

ASPECTOS ECONÔMICOS DA PRODUÇÃO DE MELÃO SUBMETIDO A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO

Rodrigo Otávio Câmara Monteiro¹; Raimundo Nonato Távora Costa²; Moisés Custódio Saraiva Leão²; José Vanglésio de Aguiar³

¹Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, rocamara@esalq.usp.br

²Departamento de Engenharia Agrícola, CCA, Universidade Federal do Ceara, Fortaleza, CE

³Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

1 RESUMO

O lucro constitui o principal objetivo da empresa agrícola, portanto, o uso racional dos recursos disponíveis no processo de produção de forma a se obterem os mais altos níveis de rendimento econômico deve ser considerado. Água e nitrogênio merecem atenção especial dentre os fatores de produção, haja visto suas participações no custo total da cultura. O objetivo deste trabalho foi trazer informações de ordem econômica da produção do melão a níveis de água e nitrogênio em Pentecoste, CE, de setembro a dezembro de 2002. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso no esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos constituíram-se da combinação entre quatro lâminas de irrigação ($W_1=232,7$; $W_2=334,7$; $W_3=422,1$; $W_4=567,8$ mm) e quatro níveis de adubação nitrogenada ($N_0=0$; $N_1=75$; $N_2=150$; $N_3=300$ kg.ha⁻¹), com quatro repetições. A máxima receita líquida estimada de R\$ 3.353,24 foi obtida com um nível de rendimento de 25.384,3 kg.ha⁻¹ de melão, utilizando-se 609,2 mm de água e 186,2 kg.ha⁻¹ de nitrogênio. Para obtenção do custo total mínimo de níveis de rendimento abaixo de 22.000,00 kg.ha⁻¹, foi recomendado apenas o insumo água no sistema de produção, em face do alto valor unitário do nitrogênio em relação à água.

UNITERMOS: *Cucumis melo* L., água, nitrogênio, economia.

MONTEIRO, R. O. C.; COSTA, R. N. T.; LEÃO, M. C. S.; AGUIAR, J. V. de.
ECONOMIC ASPECTS OF A MELON PRODUCTION UNDER DIFFERENT WATER AND NITROGEN LEVELS

2 ABSTRACT

The main objective of a rural company is profit, therefore the rational use of the available resources in the production system to reach high levels of economic income must be considered. Water and nitrogen deserve special attention among the production factors because their participation in the production total cost. The objective of this work was to supply economic information of a melon production under different water and nitrogen levels in Pentecoste, Ceara State, Brazil, from September to December 2002. The statistical design was completely randomized blocks in split-plots. The main treatments were four water depths ($W_1=232.7$; $W_2=334.7$; $W_3=422.1$; $W_4=567.8$ mm) with four levels of nitrogen ($N_0=0$; $N_1=75$; $N_2=150$; $N_3=300$ kg ha⁻¹). The largest economic result was R\$

3,353.24 ha⁻¹, obtained with 609.2 mm of water and 186.2 kg ha⁻¹ of nitrogen, providing a yield of 25,384.3 kg ha⁻¹. To obtain minimum total cost of productivities below 22,000.00 kg ha⁻¹, only water factor in the production system was recommended, due to high unit value of nitrogen against water.

KEYWORDS: *Cucumis melo* L., water and nitrogen economic level, water optimization

3 INTRODUÇÃO

O melão posiciona-se como a oitava fruta mais produzida no mundo, 21,7 milhões de toneladas em 2002 e está entre as dez mais exportadas, com mercado internacional estimado em mais de 1,6 milhões de toneladas por ano (FAO, 2003).

No mercado nacional, representa uma das espécies olerícolas de maior expressão econômica, atingindo 15,8% das exportações brasileiras de frutas frescas em 2002, o que credencia ao país o 6º lugar em volume de exportações de melão no mundo, respondendo por 7% do total das negociações. As exportações de melão tiveram um crescimento de 116% nos últimos cinco anos, passando de 45,7 mil toneladas em 1997 para 98,74 mil toneladas em 2002, correspondendo a US\$ 37,8 milhões (Agrianual, 2003).

O lucro constitui o principal objetivo da empresa agrícola, portanto, o uso racional dos recursos disponíveis no processo de produção de forma a se obterem os mais altos níveis de rendimento econômico deve ser considerado. Dentre os fatores de produção do melão, a água e o nitrogênio merecem destaque especial não só pelo custo de produção que representam, mas, sobretudo, devido à necessidade de se utilizar a água e o nitrogênio de modo eficiente, permitindo, assim, a sustentabilidade hídrica e edáfica da região, a obtenção de hortaliças e de frutos de boa qualidade, que atendam às exigências dos mercados consumidores (Pinto et al., 1996). Portanto, o uso de indicadores econômicos na resposta das culturas constituem fontes valiosas de informações a serem utilizadas nos modelos de tomada de decisão, permitindo a otimização econômica do sistema de produção.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 26 de setembro a 18 de dezembro de 2002 em uma área de 40 m x 34 m na fazenda experimental Vale do Curu, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, localizada no município de Pentecoste-CE, geograficamente situada entre os paralelos 3º 45' e 4º 00' de latitude Sul e os meridianos 39º 15' e 39º 30' de longitude Oeste, a uma altitude de 47 metros. Durante a execução do experimento não houve precipitação. A temperatura média foi de 27,5 °C, a umidade relativa média do ar de 65,5 % e a insolação de 777 horas.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso no esquema de parcelas subdivididas ("split-plot"), com quatro repetições. Os tratamentos consistiram da combinação de quatro níveis de irrigação e quatro doses de adubação nitrogenada. Os níveis de irrigação (W₁, W₂, W₃, W₄) corresponderam, respectivamente, a lâminas equivalentes a 0,35; 0,7; 1,0 e 1,5 vezes a evaporação diária do tanque Classe "A", e as doses de nitrogênio (N₀, N₁, N₂, N₃) foram de 0; 75; 150 e 300 kg.ha⁻¹, respectivamente. O

material biológico utilizado foi semente certificada de melão (*Cucumis melo* L.), híbrido AF 646.

Utilizou-se um sistema de irrigação localizado do tipo gotejamento, com uma linha lateral por fileira de plantas. O sistema era composto de 18 linhas laterais de polietileno de 40,0 m de comprimento e diâmetro nominal de 16 mm, tendo no final da linha de derivação um “cavalete” com quatro registros para controle das lâminas de água aplicadas nas parcelas que recebiam os tratamentos. Utilizou-se gotejadores autocompensantes de 3,75 L h⁻¹ de vazão a uma pressão de serviço de 0,2 MPa instalados sobre a linha lateral e espaçados 0,5 m.

A área do experimento apresenta solo classificado como Neossolo, com relevo plano. Sua textura é franco-arenosa para a camada de 0 a 0,30 m, com as seguintes características físico-químicas: Areia grossa=18 %; Areia fina=55 %; Silte=21 %; Argila=6 % (classe textural franco arenosa); Densidade global do solo=1,4 g.m⁻³; Condutividade elétrica (CE)=0,72 dS.m⁻¹; Umidade na capacidade de campo=11,2 %; Umidade no ponto de murcha permanente=4,4 %; pH=6,6; P=140 mg.dm⁻³; K=347 mg.dm⁻³; Ca + Mg=9,9 cmolc.dm⁻³; Ca=5,8 cmolc.dm⁻³; Mg=4,1 cmolc.dm⁻³; Al=0,0 cmolc.dm⁻³; Na=34 mg.dm⁻³.

Foi aplicada uma dose de 120 Kg.ha⁻¹ de fósforo totalmente no plantio, utilizando-se como fonte o superfosfato simples. Já a quantidade de potássio de 120 Kg.ha⁻¹ foi dividida em três doses, sendo aplicado 1/3 do cloreto de potássio no plantio e o restante em duas doses iguais via água de irrigação. A adubação nitrogenada variou de acordo com os tratamentos, sendo feita 1/5 no plantio e o restante em quatro doses, aos 10, 20, 30 e 40 dias após a emergência das plântulas, utilizando como fonte de nitrogênio o sulfato de amônio.

A partir da função de produção obtida pelo programa computacional SAS SYSTEM determinaram-se as isoquantas ou curvas de isoproduto, mostrando-se os dados de lâminas de água e das doses de nitrogênio, em função dos rendimentos previamente fixadas, em um gráfico de duas dimensões.

O produto físico marginal foi obtido através da derivada primeira da função de produção, em relação ao fator considerado. Ele representa o incremento no rendimento ao se adicionar uma unidade a mais do fator considerado, como mostra a Equação 1:

$$PMg(f) = \frac{\partial Y}{\partial f} \quad (1)$$

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.

A região de produção racional mostra as diversas combinações dos fatores e das respectivas produtividades onde a atividade é economicamente viável. Esta região foi obtida da análise das curvas de isoprodutos e correspondem às partes das curvas onde os fatores se comportam como substitutos, estando situada entre as duas linhas de fronteiras. As linhas de fronteiras são linhas que ligam pontos em que a inclinação da isoquanta é nula ou infinita.

No presente trabalho, o custo de produção da cultura do melão de R\$ 5.400,00 ha⁻¹, bem como o preço do melão de R\$ 0,40 kg⁻¹ e o preço do nitrogênio de R\$ 2,33 kg⁻¹ fornecidos pelo Agriannual (2003), foram utilizados para a realização da análise econômico-financeira. O custo da água (R\$.mm⁻¹) foi considerado como igual ao valor da tarifa de energia elétrica, tendo em vista que os custos de aplicação estão incluídos nos custos de produção da cultura, conforme sugere Frizzone et al. (1994). Portanto, o preço do milímetro de água aplicado (R\$.mm⁻¹) foi obtido dividindo-se o valor do custo de energia elétrica (R\$) pela lâmina de água aplicada no período, em milímetro.

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 2cv, o custo de demanda foi nulo, sendo a tarifa de energia composta apenas pelo custo do consumo de energia elétrica, estimado em base a Equação 2:

$$CE = 0,7457 \times Pot \times Tf \times P(Kwh) \quad (2)$$

sendo:

CE - custo da energia elétrica durante o ciclo da cultura, R\$;

0,7457 - fator de conversão de cv para Kw;

Pot - potência do motor, em cv;

Tf - tempo de funcionamento do sistema necessário para repor a lâmina de irrigação, em horas, considerando uma área irrigada de 1 ha;

PKwh - preço do Kwh, R\$.

O preço do Kwh foi obtido junto a COELCE (Companhia Energética do Ceará) 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\$ 0,20, sendo este valor atualizado para o mês de dezembro de 2002 de acordo com o Índice Geral de Preços da Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Os custos fixos relativos ao cultivo do melão irrigado foram estimados com base no princípio de recuperação de capital, onde 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 Equação 3:

$$CF = I_o \times FRC \quad (3)$$

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 é estimado pela Equação 4:

$$FRC = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (4)$$

sendo:

i - 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 1 ha, a aquisição de 1 ha de terra nua e a construção da casa do conjunto motobomba. O valor do investimento foi de R\$ 5.000,00, sendo R\$ 3.500,00 referente ao preço do sistema de irrigação, R\$ 1.000,00 referente ao preço da terra e R\$ 500,00 correspondente à casa do conjunto motobomba. A taxa real anual de juros foi de 12% ao ano, normalmente adotada em projetos de financiamento agropecuários no Nordeste, considerando-se ainda, que os equipamentos teriam uma vida útil de 10 anos, sendo zero o seu valor residual ao final de sua vida útil.

A combinação da lâmina de água e dose de nitrogênio a aplicar as quais proporcionam o menor custo, para um determinado nível de rendimento, é aquela em que a reta do isocusto ($C=W \cdot PW + N \cdot PN$), ao se fazer $W=f(N)$ tem-se $dW/dN = (C/PW) - (PN/PW) \cdot N$ 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 apresentada na Equação 5.

$$TMS_{W/N} = \left| -\frac{P_N}{P_W} \right| \quad (5)$$

sendo:

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

PW - preço da água, R\$ 0,134 mm⁻¹;

PN - preço do nitrogênio, R\$ 2,33 kg⁻¹;

Pn/PI - inclinação do isocusto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Lâmina de água economicamente ótima

Conforme a análise de variância e de regressão, o efeito das lâminas totais de água sobre o rendimento do melão foi melhor explicado pelo modelo linear, tendo em vista que apesar de obter um coeficiente de determinação (0,9722) inferior ao obtido no modelo quadrático (0,9999), o comportamento do rendimento em função das lâminas de água é explicado pelo modelo linear em nível de significância de 0,027% contra 30,31% do modelo quadrático. Portanto, adotou-se nesta análise o modelo linear para explicar a

variação do rendimento do melão em função das lâminas de água (Figura 1) e, por este motivo, tornou-se impraticável estimar a lâmina de água economicamente ótima, para cada dose de nitrogênio.

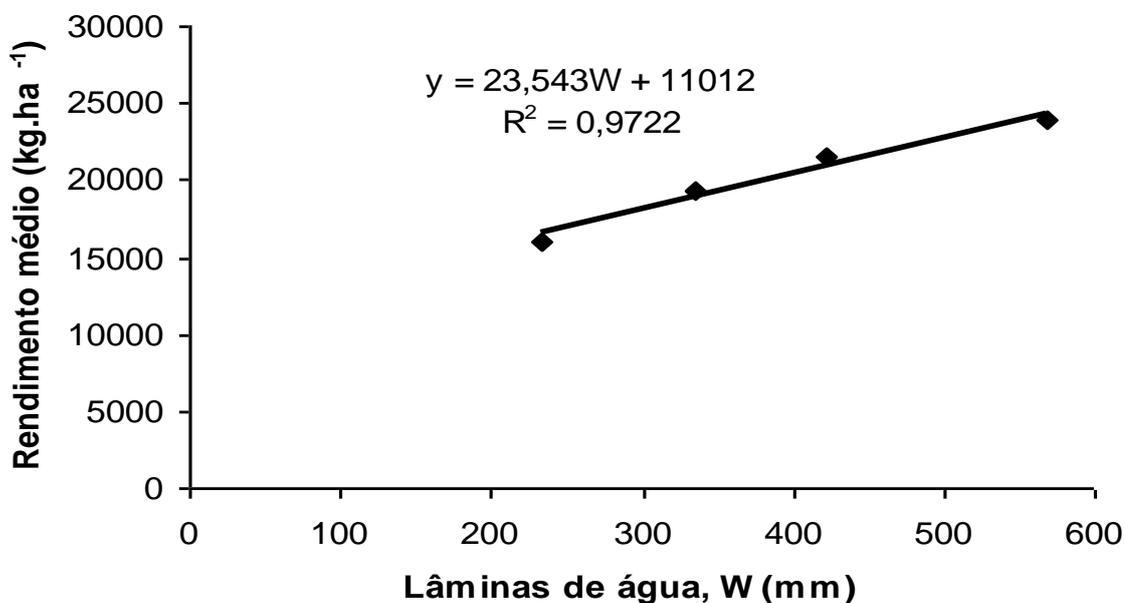


Figura 1. Rendimento médio do melão em função das lâminas de água

4.2 Dose de nitrogênio economicamente ótima

As equações apresentadas na Tabela 1, melhor ajustadas no modelo polinomial de segundo grau, expressam o comportamento do rendimento do melão em função das doses de nitrogênio, para cada lâmina total de água. As referidas equações foram obtidas através de uma análise de regressão e têm como variável independente a dose de nitrogênio (N), em kg.ha^{-1} , e como variável dependente o rendimento do melão (Y), em kg.ha^{-1} .

As equações dos produtos físicos marginais do nitrogênio para as lâminas de água de 232,7; 334,7; 422,1 e 567,8 mm foram obtidas derivando-se as equações do rendimento (Y) em função das doses de nitrogênio N, para cada nível desse fator, conforme as Equações 6, 7, 8 e 9.

Tabela 1. Equações ajustadas do rendimento em função do nitrogênio, para cada lâmina de água

Lâmina de água (mm)	Equação ajustada	Coefficiente de determinação (r^2)
232,7	$Y = -0,036 N^2 + 10,971 N + 15603$	0,9845
334,7	$Y = -0,1433 N^2 + 58,86 N + 15749$	0,8262
422,1	$Y = -0,0366 N^2 + 28,071 N + 18955$	0,7345
567,8	$Y = -0,0784 N^2 + 34,657 N + 21695$	0,6734

$$\frac{dY}{dN} = -0,072N + 10,971 = \frac{P_N}{P_Y} \quad (6)$$

$$\frac{dY}{dN} = -0,2866N + 58,86 = \frac{P_N}{P_Y} \quad (7)$$

$$\frac{dY}{dN} = -0,0732N + 28,071 = \frac{P_N}{P_Y} \quad (8)$$

$$\frac{dY}{dN} = -0,1568N + 34,657 = \frac{P_N}{P_Y} \quad (9)$$

A partir destas equações, obtiveram-se os produtos físicos marginais do nitrogênio para cada uma das lâminas de água aplicada (Tabela 2).

Tabela 2. Produto físico marginal do nitrogênio para as diferentes doses de nitrogênio, correspondentes a cada lâmina total de água

Doses de Nitrogênio (kg ha ⁻¹)	Lâminas de água (mm)			
	W ₁ = 232,7	W ₂ = 334,7	W ₃ = 422,1	W ₄ = 567,8
0	10,97	58,86	28,07	34,66
75	5,57	37,37	22,58	22,89
150	0,17	15,87	17,09	11,14
300	-10,63	-27,12	6,11	-12,38

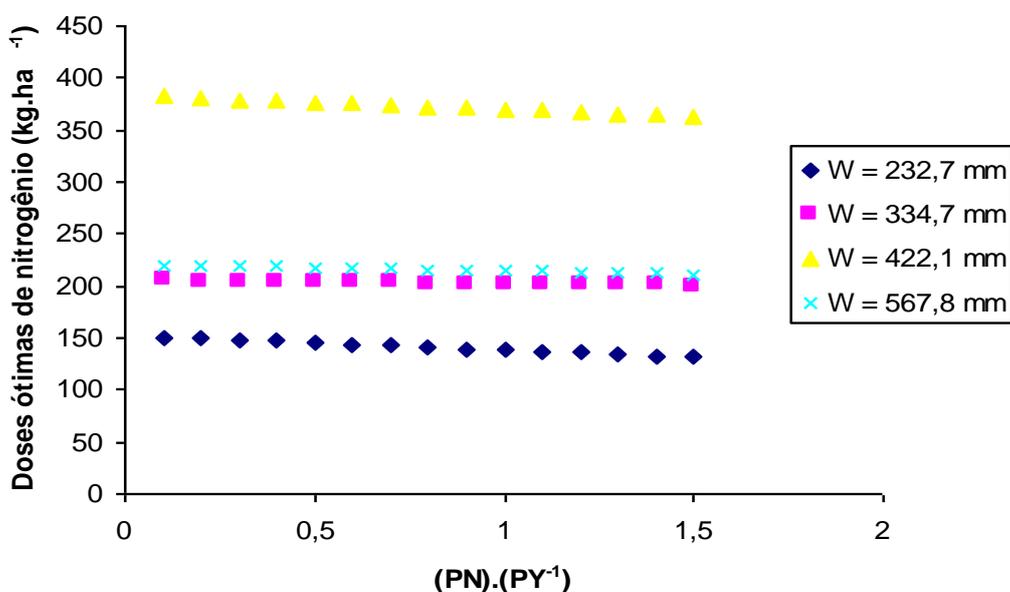
Observa-se que os produtos marginais de N foram maiores para as menores doses de N aplicadas, e à medida que as doses de N aumentaram este diminuiu até chegar a zero, onde ocorre o máximo rendimento. A partir daí os produtos marginais tornaram-se negativos, indicando ser antieconômico o uso da maior dose de nitrogênio, 300 kg.ha⁻¹, com exceção da lâmina 422,1 mm. Esta variação do produto marginal do nitrogênio mostra que o rendimento do melão aumenta a taxas decrescentes com o aumento das doses de N até chegar um ponto de não variar com o aumento das doses de N e decrescer com a contínua aplicação deste fator de produção. Os máximos rendimentos físicos, para todas as lâminas de água aplicadas, ocorreram com a aplicação de doses de nitrogênio acima de 150 kg.ha⁻¹. Para a lâmina de água de 422,1 mm, correspondente à evaporação do tanque Classe "A", o rendimento máximo estimado seria alcançado com a aplicação de 383,5 kg.ha⁻¹ de nitrogênio. Este valor é praticamente três vezes o obtido por Buwalda & Freeman (1986) para a cultura do melão.

A dose de nitrogênio ótima do ponto de vista econômico foi aquela que conduziu à um rendimento que proporcionou a máxima receita líquida para cada lâmina total 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 nitrogênio (PN) e o preço do produto (PY). Devido à grande variação do valor desta relação, em função principalmente da variação do preço de mercado do melão, foram determinadas as doses de nitrogênio economicamente ótimas considerando diferentes valores de PN/PY, conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Doses de nitrogênio economicamente ótimas em função da relação entre o preço do nitrogênio (PN) e o preço do melão (PY)

P _N /P _Y	Lâminas de água (mm)			
	232,7	334,7	422,1	567,8
0,1	150,9861	205,0244	382,1175	220,3890
0,2	149,5972	204,6755	380,7514	219,7513
0,3	148,2083	204,3266	379,3852	219,1135
0,4	146,8194	203,9777	378,0191	218,4758
0,5	145,4306	203,6288	376,6530	217,8380
0,6	144,0417	203,2798	375,2869	217,2003
0,7	142,6528	202,9309	373,9208	216,5625
0,8	141,2639	202,5820	372,5546	215,9247
0,9	139,8750	202,2331	371,1885	215,2870
1	138,4861	201,8842	369,8224	214,6492
1,1	137,0972	201,5352	368,4563	214,0115
1,2	135,7083	201,1863	367,0902	213,3737
1,3	134,3194	200,8374	365,7240	212,736
1,4	132,9306	200,4885	364,3579	212,0982
1,5	131,5417	200,1396	362,9918	211,4605

Observa-se na Figura 2 que praticamente não houve variação na dose de nitrogênio economicamente ótima com a variação da relação PN/PY, para todas as lâminas de água, indicando que, para essas relações, independente dos preços do nitrogênio e do melão, deve-se visar sempre o máximo rendimento. As menores doses ótimas econômicas de nitrogênio ocorreram para lâmina de água de 232,7 mm. Já as maiores ocorreram para a aplicação de uma lâmina de 422,1 mm, lâmina esta que proporcionou o rendimento máximo de 24.337,8 kg.ha⁻¹ juntamente com a aplicação de 383,5 kg.ha⁻¹ de nitrogênio.

**Figura 2** – Doses de nitrogênio economicamente ótimas em função da relação entre o preço do nitrogênio e o preço do melão

4.3 Isoquantas e região de produção racional

As isoquantas, curvas de isoprodutos ou curvas de produtos constantes, mostradas na Figura 3 com equidistância de 3000 kg ha⁻¹, foram obtidas a partir da função de produção (Equação 10), explicitando-se o fator água em função do nível de rendimento e das doses de nitrogênio, previamente fixados.

$$Y = 70,77509 W + 34,16737 N - 0,05781 W^2 - 0,07612N^2 \quad (10)$$

A função de produção determinada foi o modelo que melhor se ajustou aos dados do experimento, polinomial quadrático, sem intercepto e sem interação entre os fatores lâminas de água (W) e doses de nitrogênio (N). Para tal modelo o coeficiente de determinação (r²) de 0,9962. Em relação ao teste t, todas as variáveis incluídas no modelo apresentaram resultado altamente significativo, exceto a N², sendo para a variável W (prob > |t| = <0,0001), N (prob > |t| = 0,0127), W² (prob > |t| = <0,0001) e N² (prob > |t| = 0,0571). Este fato demonstra que as referidas variáveis, à exceção da N², influenciam significativamente em nível inferior a 5% o rendimento da cultura, podendo ser incluídas no modelo. A variável N² apresentou-se significativa em nível de 5,71%, portanto, também pode ser incluída no modelo sem maiores problemas. Os sinais das variáveis mostraram-se também coerentes em se tratando da representação de um fenômeno biológico.

As isoquantas demonstram as diferentes combinações de lâminas de água e doses de nitrogênio que proporcionaram um mesmo nível de rendimento. Quanto maior o rendimento, menor a quantidade de combinações dos fatores de produção analisados, até o ponto em que apenas uma combinação de W e N foi possível, combinação esta que proporcionou o máximo rendimento do melão (25.456,1 kg.ha⁻¹). Observa-se que o fator água pode ser substituído pelo fator nitrogênio até um certo limite de modo a permitir a obtenção de um mesmo rendimento.

A gradativa diminuição da declividade entre duas curvas consecutivas à medida que se aumenta o rendimento, considerando os níveis equidistantes de 3000 kg.ha⁻¹, indica que há um incremento a taxas cada vez menores no rendimento com o aumento da quantidade dos fatores W e N até tornar-se igual a zero no ponto de máximo rendimento. Observa-se, ainda, que as isoquantas são convexas à origem. Isto se deve ao fato de que embora haja um certo grau de substituição entre os fatores água e nitrogênio, estes não são substitutos perfeitos.

A região de produção racional caracteriza-se pelas diversas combinações dos fatores e a respectiva produtividade, onde a atividade é economicamente viável. Esta região é delimitada pelas linhas de fronteiras ou isóclinas, que ligam pontos em que a taxa marginal de substituição (TMS) é infinita ou zero. Dentro da região de produção racional, as TMS são sempre negativas, indicando que os fatores são substitutos. A taxa marginal de substituição do fator lâmina de água pelo fator dose de nitrogênio (TMS_{W/N}) corresponde à quantidade do fator água que se dispõe a abandonar para se utilizar uma unidade a mais do fator nitrogênio, mantendo-se o mesmo nível de rendimento.

A Figura 3 mostra, ainda, a região de produção racional da cultura do meloeiro para este estudo. Como não ocorreu a interação entre os fatores água e nitrogênio, em todos os níveis de rendimento, as lâminas de água que delimitam a região de produção racional foram iguais. Da mesma forma acontece para o nitrogênio em que a mesma dose delimita a região de produção racional em todos os níveis de rendimento. A lâmina de água e a dose de nitrogênio são respectivamente 612,1 mm e 224,4 kg.ha⁻¹.

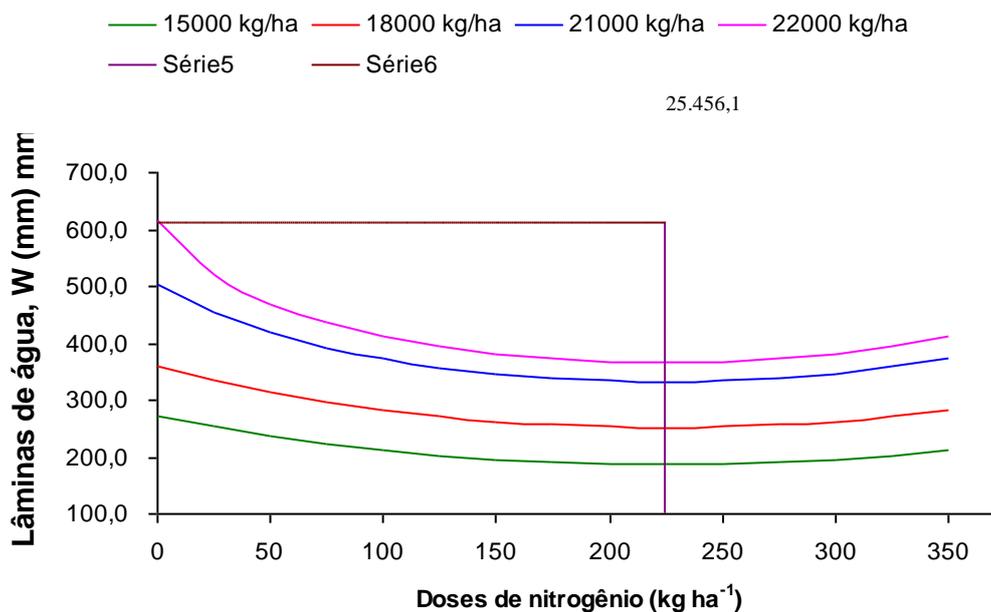


Figura 3 – Isoquantas ou curvas de isoprodutos e região de produção racional para o rendimento do melão em função das lâminas de água e das doses de nitrogênio

4.4 Produtos físicos marginais da água e do nitrogênio

Os produtos físicos marginais da água e do nitrogênio, respectivamente para as diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio, estão dispostos na Tabela 4. Estes valores foram obtidos derivando-se a equação da função de produção em relação à água e ao nitrogênio, respectivamente.

Tabela 4. Produto físico marginal ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) da água para as diferentes lâminas de água (valor superior) e produto físico marginal do nitrogênio para as diferentes doses de nitrogênio

Lâminas totais de água (mm)	Doses de nitrogênio ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)			
	0	75	150	300
232,7	43,9	43,9	43,9	43,9
	34,2	22,7	11,3	-11,5
334,7	32,1	32,1	32,1	32,1
	34,2	22,7	11,3	-11,5
422,1	22,0	22,0	22,0	22,0
	34,2	22,7	11,3	-11,5
567,8	5,1	5,1	5,1	5,1
	34,2	22,7	11,3	-11,5

O produto marginal mostra o incremento no rendimento ao se usar uma unidade a mais do fator considerado, água ou nitrogênio. Podemos observar, por exemplo, que se empregando $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrogênio e $422,1 \text{ mm}$ de água, o rendimento aumenta $22,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para cada milímetro de água aplicado e $11,3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para cada kg de nitrogênio aplicado. O produto marginal da água não variou com a dose de nitrogênio aplicada, o mesmo acontecendo com o produto marginal do nitrogênio, que não variou com a lâmina

de água aplicada. Este fato se deve à falta de interação significativa entre os fatores lâminas de água e doses de nitrogênio.

Os produtos marginais da água e do nitrogênio diminuem à medida que aumentam as lâminas de água e doses de nitrogênio, respectivamente. Ambos diminuem até atingir o valor zero, onde se dá o máximo rendimento. Nesta análise, o produto marginal da água é zero quando a lâmina aplicada for igual a 612,1 mm. Já o produto marginal do nitrogênio atinge o valor zero com a aplicação de 224,4 kg.ha⁻¹. A partir do momento em que o produto marginal da água e o produto marginal do nitrogênio tornam-se negativos, evidencia-se a queda no rendimento com a respectiva aplicação de maiores lâminas de água e doses de nitrogênio. A partir de então, torna-se anti-econômico as quantidades aplicadas dos dois fatores.

4.5 Combinação de W e N para obtenção da máxima receita líquida

As quantidades dos fatores água e nitrogênio que conduzirão à máxima receita líquida, considerando não haver restrição quanto aos recursos financeiros disponíveis para a aquisição de água e nitrogênio, são obtidas ao se igualar o produto marginal da água com a relação entre o preço da água e o preço do melão (P_W/P_Y), e o produto marginal do nitrogênio com a relação entre o preço do nitrogênio e o preço do melão (P_N/P_Y), respectivamente, conforme as equações a seguir:

$$PMg W = 70,77509 - 0,11562 W = \frac{P_W}{P_Y} \quad (11)$$

$$PMg N = 34,16737 - 0,15224 N = \frac{P_N}{P_Y} \quad (12)$$

Sabendo-se que para o mês de dezembro de 2002, o preço da água foi de R\$ 0,134 mm⁻¹, o preço do nitrogênio R\$ 2,33 kg⁻¹ e o preço do melão R\$ 0,40 kg⁻¹, as quantidades de água e nitrogênio para se obter a máxima receita líquida são, respectivamente, 609,2 mm e 186,2 kg.ha⁻¹. Substituindo os referidos valores na função de produção, tem-se que a máxima receita líquida seria obtida com um rendimento de 25.384,3 kg.ha⁻¹ de melão.

Tendo em vista o custo de produção da cultura (R\$ 5.400,00), os custos fixos (R\$ 885,00), estimados pela Equação 3 (CF = I_o × FRC), e os custos com água e nitrogênio, que para a maximização da receita líquida seriam de R\$ 515,48, a receita líquida máxima seria de R\$ 3.353,24 por hectare.

4.6 Combinação de W e N para obtenção de custo mínimo

A Tabela 5 mostra as quantidades de água e nitrogênio que proporcionam um custo mínimo para os diferentes níveis de rendimento. Na Figura 4, podemos verificar as linhas de isocusto que expressam as diversas combinações possíveis de água e nitrogênio que podem ser adquiridas com um determinado dispêndio.

Até o rendimento de aproximadamente 22.000,00 kg ha⁻¹, as combinações que levam a um custo mínimo de produção utilizaram apenas o insumo água e a partir deste, a utilização do nitrogênio foi recomendada, no entanto, em poucas quantidades. Isto acontece devido o alto custo unitário relativo do nitrogênio em relação a água.

Tabela 5. Quantidade de água (W), 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 Pw/Pn = 17,39

Y	N	W	CTm
15.000	0	272,7	36,54
18.000	0	360,5	48,30
21.000	0	505,1	67,68
22.000	13,55	599,6	111,92

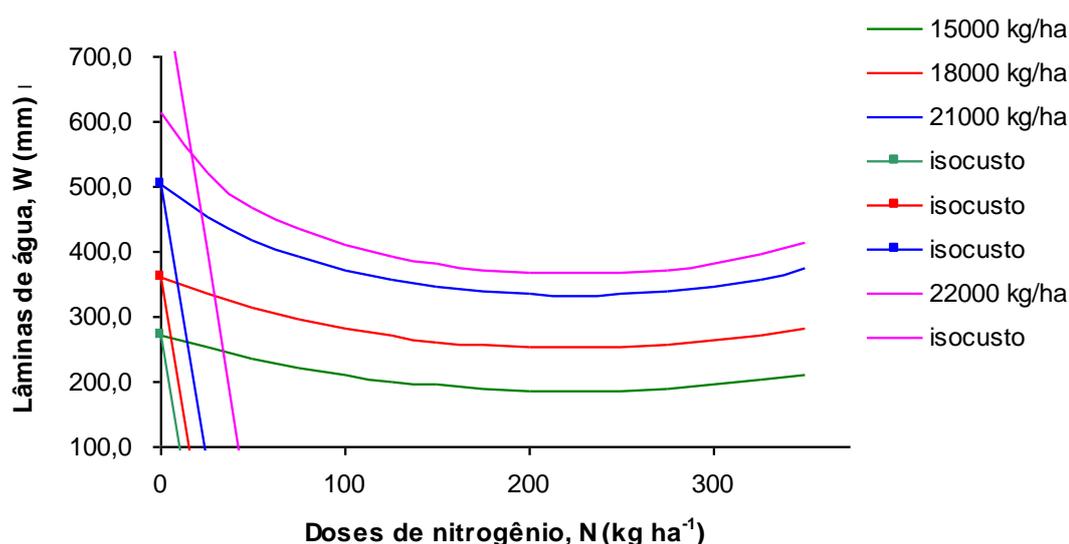


Figura 4. Linhas de isocusto

5 CONCLUSÕES

Fundamentado nos resultados observados nesta pesquisa, permitiu-se concluir:

1. Com base na função de produção ajustada do melão aos níveis de água e nitrogênio, permitiu-se estimar um rendimento máximo de 25.496,1 kg.ha⁻¹, a ser obtido com o emprego de 612,1 mm de água e 224,4 kg.ha⁻¹ de nitrogênio;
2. Para a lâmina de água de 422,1 mm, correspondente à evaporação do tanque Classe "A", o rendimento máximo estimado seria alcançado com a aplicação de 383,5 kg.ha⁻¹ de nitrogênio;
3. A máxima receita líquida estimada de R\$ 3.353,24 foi obtida com um nível de rendimento de 25.384,3 kg ha⁻¹ de melão, utilizando-se 609,2 mm de água e 186,2 kg.ha⁻¹ de nitrogênio. Para tal estimativa, foi considerado o preço da água R\$ 0,134 mm⁻¹, o preço do nitrogênio R\$ 2,33 kg⁻¹, o preço do melão R\$ 0,40 kg⁻¹, o custo de produção da cultura de R\$ 5.400,00 por hectare e os custos fixos de R\$ 885,00;

4. Para obtenção de níveis de rendimento abaixo de 22.000,00 kg ha⁻¹, as combinações dos fatores de produção estudados, água e nitrogênio, que levam a um custo total mínimo, consideram apenas o insumo água no sistema de produção, em face do alto valor unitário do nitrogênio em relação à água. A partir deste nível, o insumo nitrogênio foi apontado, porém em pequenas quantidades.

6 AGRADECIMENTOS

À Fundação Cearense de Amparo à Pesquisa, FUNCAP, pelo apoio financeiro concedido para a realização da pesquisa.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL: Anuário da Agricultura Brasileira, 2002. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2003.

BUWALDA, J. G.; FREEMAN, R. E. Melons: effect of vine pruning and nitrogen on yields and quality. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, v.14, p.355-359, 1986.

FAO. **Base de dados agrícolas FAOSTAT: Cultivos Primários, Melão Produção**. Roma. Disponível em <<http://www.fao.org>>. Acesso em 11 de novembro de 2003.

FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A.; FREITAS, H. A. C. Análise comparativa dos custos de irrigação por pivô-central, em cultura de feijão, utilizando energia elétrica e óleo diesel. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.5, n.1, p.34-53, jul. 1994.

PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; PEREIRA, J. R.; BRITO, L. T. de L.; FARIAS, C. M. B. de; MACIEL, J. L. Sistema de cultivo de melão com aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Circular Técnica da Embrapa Semi-Árido**. Petrolina, n.36, 1996. 24p.