	324,48	-3,47	461,51	-5,70	-	-	-	-	-	-
45	277,85	-2,79	391,38	-3,91	618,82	-19,72	-	-	-	-
60	239,85	-2,30	340,23	-2,99	488,50	-5,36	-	-	-	-
75	208,37	-1,91	300,22	-2,38	423,65	-3,55	-	-	-	-
90	182,15	-1,59	268,04	-1,93	377,79	-2,64	569,90	-7,46	-	-
105	160,39	-1,32	241,94	-1,56	342,96	-2,04	493,43	-3,73	-	-
120	142,54	-1,07	220,88	-1,25	315,92	-1,58	447,73	-2,50	-	-
135	128,23	-0,84	204,18	-0,98	295,02	-1,21	415,96	-1,78	-	-
150	117,17	-0,63	191,38	-0,73	279,27	-0,89	393,37	-1,25	629,94	-7,84
165	109,18	-0,43	182,19	-0,50	268,09	-0,60	377,86	-0,83	570,08	-2,34
180	104,13	-0,24	176,39	-0,28	261,09	-0,33	368,35	-0,45	545,58	-1,06
195	101,94	-0,05	173,89	-0,06	258,07	-0,07	364,29	-0,10	536,23	-0,21

Analisando os níveis de rendimento, pode-se observar que o rendimento de 28.000 kg·ha^{-1} de melão só obteve as TMS para as doses de N maiores ou igual a 150 kg·ha^{-1}. Para o nível de rendimento de 25.000 kg·ha^{-1} de melão, observa-se que só a partir da dose de 90 kg·ha^{-1} de N, pode-se obter este nível de produção onde seria necessário empregar 7,6 mm de água para substituir um quilograma de N, de modo a manter o mesmo nível de produção, isto significa que para cada kg de N aplicado pode-se economizar 7,6 mm de água. Para a dose de 150 kg·ha^{-1} de N, a economia seria apenas de 1,25 mm para cada kg aplicado. Já para

as doses de N, onde a TMS tornou-se positivas, evidencia que em vez de se economizar água, passar-se-ia a gastar mais água a cada kg de N aplicado, tornando a atividade anti-econômica.

O comportamento das TMS obtidas para o presente trabalho corrobora com o comportamento dos resultados obtidos por Mousinho (2002) e Monteiro (2004) em trabalhos com melancia e melão, respectivamente, onde os mesmos obtiveram TMS inicialmente negativas e decrescentes.

De acordo com Frizzone (1986), a substituição de um fator por outro só tem vantagem econômica se a taxa marginal de substituição em valor absoluto for superior à relação inversa entre os preços dos fatores. Desta forma só seria vantajosa a substituição da água por N, neste estudo, quando o valor absoluto da taxa marginal de substituição for maior que 11,8. Assim, para presente trabalho tal fato só aconteceria para os níveis de rendimento de 19.000 e 22.000 $kg \cdot ha^{-1}$ de melão, para as doses de 15 e 45 $kg \cdot ha^{-1}$ de N respectivamente.

4.8. Região de produção racional de melão

A região de produção racional de melão é caracterizada pelas diferentes combinações entre os fatores, para respectivos rendimentos, onde a atividade é economicamente desejável. Esta região é delimitada por linhas denominadas linhas de fronteiras que, entre outras coisas, mostram as quantidades mínimas de L e N para produzir quantidades distintas de melão. Essas linhas de fronteiras ligam os pontos em que a curva dos isoprodutos são verticais e horizontais, ou seja, ligam pontos onde a TMS é infinita ou zero. Dentro da região de produção racional as TMS são sempre negativas, indicando que os fatores são substitutos técnicos um do outro, ou seja, quando se usar uma quantidade menor de N deve-se usar uma maior quantidade de L para que o produto permaneça constante (LEFTWICH, 1976).

Na Figura 16 é apresentada a região de produção racional do melão. Como não houve a interação entre os fatores água e nitrogênio, para os níveis de rendimento estabelecidos, observa-se que as lâminas de água e doses de N que delimitam a região de produção racional foram iguais. Desta forma os valores de lâmina de água e dose de N que demarcam a região de produção racional são delimitados pelas linhas LO e NO, respectivamente.

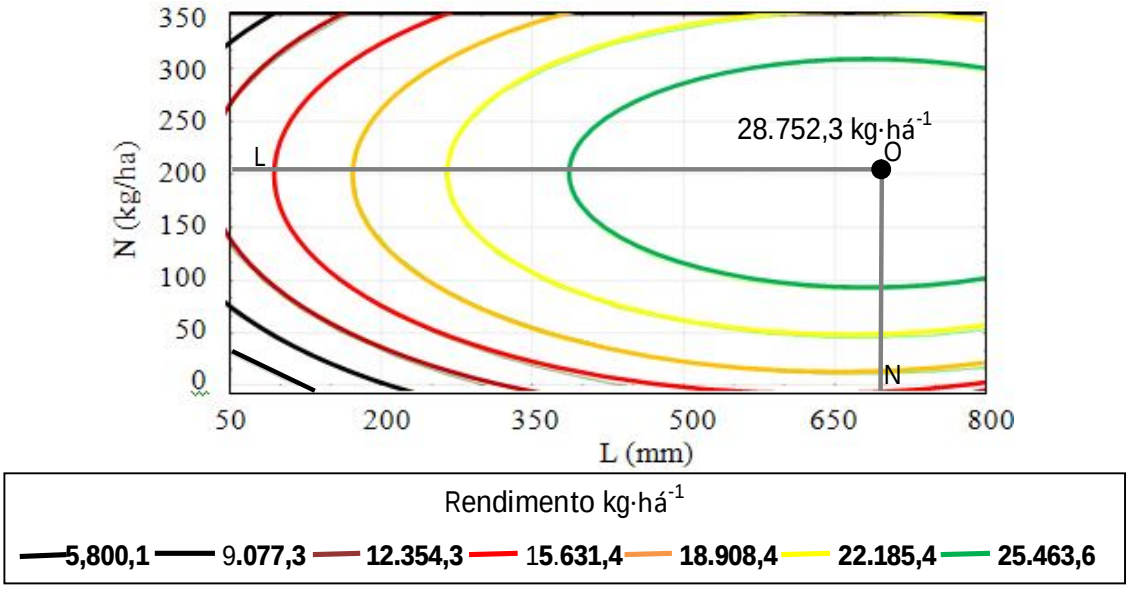

Figura 16. Região de produção racional do melão em função das lâminas de água e doses de nitrogênio.

4.9. Custo mínimo para um determinado nível de rendimento de melão

Na Tabela 10 são apresentad as as quantidades de água e N que proporcionam um custo mínimo para os diferentes níveis de rendimento do melão, bem como seus referidos custos relativos à aplicação de água e adubo nitrogenado. Observa-se que as quantidades dos fatores de produção (água e N) são crescentes, com o aumento do nível de rendimento desejado bem como seus custos. Também se observa que para o rendimento de 16000 kg·ha^{-1} de melão foi o único que a combinação para a obtenção do custo mínimo utilizou apenas um insumo, neste caso, a água. Isso acontece devido o alto custo do nitrogênio com relação à água. A partir do rendimento de 19.000 kg·ha^{-1} a utilização do nitrogênio foi recomendada em quantidades crescentes à medida que os rendimentos aumentaram.

Para a obtenção de um rendimento de 25.000 kg ha^{-1} de melão, por exemplo, o custo mínimo com água e N seriam de R$ 499,90, obtido com o uso de 86,7 kg·ha^{-1} de N e 599,9 mm de água. Já para um nível de rendimento de 28.000 kg·ha^{-1} de melão, o custo mínimo seria de R$ 730,90, resultando em uma aplicação de 148,8 kg·ha^{-1} de N e 641,1 mm de água.

Tabela 10. Quantidade de água (L), em mm, e nitrogênio (N), em kg·ha^{-1}, que proporcionam combinações de custo mínimo (CTm), em R$·ha^{-1}, dos diferentes níveis de rendimento (Y), em kg·ha^{-1}, para uma relação de preços P_L/P_N = 11,00.

Rendimento (kg·ha^{-1})	N (kg·ha^{-1})	L (mm)	CTm (R$·ha^{-1})
16000	0	466,6	153,1
19000	17,8	552,8	243,8
22000	48,3	573,3	357,0
25000	86,7	599,2	499,9
28000	148,8	641,1	730,9

4.10. Maximização da receita liquida

Considerando não haver restrição de capital para a aquisição dos fatores água e N que conduziram a máxima receita liquida, as quantidades dos fatores foram obtidas ao se igualar o produto marginal da água com a relação entre o preço da água e o preço do melão (P_L/P_Y), e o produto marginal do N com a relação entre o preço do nitrogênio e o preço do melão (P_N/P_Y), respectivamente, conforme as equações a seguir:

$$\text{PMg N} = 111{,}1537 - 0{,}55823\text{N} = \frac{PN}{PY} \quad (26)$$

$$\text{PMg L} = 52{,}40174 - 0{,}07763\text{L} = \frac{PL}{PY} \quad (27)$$

Observa-se que para o mês de novembro de 2011, o preço da água foi 0,318 R$·mm^{-1}ha^{-1}, o do N 3,50 R$·kg^{-1} e o do melão 0,58 R$·kg^{-1}, e as quantidades de água e N para se obter a máxima receita líquida foram, respectivamente, 597,1 mm e 198,3 kg·ha^{-1}. Substituindo os referidos valores na função de produção, tem-se que a máxima receita líquida seria obtida com um rendimento de 28.517,5 kg·ha^{-1} de melão. Tendo em vista o custo de produção da cultura (R$ 10.440,00 por hectare), os custos fixos (R$ 969,50 por hectare), estimados pela equação 15 e os custos com água e N, que para a maximização da receita líquida seriam de R$ 883,40, a máxima receita líquida obtida para este rendimento seria de R$ 4.247,60 por hectare.

Caso haja restrição de capital para a aquisição de água e N, e se dispondo de apenas R$ 600,00 para se gastar com os referidos fatores, a máxima receita liquida seria de R$ 2.387,6 por hectare, onde para a obtenção desta receita seria necessário aplicar uma lâmina de água de 408,3 mm e uma dose de N de 134,4 $kg \cdot ha^{-1}$ obtendo um rendimento de 33.612,69 $kg \cdot ha^{-1}$ de melão.

4.11. Eficiência do uso da água

Na Tabela 11, são apresentados os valores médios de eficiência do uso da água pela cultura do melão em função das lâminas de água e doses de N. A análise de variância para referida variável resposta é apresentada na Tabela 12. A eficiência do uso da água foi influenciada significativamente ao nível de 0,001% e 0,02% de probabilidade pelos fatores água e N respectivamente. Entretanto para a interação entre os fatores não se mostrou significativa ao nível de 5%, podendo-se afirmar que a chance de se errar ao se afirmar que a variação da eficiência do uso da água foram causadas pela interação é de 20,06%.

A eficiência do uso da água variou com o incremento das doses de N até a dose 75 $kg \cdot ha^{-1}$, diminuindo com a dose de 150 $Kg \cdot ha^{-1}$ de N e aumentando novamente com a dose de 300 $Kg \cdot ha^{-1}$ de N. Observa-se também que a eficiência do uso da água para a maior dose de N aumenta em taxas menores. Tais fatos são explicados por Lopes (1989), que afirma que a prática da adubação aumenta a eficiência do uso da água desde que a cultura responda positivamente aos incrementos dos fatores.

Para o fator lâmina, a eficiência do uso da água apresentou efeito contrário ao da aplicação de N, havendo, neste caso, uma queda na eficiência com o aumento das lâminas de água. O maior valor da eficiência do uso da água (176,31 $kg \cdot ha^{-1} \cdot mm$) foi obtido com a dose de 75 $kg \cdot ha^{-1}$ de N, juntamente com a menor lâmina de água (125,75 mm). Isso mostra que, para esta condição, para se produzir um quilograma de melão, seriam necessários 56,7 litros de água. Já para a dose de N igual a 150 $kg \cdot ha^{-1}$ e uma lâmina aplicada de 534,64mm a EUA seria 62,12 $kg \cdot ha^{-1}.mm^{-1}$ o que corresponde a 156,3 L de água para a produção de um quilograma de melão. Buzzeti et al (1993) e Monteiro et al (2008), verificaram também a influência da adubação nitrogenada na cultura do melão amarelo e encontraram, na melhor das condições, que seria necessário a aplicação de 83 e 142 L de água, respectivamente, para a produção de um quilograma de melão. Tais consumos podem ser considerados baixos se

comparados a outras culturas, como, por exemplo, o arroz, que para produzir um quilograma de grão com casca necessita de 2000 L de água (EMBRAPA, 2005).

Tabela 11. Valores médios da eficiência do uso da água ($kg \cdot ha^{-1}.mm^{-1}$) em função das lâminas totais de água e doses de nitrogênio.

Lâminas		Doses de Nitrogênio ($kg \cdot ha^{-1}$)				Médias
	(mm)	N0	N1	N2	N3	
		0	**75**	**150**	**300**	
L1	**124,75**	93,57	176,31	145,11	161,34	**144,08**
L2	**249,5**	78,36	103,53	89,23	95,71	**91,71**
L3	**356,43**	62,20	79,87	79,54	71,15	**73,19**
L4	**534,64**	49,50	59,78	62,12	61,17	**58,14**
L5	**712,86**	27,39	0,01	40,03	49,02	**41,61**
Médias		**62,20**	**93,90**	**83,21**	**87,68**	

Tabela 12. Análise de variância para a eficiência do uso da água, em função das lâminas de água e doses de nitrogênio.

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	Prob. > F
Blocos	3	126,3690	42,1230	
Água(L)	4	99434,7462	24858,6865	0,00001
Resíduo A	12	12072,1061	1006,0088	
Parcelas	19			
Nitrogênio N	3	11374,0505	3791,3501	0,0002
Interação (LxN)	12	8174,2711	678,9392	0,2006
Resíduo B	45	21798,0401	484,4008	
TOTAL	79	152952,5833		

Para a determinação das equações de EUA realizou-se análise de regressão para os valores médios da eficiência do uso da água em função das lâminas de água e doses de N, respectivamente. A partir destas equações pode-se estimar o máximo valor da eficiência do uso da água em função das doses de N que foi de 93,28 $kg \cdot ha^{-1} \cdot mm^{-1}$, obtido com uma dose de N de 198,91 $kg \cdot ha^{-1}$. Para a EUA em função das lâminas de água o máximo valor de 138,58 $kg \cdot ha^{-1} \cdot mm^{-1}$, obtido com o emprego de uma lâmina de 124,75mm. Utilizando estes

valores na equação da função de produção, se obtém o rendimento estimado de 21.581 kg·ha^{-1} de melão.

Considerando as quantidades de água e N que maximizam a receita líquida, 597,1 mm e 198,3 kg·ha^{-1} respectivamente, e o seu rendimento estimado que proporciona a máxima receita liquida, 28.517,5 kg·ha^{-1} de melão, a eficiência ótima econômica do uso da água seria de 47,76 kg·ha^{-1}·mm^{-1}, ou seja, cada 47,76 kg.ha^{-1} de melão deverá ser produzido com a aplicação de um milímetro de água. Isso mostra que a máxima eficiência do uso da água nem sempre é a ótima do ponto de vista econômico.

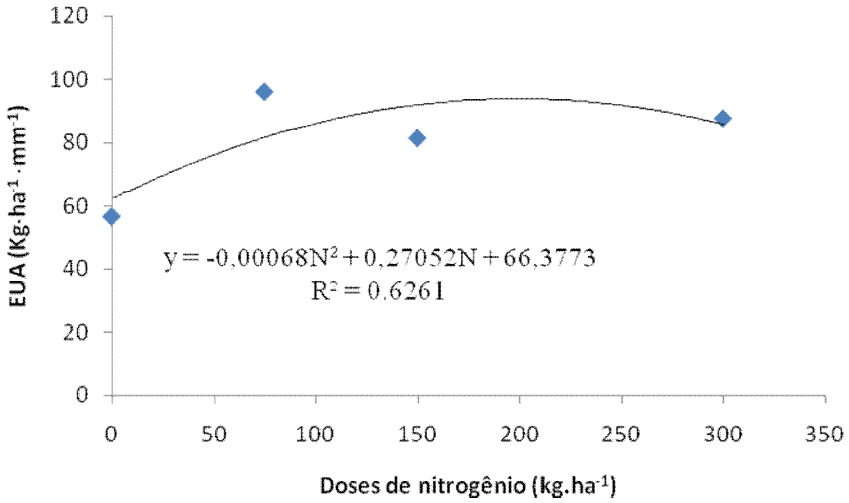

Figura 17. Eficiência do uso da água pelo melão em função das doses de nitrogênio.

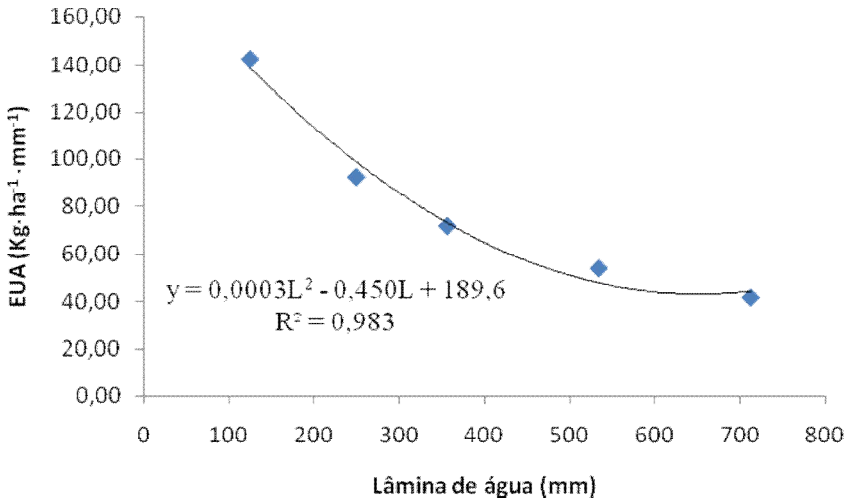

Figura 18. Eficiência do uso da água pelo melão em função das lâminas de água.

5. CONCLUSÕES

Considerando os resultados obtidos, nas condições do experimento, pode-se concluir que:

1 – A análise conjunta dos fatores de produção, água e nitrogênio, mostrou que tanto a água quanto o nitrogênio tiveram efeito significativo sobre o rendimento do melão, não tendo obtido interação significativa entre estes fatores;

2 – O rendimento máximo estimado do melão foi de 28.752,3 $kg \cdot ha^{-1}$, a ser obtido com o emprego de 675 mm de água e 199,1 $kg \cdot ha^{-1}$ de nitrogênio;

3 – A máxima receita líquida estimada de R$ 4.247,60 foi obtida com um nível de rendimento de 28.517,50 $kg \cdot ha^{-1}$ de melão, utilizando-se 597,1 mm de água e 198,3 $kg \cdot ha^{-1}$ de nitrogênio.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, J. V., **Determinação do consumo de água e da função de produção do caupi irrigado no Município de Bragança – Pará**. Fortaleza, 1989. 106 p. Dissertação (Mestrado em irrigação e drenagem) Universidade Federal do Ceará.

AGUIAR, J. V. **A função de produção na agricultura irrigada**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2005. 196 p.

ALLEN, R.G.; SMITH, M.; PEREIRA, L.S.; PRUIT, W.O. Proposed revision to the FAO procedure for estimating crop water requirements. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON IRRIGATION OF HORTICULTURTAL CROPS, 2, China, 1996. Proceedings. Leuven, ISHS, 1996. v. 1, p. 17-33.

ANDRADE, M. E. L.; **Crescimento e produção do meloeiro sob diferente lâminas de água e doses de nitrogênio e potássio**. 2006. 98f. (Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Universidade Federal do Semi-Árido, Mossoró, Rio Grande do Norte).

ARAÚJO W. F; OLIVEIRA G. A; CARVALHO F. K; SILVA W. M; CRUZ P. L. S; MACIEL F. C. S.. Manejo da irrigação do meloeiro com base na evaporação do tanque classe A. **Horticultura Brasileira** 28: 495-499. 2010.

BARROS, V. da S. **Função de produção do melão (*Cucumis melo* L.) aos níveis de água e adubação nitrogenada no Vale do Curu-CE**. 1999. 91f. (Dissertação de Mestrado em Irrigação e Drenagem, UFC, Fortaleza, Ceará).

BARROS, V. S.; COSTA, R. N. T.; AGUIAR, V. A.; Função de produção da cultura do melão para níveis de água e adubação nitrogenada no vale de Curu – CE. **Irriga**. Botucatu. v 7, n. 2, 2002.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Boletim Agrometeorológico do ano de 2008 para o município de Teresina, PI.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008, 37p. (Embrapa 397 Meio-Norte. Documentos, 181).

BATISTA P. F; PIRES M. M. M. L.; SANTOS J. S.; QUEIROZ S. O. P.; ARAGÃO C. A.; DANTAS B. F. Produção e qualidade de frutos de melão submetidos a dois sistemas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n.2, P. 246-250, abr.-jun. 2009.

BEGG, J. E. e TURNER, N. C. Crop water deficits. Advances in Agronomy, 28: 161-217. 1976.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. Viçosa: Editora UFV. 8a edição,. 2006. 265 p.

BLANCO, F. F.; CARDOSO, M. J.; FREIRE FILLHO, F. R.; VELOSO, M. E. C.; NOGUEIRA, C. C. P.; DIAS, N. S. Milho verde de feijão-caupi em consórcio sob diferentes lâminas de irrigação e doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**., Brasília, v 46, n 5, p 524 – 530, maio de 2011.

BUZZETI, S.; HERNANDEZ, F. B. T.; SÁ, M. E.; SUZUKI, M. A. Influência da adubação nitrogenada e potassica na eficiência do uso da água e na qualidade de frutos de melão. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 50, n. 2, p. 419-426, out./dez., 1993.

CARMELLO Q. A. C. 1999. **Curso de nutrição/ fertirrigação na irrigação localizada**. Piracicaba: ESALQ, 59 p. (Apostila)

CAVALCANTE, R. R. R. **Diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio na produção de pimentão**. 2008. 53f. (Dissertação de Mestrado em Irrigação e Drenagem, UFC, Fortaleza, Ceará). Ceres, 322p. 1985.

CHAVES, M. M.; MAROCO, J. P.; PEREIRA, J.S. Understanding plant responses to drought 404 –from the genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, v.30, p. 239-264, 2003.

COSTA F. A; MEDEIROS J. F; NEGREIROS M. Z; BEZERRA NETO F; PORTO D. R. Q.; CHAVES S. W.; DANTAS K. N. 2002. Rendimento de melão Cantaloupe em diferentes coberturas de solo e lâminas de irrigação. **Caatinga** 15: 49-55.

COSTA, M. da C**. Efeitos de diferentes lâminas de água com dois níveis de salinidade na cultura do meloeiro**. 1999. 115f. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

CRISÓSTOMO, L. A.; SANTOS, A. A.; RAIJ, B. V.; 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 Culturais para o Meloeiro no Nordeste. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 21p. (**Circular técnica**).

DOGAN E; KIRNAK E. H.; BEREKATOGLU E. K.; BILGEL E. L.; SURUCU E. A. 2008. Water stress imposed on muskmelon (Cucumis melo L.) with subsurface and surface drip irrigation systems under semi-arid climatic conditions. **Irrigation Science** 26: 131-138.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução de H. R. Gheyi, A. A. de Souza, F. A.V. Damasco, J. F. de Medeiros. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Necessidades hídricas das culturas**. Tradução de GHEYI, H. et al. Campina Grande: UFPB, 1997. 204 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 24).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. **Cultura do arroz irrigado no Brasil**: Manejo da água em arroz irrigado. Sistema de produção, 3. Versão eletrônica nov. 2005. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap10.htm. Acessado em jan, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

FAGERIA, N. K. et al. **Maximização da eficiência de produção das culturas**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Embrapa Arroz e Feijão, 999. 294p.

FARIA, C.M.B. de; COSTA, N. D.; PINTO, J. M.; BRITO, L. T.; SOARES, J. M. Níveis de nitrogênio por fertirrigação e dednsidade de plantio na cultura do melão em um vertissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V 35, n. 3, p. 491- 495, 2000.

FAO. **Agricultural production, primary crops**. 2009.Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 19 jul. 2011.

FAO. **Report on the expert consultation on revision of FAO: Methodologies for crop water requirements**. M. Smith (Coord.).Rome. 1991.45 p.

FARIA, C. M. B.; COSTA, N. D.; PINTO, J. M.; BRITO, L. T. L.; SOARES, J. M. Níveis de nitrogênio por fertirrigação e densidade de plantio na cultura do melão em um Vertissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 491-495, 2000.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2003. 402p.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2005. 519 p.

FRIZZONE, J. A. **Funções de resposta das culturas à irrigação**. Piracicaba: ESALQ/USP. 1993. 42p. (Série Didática, 6).

FRIZZONE, J. A. **Funções de resposta do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação**. Piracicaba, 133p. Tese (Doutorado em Agronômia, área de concentração em solos e nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. USP. 1986.

HEXEM, R. W.; HEADY, E. O. **Water production functions for irrigated agriculture**. Ames, Iowa: The Iowa University Press, 215p. 1978.

HOWELL, T. A.; CUENCA, R. H.; SOLOMON, K. H. Crop yield response. In: HOFFMAN, G. J.; HOWELL, T. A.; SOLOMON, K. H. (Ed.). Management of farm irrigation of agricultural systems. St. Joseph: **American Society of Agricultural Engineers**, 1992. p. 93-122.

HUETT DO; DETTMANN EB. 1991. Nitrogen response surface models of zucchini squash, head lettuce and potato. **Plant and Soil**. 134: 243-254.

IBGE. Produção agrícola municipal. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 18 jul. 2011.

KLAR AE. 1988. **A água no sistema solo-planta atmosfera**. 2ª ed. São Paulo: Nobel.

KOETZ M; COELHOG; CARVALHO JA; SOUZA RJ; SILVA RA. 2006. Produção do meloeiro em ambiente protegido irrigado com diferentes lâminas de água. **Irriga** 11: 500-506.

LEFTWICH, P. H. **O sistema de preços e a alocação de recursos**. São Paulo: Pioneira, 1976. 399p.

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo. Traduzido e adaptado do original**: Soil fertility manual. Potash Phosphate Institute, 1978. São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989. 153p.

MALLICK, M. F .R.; MASSUI, M. Origin, distribution and taxonomy of melons. **Cientia Horticulturae**, Amsterdam, v.28, p.251-261, 1986.

MAROUELLI, W. A.; MEDEIROS; J. F.; SILVA, H. R.; PINTO, J. M.; SILVA, W. L. C. Irrigação e fertirrigação do meloeiro por gotejamento. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001. 28p. (**Circular Técnica, 25**).

MAROUELLI, W. A. E SILVA, W. L. C. **Tensões-limite de água no solo para o cultivo do tomateiro para processamento irrigado por gotejamento**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 17p., (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Hortaliças , 37), 2008.

MARR, C. **Cucumbers e melons**. Kansas: Kansas State University-Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, 1994. 2p.

MASON, D. D. Functional models and experimental designs for characterizing response curves and surfaces. In: Baum, E. L., Head, E. O., Blackmore, J. Methodological Procedures in the economic analysis of use of fertilizer data. Iowa State Univ. Press Ames. IA, 1956.

MIRANDA, F. R. de; 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**, v.18, n.4, p.63-70, 1999.

MONTE, J. A. **Manejo de irrigação na cultura do tomateiro em campo, na região de Seropédica-RJ**. 43p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2007.

MONTEIRO, R. O. C. **Função de resposta da cultura do meloeiro aos níveis de água e adubação nitrogenada no vale do Curu, CE**. 2004 . 93f. (Dissertação de Mestrado em Irrigação e Drenagem, UFC, Fortaleza, Ceará).

MONTEIRO R. O. C.; COLARES D. S.; COSTA R. N. T.; LEÃO M. C. S.; AGUIAR J. V. 2006b. Função de resposta do meloeiro a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira** 24: 455-459.

MONTEIRO, R. O. C.; COSTA, R. N. T.; LEÃO, M. C. S.; AGUIAR, J. V. Aspectos econômicos da produção de melão submetidos a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 3, p. 364 – 376. julho – setembro, 2007.

MONTEIRO, R. O. C.; COSTA, R. N. T.; LEÃO, M. C. S.; AGUIRAR, J. V. Eficiência do uso da água e nitrogênio na produção de melão. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 3, p. 367 – 377, julho – setembro, 2008.

MONTEIRO, R. O. C.; COSTA, R. N. T.; FIGUEIREDO, R. W. de; SILVA, L. A. Produtividade e qualidade do meloeiro submetido a irrigação e adubação nitrogenada. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 85, n. 3, p. 256-264, dez. 2010.

MOUSINHO, F. E. P. **Função de resposta da melancia à aplicação de água e adubo nitrogenado para as condições edafoclimáticas de Fortaleza**, CE. 2002. 61f. (Dissertação de Mestrado em Irrigação e Drenagem, UFC, Fortaleza, Ceará).

MOUSINHO, F. E. P.; COSTA, R. N. T.; SOUSA, F.; FILHO; R. R. G. Função de resposta da melancia à aplicação de água e nitrogênio para as condições edafoclimáticas de Fortaleza, CE. **Irriga**, Botucatu, v. 08, n. 03, p. 264 – 272, set – dez 2003.

NETO F. C; GUERRA H. O. C; CHAVES L. H. G. Natureza e parcelamento de nitrogênio na produção e qualidade dos frutos do meloeiro. **Caatinga** 19: 153-160. 2006.

OLIVEIRA NETO, D. H., **Necessidade hídrica, função de resposta e qualidade da beterraba (Beta vulgaris L.), sob diferentes lâminas de irrigação e coberturas do solo em sistema orgânico de cultivo.** RJ. 2009. 61f. (Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, UFRRJ, Soropédica, Rio de Janeiro).

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

PIMENTEL, A. M. P. **Olericultura no trópico úmido**: hortaliças na Amazônia. São Paulo, Ceres, 322p. 1985.

PRABHAKAR, B. S.; SRINIVAS, K.; SHUKLA, V. Yield and quality of muskmelon (cv. Hara madhu) in relation to spacing and fertilization. Progerssive Horticulture, Uttar Pradesh, v. 17, n. 1, p. 51-55, 1985.

PUIATTI, M.; FINGER, F. L. **Fatores climáticos**. In: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. P. Olericultura – teoria e prática. Jaboticabal: Potafos. 2005. Cap 2.

QUEIROGA R. C. F; PUIATTI M; FONTES P. C. R; CECON P. R; FINGER F. L. 2007. Influência de doses de nitrogênio na produtividade e qualidade do melão Cantalupensis sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira** 25: 550-556.

REICHARDT, K. **A água na produção agrícola**. São Paulo: McGraw-hill do Brasil, 1978.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5. Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. de A.; FAQUIN, V.; QUEIROZ, T. M. de. Produção do pimentão (Capsicum annuum L.) irrigado sob diferentes tensões de água no solo e doses de cálcio. **Ciência e Agrotecnologia,** v. 28, n. 6, p. 1385-1391, 2004.

SILVA, H. R. & COSTA, N. D. Melão: produção, Aspectos técnicos. Brasília: **Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia**, 2003. 144p. (Série Frutas do Brasil, 33).

SILVA, L. C.; RAO, T. V. R. Avaliação de métodos para estimativa de coeficientes da /cultura de amendoim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.128-131, 2006.

SILVA, P. A. M.; PEREIRA G. M.; REIS, R. P.; LIMA, L. A.; TAVEIRA, J. H. S. Função de resposta da alface americana aos níveis de água e adubação nitrogenada**. Ciência e Agrotecnologia**., Lavras, v. 32, n. 4, p. 1266-1271, jul./ago., 2008**.**

SOARES, J. I.; COSTA, R. N. T.; SILVA, L. A. C.; GONDIM, R. S. Função de resposta da melancia aos níveis de água e adubação nitrogenada, no Vale do Curu, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 219-224, jul./ago. 2002.

SOUSA A. E. C., BEZERRA F. M. L., SOUSA C. H. C. Produtividade do meloeiro sob lâmina de irrigação e adubação Potássica. **Engenharia Agrícola.** Jaboticabal, v.30, n.2, p.271-278, mar./abr. 2010**.**

SOUSA, V. F. de.; COELHO, E. F.; SOUZA, V. A. B. Freqüência de irrigação no meloeiro cultivado em solo arenoso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 659 - 664, abr. 1999.

SOUSA, V. F. de.; COELHO, E. F.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de.; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J. A. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes freqüências de

irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.183-188, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.il.

TEOFILO, T. M. S.; **Interferência de plantas daninhas no crescimento e na eficiência de uso da água na cultura do meloeiro nos sistemas de plantio direto e convencional**. 2009. 81f. (Dissertação de Mestrado em Mestrado em Fitotecnia: Área de concentração em Agricultura Tropical, Universidade Federal do Semi-Árido, Mossoró, Rio Grande do Norte).

UCCC-University of California Committee of Consultants. Guidelines for interpretation of water quality for agriculture. Davis: University of California, 1974. 13p. Documento.

VALERO, J. A de J; MANÂS, F. J. M de S. **Agronomia del riego**. Madrid. Ed Mundi. 1993. 732 P.

VAUX, H. J. et al. **Optimization of water use with respect to crop production**. Resources and environmental economics and public policy group. Working paper series, University of California. 1981.

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

7. ANEXOS

Anexo 1. Rendimento do melão ($kg \cdot ha^{-1}$) em função das lâminas de água (mm) e doses de nitrogênio ($kg \cdot ha^{-1}$).

		Blocos			
Lâminas	Nitrogênio	1	2	3	4
L1	N0	9211	9851	8949	18683
	N1	18456	18419	23497	27605
	N2	17412	18984	14032	18981
	N3	11853	22979	27291	18388
L2	N0	23192	14467	15784	24760
	N1	44883	32989	7949	25523
	N2	24571	25137	14133	20209
	N3	26160	24664	25741	18957
L3	N0	32336	17852	14416	16079
	N1	26403	27947	33197	26319
	N2	25307	37341	37425	13327
	N3	29877	24749	23296	23524
L4	N0	22019	7824	3453	32556
	N1	41872	28725	28605	28647
	N2	36259	34739	37600	28256
	N3	36629	42693	20205	31291
L5	N0	15579	16056	24111	14348
	N1	38949	37931	37188	37324
	N2	7288	28949	50893	27020
	N3	32631	30827	41277	35036

Anexo 2 A. Lâminas de água economicamente ótima e seus respectivos rendimentos em função da relação entre o preço da água e do melão.

Doses de nitrogênio (kg·ha^{-1})				
	0		150	
$P_L P_M^{-1}$	Lâmina ótima (mm)	Rendimento (kg·ha^{-1})	Lâmina ótima (mm)	Rendimento (kg·ha^{-1})
0,2	468,21	19.934,22	552,44	31.967,51
0,3	467,32	19.934,00	551,88	31.967,37
0,4	466,43	19.933,69	551,31	31.967,17
0,5	465,54	19.933,28	550,74	31.966,92
0,6	464,64	19.932,79	550,17	31.966,60
0,7	463,75	19.932,21	549,60	31.966,24
0,8	462,86	19.931,54	549,03	31.965,81
0,9	461,96	19.930,78	548,47	31.965,33
1,0	461,07	19.929,94	547,90	31.964,79
1,1	460,18	19.929,00	547,33	31.964,19
1,2	459,29	19.927,97	546,76	31.963,54
1,3	458,39	19.926,86	546,19	31.962,83
1,4	457,50	19.925,65	545,63	31.962,06
1,5	456,61	19.924,36	545,06	31.961,24
1,6	455,71	19.922,97	544,49	31.960,35

Anexo 2 B - Lâminas de água economicamente ótima

Doses de N (kg.ha^{-1})	Equações ajustadas	r²
0	$Y = -0{,}105L^2 + 102{,}9L + 222{,}9$	0,559
75	$Y = -0{,}009L^2 + 31{,}29L + 18.411$	0,959
150	$Y = -0{,}082L^2 + 89{,}98L + 6.970$	0,905
300	$Y = -0{,}008L^2 + 33{,}69L + 15.813$	0,974

Anexo 3 A - Doses de nitrogênio economicamente ótimas e seus respectivos rendimentos em função da relação de preço entre o preço do nitrogênio (PN) e o preço do melão (PY).

	Lâminas de água (mm)									
	L1		L2		L3		L4		L5	
PN /Pm	Dose ótima	Rendimento	Dose ótima	Rendimento	Dose ótima	Rendimento	Dose ótima	Rendimento	Dose ótima	Rendimento
	(mm)	(kg.ha^{-1})	(mm)	(kg.ha^{-1})	(mm)	(kg.ha^{-1})	(mm)	(kg.ha^{-1})	(mm)	(kg.ha^{-1})
2	204,3	21.108,0	177,6	24.526,8	171,7	29.762,5	198,4	37.301,1	213,86	36.242,45
3	201,5	21.101,0	172,3	24.513,3	170,0	29.758,2	197,4	37.298,5	212,35	36.238,68
4	198,7	21.091,3	166,9	24.494,5	168,3	29.752,2	196,4	37.295,0	210,84	36.233,41
5	195,9	21.078,7	161,5	24.470,3	166,6	29.744,5	195,4	37.290,5	209,34	36.226,63
6	193,2	21.063,3	156,1	24.440,8	164,8	29.735,2	194,4	37.284,9	207,83	36.218,35
7	190,4	21.045,2	150,8	24.405,8	163,1	29.724,1	193,3	37.278,4	206,33	36.208,56
8	187,6	21.024,2	145,4	24.365,5	161,4	29.711,3	192,3	37.270,8	204,82	36.197,27
9	184,8	21.000,5	140,0	24.319,8	159,7	29.696,8	191,3	37.262,3	203,31	36.184,46
10	182,0	20.973,9	134,6	24.268,7	158,0	29.680,6	190,3	37.252,7	201,81	36.170,16
11	179,2	20.944,6	129,2	24.212,3	156,3	29.662,6	189,3	37.242,1	200,30	36.154,34
12	176,4	20.912,5	123,9	24.150,4	154,6	29.643,0	188,3	37.230,5	198,80	36.137,02
13	173,6	20.877,6	118,5	24.083,2	152,9	29.621,7	187,3	37.217,9	197,29	36.118,20
14	170,8	20.839,9	113,1	24.010,7	151,2	29.598,6	186,3	37.204,3	195,78	36.097,87
15	168,0	20.799,4	107,7	23.932,7	149,5	29.573,9	185,3	37.189,7	194,28	36.076,03
16	165,2	20.756,1	102,4	23.849,4	147,8	29.547,4	184,3	37.174,0	192,77	36.052,69
17	162,4	20.710,0	97,0	23.760,7	146,1	29.519,3	183,3	37.157,4	191,27	36.027,84
18	159,6	20.661,1	91,6	23.666,6	144,4	29.489,4	182,3	37.139,8	189,76	36.001,48
19	156,8	20.609,4	86,2	23.567,1	142,7	29.457,9	181,3	37.121,1	188,25	35.973,62

Anexo 3B - Doses de N economicamente ótimas

Lâminas de água (mm)	Equações ajustadas	R²
124,75	Y = -0,203N² + 82,93N+ 13.104	0,514
249,50	Y = -0,101N² + 40,31N+ 20.596	0,13
356,43	Y = -0,237N² + 79,74N+ 22.620	0,89
534,64	Y = -0,189N² + 76,52N + 26.688	0,95
712,86	Y = -0,243N² + 113,3N + 22.031	0,515

Anexo 4 - Eficiência do uso da água ($kg.ha^{-1}.mm^{-1}$) em função das lâminas de água (mm) e das doses de nitrogênio ($kg.ha^{-1}$).

		Blocos			
Lâminas	Nitrogênio	1	2	3	4
L1	N0	73,833	78,96326	71,73814	149,7609
	N1	147,9439	147,6446	188,3554	221,2852
	N2	139,5752	152,1764	112,481	152,155
	N3	95,0167	184,1977	218,7629	147,3988
L2	N0	92,95391	57,98263	63,26253	99,23848
	N1	179,8904	132,2218	31,86106	102,2953
	N2	98,47963	100,7508	56,64663	80,99933
	N3	104,8497	98,85371	103,1717	75,9813
L3	N0	90,72188	50,08557	40,44553	45,11031
	N1	74,07532	78,40717	93,13844	73,83965
	N2	71,00038	104,7648	105,0005	37,3893
	N3	83,82385	69,43673	65,35926	65,99893
L4	N0	41,1841	14,63415	6,459175	60,89331
	N1	78,31812	53,72837	53,50392	53,58123
	N2	67,81884	64,97581	70,3277	52,85052
	N3	68,51215	79,85436	37,79241	58,52661
L5	N0	21,85375	22,52336	33,82244	20,12737
	N1	54,63812	53,20914	52,16733	52,35811
	N2	10,22361	40,61012	71,39317	37,90366
	N3	45,7743	43,24365	57,90384	49,1485