



Análise econômica e produtiva da cenoura sob diferentes lâminas de irrigação e doses de adubação

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-038>

Maria Damiana Rodrigues Araújo

Graduanda em Agronomia, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: rmariadamiana2@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0082341300679911>

Julianna Catonio da Silva

Doutoranda em Agronomia, UFAL, CECA
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: julianna.silva@ceca.ufal.br
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/6065558821008136>

Luis Felipe Ferreira Costa

Engenheiro Agrônomo, Autônomo
E-mail: lferreiracosta1@gmail.com
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/1159841220981746>

Maria Deyse Silva dos Santos

Graduanda em Agronomia, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: lisboadayse383@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3710302718646466>

Larissa Vasconcelos Santos

Graduanda em Agronomia, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: larissavasconcelos18@outlook.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4944948235337443>

Thallita Nayanna Bezerra Alves

Pós-Graduanda em Agricultura e Ambiente, UFAL,
Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: nayanathalita@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1836223317459000>

Daniella Pereira dos Santos

Doutora em Engenharia Agrícola, UFRPE
E-mail: daniellapsantos@hotmail.com
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/0994067308793874>

Lúcia Jacinta da Silva Santos

Graduada em Agronomia, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: luciajacintasilva@hotmail.com
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/1976319773052798>

Cícero Gomes dos Santos

Professor Doutor em Agronomia, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: cgomes@arapiraca.ufal.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1756791175395693>

Márcio Aurélio Lins dos Santos

Professor Doutor em Agronomia, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: mal.santo@arapiraca.ufal.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0192590447392368>

RESUMO

A análise conjunta dos fatores de produção, tais como a quantidade de água e a dose de adubação necessária para que a cultura da cenoura possa mostrar seu máximo potencial produtivo ao longo do ciclo e que, por sua vez, representem melhor retorno econômico é de elevada importância. Objetivou-se avaliar a resposta da cenoura à lâminas de água e doses de adubação sintética (NPK). O experimento foi desenvolvido na área experimental da Universidade Federal de Alagoas, Campus de Arapiraca, no período de abril a julho de 2016. Adotou-se o delineamento estatístico em blocos ao acaso, num esquema fatorial 6x4, com 3 repetições, totalizando 72 unidades experimentais. Os tratamentos foram representados por 6 lâminas de irrigação, equivalentes a: 50, 75, 100, 125, 150 e 175% da Evapotranspiração da cultura (ETc), obtida diariamente através de 6 lisímetros de drenagem. O segundo tratamento foi representado por 4 doses de adubação química NPK, equivalentes a: 50, 75, 100 e 125% da recomendação de adubação para a cultura da cenoura. A unidade experimental foi representada por uma área de 1,0 m². As lâminas de irrigação foram realizadas diariamente, assim como a adubação, via fertirrigação. No final do ciclo, foram coletadas quatro raízes de cenoura/ parcela para estimar a produtividade/ ha. O rendimento máximo estimado da cenoura foi de 95,85 t ha⁻¹, a ser obtido com o emprego de 478,25 mm e 541,93 kg ha⁻¹ de adubação.

Palavras-chave: Água, *Daucus carota* L, Nutrição mineral, Rendimento.

1 INTRODUÇÃO

A cenoura (*Daucus carota* L.) é a principal hortaliça do grupo das raízes tuberosas com área média de 22 mil ha plantados (RESENDE et al., 2016) e consumo per capita de 1,75 kg/hab/ano (IBGE, 2010). Possui alto valor econômico e é consumida de forma in natura ou processadas, onde a raiz, parte comestível é considerada importante fonte de vitamina A e potássio na dieta humana (FILGUEIRA, 2013), cultivada em larga escala nas regiões Centro-Oeste, Sudeste, Nordeste e Sul do Brasil (CARVALHO et al., 2017).

Para garantir um rendimento economicamente viável de uma cultura agrícola, principalmente em regiões áridas e semiáridas, a irrigação é indispensável devido ao fato das chuvas serem insuficientes e mal distribuídas para manter a umidade do solo adequada durante o ciclo da cultura (CARVALHO et al., 2000). No Agreste alagoano, a produção de cenoura encontra condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento (SILVA et al., 2018), porém, com a estação seca de longa duração, torna-se essencial o cultivo irrigado, com manejo racional da água (LUCENA et al., 2016).

Outro fator que interfere na produtividade das culturas agrícolas é a adequada adubação, esta ainda representa em torno de 45% do custo de produção da cenoura (CEPEA, 2010) e tem importante influência na produtividade (MENEGAZZO, 2010), na qualidade da raiz (LUZ et al., 2009).

O potássio (K) é considerado o primeiro nutriente em ordem de extração da cenoura, contribuindo na formação e translocação de carboidratos, uso eficiente da água pelas plantas, equilibra a aplicação de nitrogênio e facilita a absorção de outros nutrientes (RABELO, 2015). O nitrogênio (N) é o segundo nutriente mais exigido pela cultura da cenoura (FILGUEIRA, 2012) e doses adequadas de nitrogênio promovem maior resistência ao armazenamento, porém quando se força um maior crescimento da raiz com doses excessivas, o produto final perde resistência no armazenamento (COLOMBARI, 2015). Já o fósforo (P) atua no processo de transferência de energia, assim, é indispensável para fotossíntese, translocação dentre outros processos metabólicos de relevância (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Embora exigidos em menores quantidades, se comparado com N e K, o fósforo é um dos nutrientes que mais limita a produtividade da cultura, em solos não adubados (NASCIMENTO et al., 2015). O fornecimento adequado de fósforo para a planta proporciona a utilização mais eficiente da água e, conseqüentemente, dos demais nutrientes (GUIMARÃES et al., 2011).

Neste sentido, o manejo adequado da irrigação associado a fertilidade do solo geralmente são feitos para atender plenamente à demanda hídrica e nutricional das plantas, com a finalidade da maximização da produção. Entretanto, estudos têm demonstrado que o manejo deve contribuir para o máximo rendimento econômico e não para a máxima produtividade da cultura (BLANCO et al., 2011).

Objetivou-se avaliar a análise econômica e produtiva da cenoura sob diferentes lâminas de irrigação e doses de adubação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi desenvolvido no Campus de Arapiraca da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), na área experimental do Grupo de Pesquisa, Extensão e Inovação Tecnológica em Manejo de Água para a Irrigação (Grupo Irriga), localizada na mesorregião Agreste do Estado de Alagoas (Figura 1), com coordenadas geodésicas 9° 45' 09" de latitude sul e 36° 39' 40" de longitude oeste e altitude de 325 m, no período de março a julho de 2016.

Figura 1 - Localização da área experimental da cultura da cenoura, na Universidade Federal de Alagoas – Campus de Arapiraca, desenvolvido no período de março a julho de 2016.



Fonte: Google Earth (2019).

Esta região é de transição entre a Zona da Mata e o Sertão alagoano, seu clima é classificado como do tipo 'As' tropical com estação seca de Verão, pelo critério de classificação de Köppen (1948). De acordo com Xavier; Dornellas (2010), a estação chuvosa tem início no mês de maio e se estende até a primeira quinzena de agosto, com precipitação média de 854 mm ano⁻¹, sendo os meses de maio a julho os mais chuvosos e setembro a dezembro os mais secos, o solo é classificado como LATOSSOLO AMARELO VERMELHO Distrófico (EMBRAPA, 2018). Os dados da análise química do solo da área experimental estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise química do solo utilizado na área experimental.

| CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------|------------------------|--|----|---------------------------|-----|-----|------|------|
| pH (H ₂ O) | M.O. (%) | P | | K | | Ca | Mg | Al | H+Al |
| | | (mg dm ⁻³) | | | (cmolc dm ⁻³) | | | | |
| 5,3 | 0,57 | 7 | | 70 | | 0,7 | 0,5 | 0,00 | 3,5 |

Fonte: Autor (2019).

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Adotou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 6x4, com 3 repetições, totalizando 72 parcelas experimentais (Figura 2). Os tratamentos foram representados por 6 lâminas de irrigação (50, 75, 100, 125, 150 e 175% da Evapotranspiração da Cultura (ET_c), obtida diariamente através de lisímetros de drenagem) e 4 doses de adubação química (50, 75, 100 e 125% da recomendação de adubação), aplicadas via fertirrigação.

Figura 2 - Representação sistemática do sorteio dos tratamentos (lâminas de irrigação, L e níveis de adubação química, A) para cada respectivo bloco.

| Bloco 1 | | | | Bloco 2 | | | | Bloco 3 | | | |
|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| L5 F4 | L1 F1 | L1 F4 | L2 F3 | L3 F3 | L4 F1 | L5 F2 | L3 F4 | L5 F2 | L1 F4 | L2 F3 | L1 F1 |
| L6 F3 | L2 F2 | L5 F3 | L6 F1 | L6 F4 | L3 F2 | L2 F4 | L5 F1 | L3 F2 | L6 F2 | L6 F1 | L4 F3 |
| L4 F2 | L4 F4 | L3 F1 | L1 F2 | L1 F3 | L2 F1 | L6 F2 | L4 F3 | L2 F1 | L4 F1 | L1 F2 | L3 F4 |
| L1 F3 | L6 F2 | L5 F2 | L2 F1 | L4 F4 | L4 F2 | L6 F1 | L2 F2 | L5 F1 | L3 F3 | L6 F3 | L2 F4 |
| L3 F2 | L3 F4 | L4 F1 | L6 F4 | L5 F3 | L5 F4 | L3 F1 | L1 F2 | L1 F3 | L6 F4 | L2 F2 | L5 F3 |
| L3 F3 | L4 F3 | L2 F4 | L5 F1 | L1 F4 | L2 F3 | L6 F3 | L1 F1 | L5 F4 | L4 F2 | L4 F4 | L3 F1 |

Fonte: Autor, (2019).

Onde:

L1: Lâmina de Irrigação: 50% ET_c (Lisímetros)

L2: Lâmina de Irrigação: 75% ET_c (Lisímetros)

L3: Lâmina de Irrigação: 100% ET_c (Lisímetros)

L4: Lâminas de Irrigação: 125% ET_c (Lisímetros)

L5: Lâminas de Irrigação: 150% ET_c (Lisímetros) L6: Lâminas de Irrigação: 175% ET_c (Lisímetros)

N1: Níveis de Adubação: 50% (Recomendação)

N2: Níveis de Adubação: 75% (Recomendação)

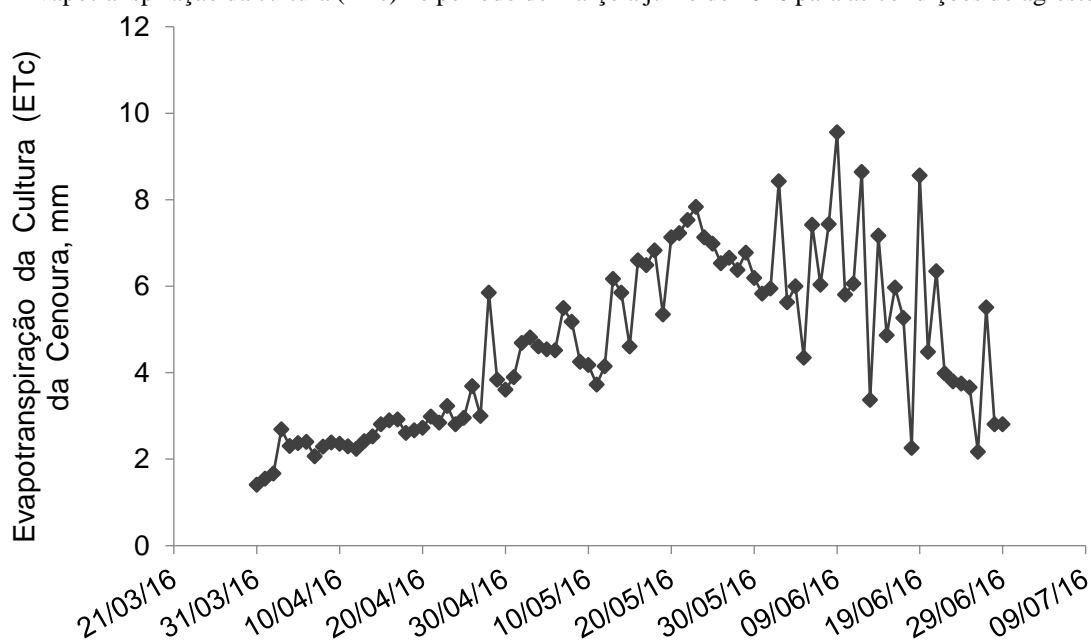
N3: Níveis de Adubação: 100% (Recomendação)

N4: Níveis de Adubação: 125% (Recomendação)

2.3 DETERMINAÇÃO DAS LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Utilizou-se um sistema de irrigação localizado por gotejamento. A frequência de irrigação foi diária, sendo a lâmina de irrigação estabelecida de acordo com os tratamentos, baseados na evapotranspiração da cultura. Durante o período de germinação e estabelecimento das plantas, com duração de trinta dias após a semeadura, foram aplicadas em todas as parcelas, lâminas de água correspondentes à evapotranspiração, ETc diária da cultura. A evapotranspiração da cultura, ETc, foi obtida conforme Silva et al., (2018), de acordo com a Figura 3.

Figura 3 - Evapotranspiração da cultura (ETc) no período de março a julho de 2016 para as condições do agreste Alagoano.

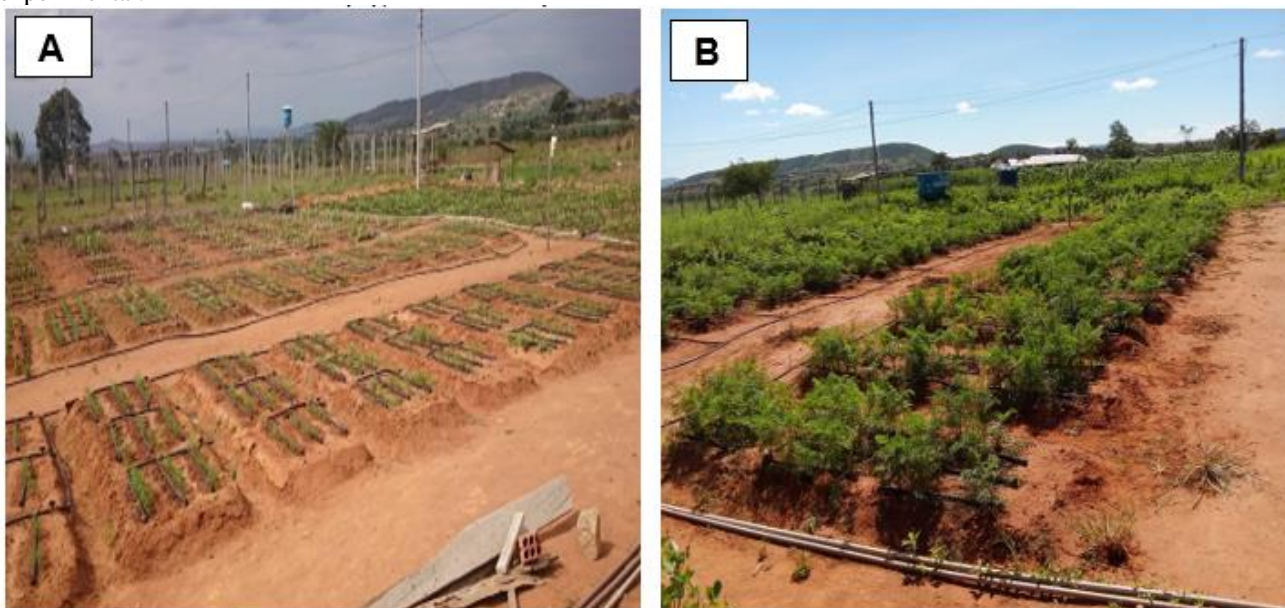


Fonte: Silva et al.; (2018).

2.4 APLICAÇÃO DAS LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Foram construídos 24 canteiros com dimensões de 3 metros de comprimento e 1 metro de largura, estando separados a cada 0,5 m. O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento (Figuras 4A e 4B).

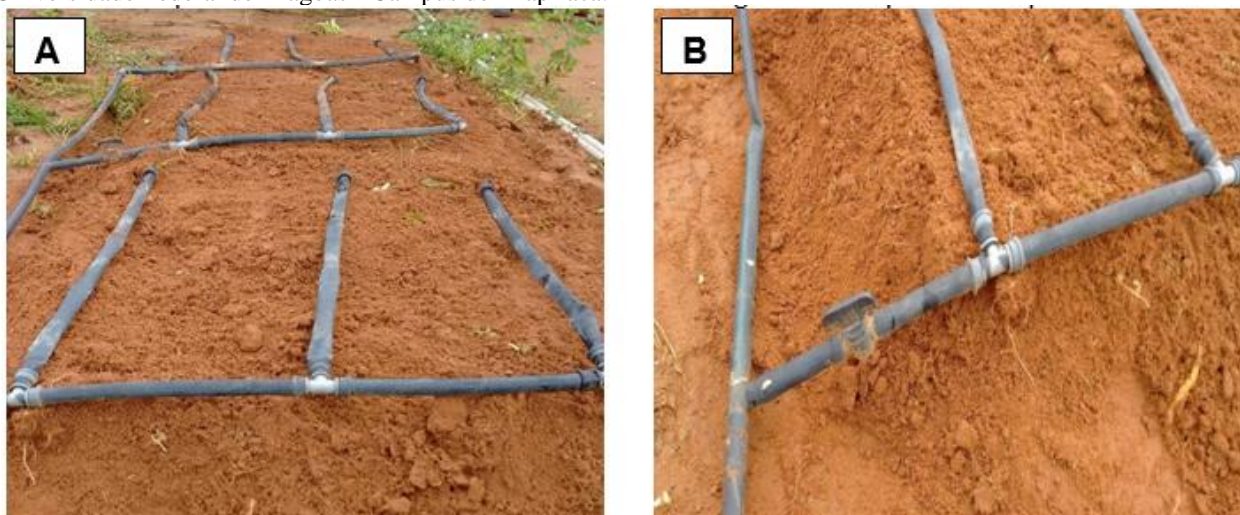
Figura 4 - Apresentação geral da área de função produção em desenvolvimento (A) e plantas estabelecidas (B), na área experimental.



Fonte: Autor, (2019).

Em cada canteiro foi construído um sistema que foi dividido em três parcelas de 1,0 m² (Figura 5A). Para a construção desse sistema foram utilizadas mangueiras, conexões, T's, joelhos, registros e as fitas gotejadoras. As mangueiras utilizadas apresentavam dimensões de 16 mm de diâmetro, com gotejadores espaçados a cada de 0,20 m. Os joelhos e T's eram utilizados para conectar a fita gotejadora. Já os registros, eram utilizados para ser fechados ao final de cada lâmina aplicada (Figura 5B). As fitas gotejadoras utilizadas apresentavam 1 m de comprimento, apresentando 5 gotejadores em cada fita e assim, 15 gotejadores em cada parcela. Os gotejadores utilizados foi ISO 09261, autocompensantes, apresentando vazão de 2,1 L h⁻¹.

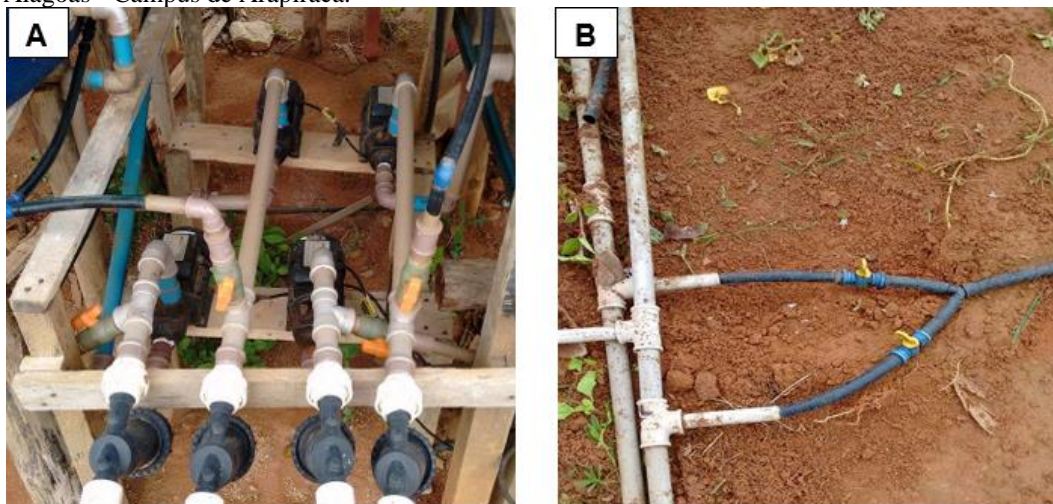
Figura 5 - Parcela de cada canteiro (A) e registros utilizados para fechar cada lâmina (B), na área experimental da Universidade Federal de Alagoas - Campus de Arapiraca.



Fonte: Autor, (2019).

Foi utilizada uma bomba de 0,5 cv (Figura 6A), que bombeava a água para a área experimental através de uma tubulação de 20 mm. Na entrada da área irrigada existia dois registros, em que, um deles era destinado à irrigação das lâminas e o outro a fertirrigação, conseqüentemente, quando um estava aberto, o outro estava fechado (Figura 6B).

Figura 6 - Bombas utilizada para irrigação (A) e registro para fechar cada lâmina (B), na área experimental da Universidade Federal de Alagoas - Campus de Arapiraca.

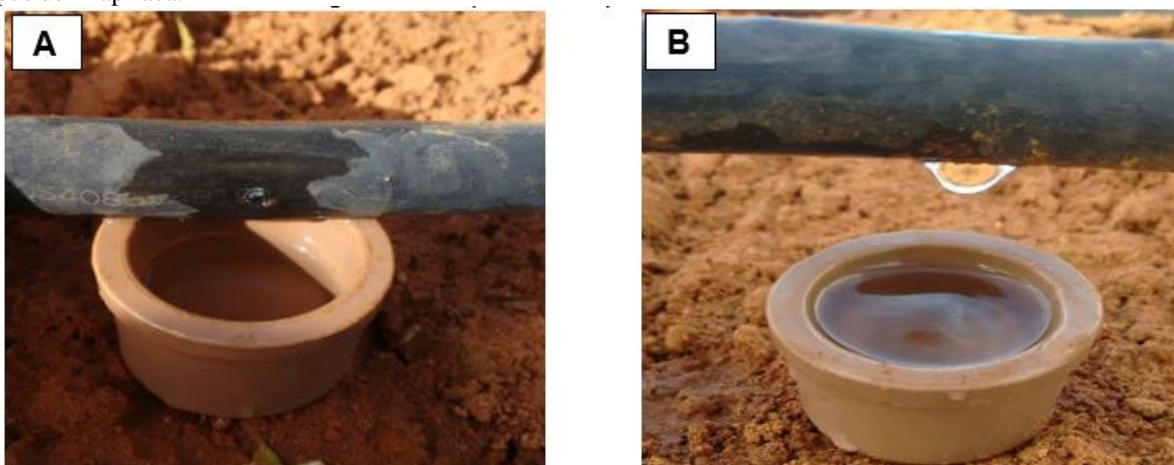


Fonte: Autor, (2019).

2.5 DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE IRRIGAÇÃO

Após a montagem do sistema, foram realizados testes para determinar a vazão média do gotejador. Para isso, foi aferida a vazão quinzenalmente em parcelas representativas de cada lâmina (Figura 7).

Figura 7 - Determinação da vazão do sistema de irrigação, na área experimental da Universidade Federal de Alagoas - Campus de Arapiraca.



Fonte: Autor, (2019).

Diariamente fechava-se os registros referente a cada tratamento ao final da irrigação do mesmo, até a última lâmina de irrigação. A partir daí foi realizado o desbaste e aplicadas as diferentes lâminas de irrigação.

2.6 APLICAÇÃO DAS DOSES DE FERTIRRIGAÇÃO

A adubação foi realizada baseada na recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco (2º aproximação) e de acordo com a análise de solo da área experimental (Anexo F). As fontes utilizadas para adubação foi a ureia (45% de N), MAP- fosfato-mono-amônio, (12% de N e 60% de Fósforo) e o cloreto branco (60% de Potássio) (Figura 8).

Figura 8 - Fontes de adubação utilizadas. Ureia (A) MAP (Mono - amônio fosfato) (B) e Cloreto branco (C) utilizados na área experimental da Universidade Federal de Alagoas –Campus de Arapiraca.



Fonte: Autor, (2019).

As aplicações de fertirrigação foram iniciadas aos 30 DAS, quando as plantas se apresentavam desenvolvidas e após a realização do desbaste foi determinada a quantidade total de plantas na área experimental e estabelecida a quantidade de adubo por planta durante todo o ciclo.

Segundo a recomendação, para Nitrogênio (N) a cultura da cenoura requer durante seu ciclo a aplicação de 80 kg ha⁻¹, sendo a metade aplicada em fundação e a outra metade aplicada em cobertura. Para o fósforo, recomenda-se aplicar 120 kg ha⁻¹ e para Potássio, recomenda-se aplicar 90 kg ha⁻¹, sendo 60 kg ha⁻¹ desses no plantio e a outra parte em cobertura (Figura 9). Como a aplicação foi realizada via água de fertirrigação, dessa forma, a adubação foi dividida durante o ciclo total da cultura.

Figura 9 - Fonte de adubo, recomendação nutricional e recomendação de adubo para a cultura da cenoura, na área experimental da Universidade Federal de Alagoas - Campus de Arapiraca.

| Fontes de Adubo: | Recomendação Nutricional | Recomendação de Adubo |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Ureia: 45% Nitrogênio | Nitrogênio: 80 Kg/ha = 8,00 g/m ² = 0,33 g/planta | Ureia: 154kg/ha = 15,38 g/m ² = 0,64g/planta |
| MAP: 12% Nitrogênio | Fósforo: 120 kg/ha = 12,00 g/m ² = 0,50 g/planta | MAP: 200 kg/ha = 20,00 g/m ² = 0,83g/planta |
| 60% Fósforo | Potássio: 90kg/ha = 9,00 g/m ² = 0,38 g/planta | KCL :150 kg/ha = 15,00 g/m ² = 0,63g/planta |
| KCL: 60% Potássio | | TOTAL: 504 kg/ha = 50,38 g/m² = 2,10g/planta |

Fonte: Autor, (2019).

As doses de adubação utilizadas foram: 50, 75, 100 e 125% da recomendação de adubação, sendo estas distribuídas nas parcelas. A quantidade total de adubo utilizada era diluída em água, e em seguida colocada um recipiente com capacidade para 80 L esse adubo era adicionado a uma quantidade de 40 L de água (Figura 10A). Também foi determinada a vazão para cada nível de adubação e sua quantidade era estabelecida através do tempo. Toda água utilizada para a irrigação e fertirrigação foi através de um reservatório com capacidade para 1000 L existente na área (Figura 10B).

Figura 10 - Tonel utilizado para a fertirrigação (A) e reservatório de água (B), na área experimental da Universidade Federal de Alagoas - Campus de Arapiraca.



Fonte: Autor, (2019).

A fertirrigação era aplicada antes das lâminas de irrigação. No entanto, para não interferir na quantidade de adubo, deixava-se todo o sistema aberto por 10 minutos antes da realização da fertirrigação, com intuito de encher a tubulação e as fitas gotejadoras para eliminação do ar. Em seguida, a bomba destinada a fertirrigação era ligada, iniciando-a. Ao final de cada nível de fertirrigação a bomba e registros eram desligados para fechar os registros da respectiva fertirrigação e em seguida eram ligados novamente. Os 10 minutos utilizados para preencher a tubulação e fitas eram descontados no tempo final de irrigação.

2.7 FUNÇÃO DE PRODUÇÃO

Ao final do ciclo da cultura da cenoura, foram colhidas 4 cenouras de plantas centrais de cada parcela para estimar a produtividade (Kg ha⁻¹). As variáveis foram submetidas à análise de regressão, processadas utilizando o software estatístico R.

A análise estatística dos resultados foi feita pela análise de variância e teste F. O efeito das lâminas de irrigação e das doses de adubação foi analisado pelo teste de regressão polinomial. Neste experimento, os fatores de produção água (L) e adubação (A), 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 por meio do software estatístico R, 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 1 a 10, a seguir.

$$\hat{Y} = b_0 + b_1L + b_2A + b_3L^{0,5} + b_4A^{0,5} + b_5L^{0,5}A^{0,5} + e_i \quad (1)$$

$$\hat{Y} = b_0 + b_1L + b_2A + b_3L^{0,5} + b_4A^{0,5} + b_5LA + e_i \quad (2)$$

$$\hat{Y} = b_0 + b_1L + b_2A + b_3L^{0,5} + b_4A^{0,5} + e_i \quad (3)$$

$$\hat{Y} = b_0 + b_1L + b_2A + b_3L^2 + b_4A^2 + b_5LA + e_i \quad (4)$$

$$\hat{Y} = b_0 + b_1L + b_2A + b_3L^2 + b_4A^2 + e_i \quad (5)$$

$$\hat{Y} = b_0 + b_1L + b_2A + b_3L^{1,5} - b_4A^{1,5} + b_5LA + e_i \quad (6)$$

$$\hat{Y} = b_0 + b_1L + b_2A - b_3L^{1,5} - b_4A^{1,5} + e_i \quad (7)$$

$$\hat{Y} = b_0 + b_1L - b_2L^2 - b_3A^2 + e_i \quad (8)$$

$$\hat{Y} = b_1L + b_2A - b_3L^2 - b_4A^2 + b_5LA + e_i \quad (9)$$

$$\hat{Y} = b_1L + b_2A - b_3L^2 - b_4A^2 + e_i \quad (10)$$

Sendo:

\hat{Y} : produtividade da cultura da cenoura, kg ha⁻¹;

L: fator água, mm;

A: fator adubação, kg ha⁻¹.

A função de produção abrange alguns parâmetros que facilitam seu entendimento, os quais serão abordados a seguir.

2.7.1 Isoquantas

A isoquanta é uma linha geométrica que permite diversas combinações dos fatores em estudo, como lâminas de irrigação e dose de adubo, tais pontos obtidos através da isoquanta indicam a mesma quantidade produzida bem como também o mesmo rendimento da cultura estudada.

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

2.7.2 Produto físico marginal

A melhor forma de definir o produto físico marginal de um fator é um acréscimo de um produto total devido a utilização de mais de uma utilização desse fato, mantendo os fatores constantes (Equação 11).

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

Sendo:

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

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

2.7.3 Taxa marginal de substituição

A taxa marginal de substituição corresponde a quantidade do fator que deseja substituir para adicionar outro fator mantendo o mesmo rendimento que foi obtido pelo produto marginal da água e o produto físico marginal da adubação e é representado pela Equação 12:

$$TMS_{L/N} = \frac{PMg A}{PMg L} \quad (12)$$

Sendo:

$TMS_{L/N}$: taxa marginal de substituição do fator água (L) pelo fator adubação (A);

$PMg A$: produto marginal do fator adubação;

$PMg L$: produto marginal do fator água.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RENDIMENTO DA CENOURA EM FUNÇÃO DAS LÂMINAS DE ÁGUA E DOSES DE NITROGÊNIO

Na Tabela 2 consta o rendimento médio da cenoura em função dos tratamentos lâminas de água e doses de adubação. Observa-se que as lâminas de água e as doses de adubação variam entre 210,40

e 736,38 mm e 226,89 e 567,22 kg ha⁻¹ de adubação, respectivamente, onde o máximo rendimento (115,44 t ha⁻¹) foi obtido através da combinação dos tratamentos L3A3. Esta combinação refere-se à uma aplicação de uma lâmina de 100% da evapotranspiração da cultura e doses de adubo de 100% de acordo com a recomendação da análise de solo, que correspondeu a aplicação de uma lâmina de 420,79 mm de água e 453,78 kg ha⁻¹ de adubação, respectivamente.

Segundo Silva et al. (2018) a necessidade hídrica da cenoura no agreste Alagoano, durante o ciclo total é de 421,00 mm. Resultados diferentes dos encontrados por Santos et al. (2009), registraram um consumo médio de 811,84 mm para a cultura da cenoura, no Agreste de Pernambuco, utilizando lisímetros de drenagem.

Nesse sentido pode-se afirmar que os lisímetros de drenagem determinaram com precisão o consumo hídrico, assim como a recomendação de adubação do estado de Pernambuco é eficiente para estimar a necessidade nutricional da cultura da cenoura.

Tabela 2 - Rendimento médio da cenoura (t ha⁻¹), em função das lâminas de água e das doses de adubação.

| Lâmina (mm) | | Adubação (Kg ha ⁻¹) | | | | Médias |
|--------------|---------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | | A1 | A2 | A3 | A4 | |
| | | 226,89 | 340,33 | 453,78 | 567,22 | |
| L1 | 210,40 | 20,60 | 44,50 | 50,60 | 42,48 | 39,55 |
| L2 | 315,60 | 71,68 | 73,20 | 83,58 | 74,84 | 75,83 |
| L3 | 420,79 | 85,40 | 96,44 | 115,44 | 112,90 | 102,54 |
| L4 | 525,98 | 86,64 | 68,81 | 87,08 | 79,31 | 80,46 |
| L5 | 631,85 | 70,14 | 68,04 | 68,92 | 76,62 | 70,93 |
| L6 | 736,38 | 60,77 | 46,93 | 73,44 | 59,50 | 60,16 |
| Média | | 65,87 | 66,32 | 79,84 | 74,28 | 71,58 |

Fonte: Autor, (2019).

Observou-se que as lâminas de água e as doses de adubação influenciaram significativamente sobre a produtividade da cenoura, aos níveis de 0,01% (Tabela 3), mostrando que ambos os fatores influenciaram significativamente no desenvolvimento da cenoura. Portanto, a cenoura é uma cultura responsiva a níveis crescentes de água e de adubação; assim, apresentando incremento na produtividade, pois a água interfere nas características físicas da planta, e a adubação, nos aspectos de qualidade da raiz.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância do rendimento da cenoura em função das lâminas de água e doses de adubação.

| Fonte de Variação | GL | SQ | QM | Prob.>F |
|-------------------|-------------|----------|---------|---------|
| Lâminas (L) | 5 | 26588,39 | 5317,68 | 0,0001 |
| Adubação (A) | 3 | 2449,48 | 816,49 | 0,0001 |
| L versus A | 15 | 3017,96 | 201,19 | 0,0001 |
| Bloco | 2 | 86,01 | 43,01 | 0,1399 |
| Resíduo | 46 | 963,52 | 20,95 | |
| Total | 71 | | | |
| C.V | 6,39 | | | |

Fonte: Autor, (2019).

Ainda, ao estudar a resposta de uma cultura a dois fatores é importante saber qual a interação entre ambos é a melhor representação. Nesse caso, houve interação entre as lâminas de irrigação e doses de adubação.

3.3 LÂMINAS DE ÁGUA ECONOMICAMENTE ÓTIMAS

O modelo que melhor se ajustou para as doses de adubação testadas foi o quadrático, tendo obtido valores de coeficiente de determinação, 0,91; 0,79; 0,61 e 0,75, para A1, A2, A3 e A4, respectivamente.

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 da cenoura (Y), em t ha⁻¹ (Tabela 4).

Tabela 4 - Doses de adubação economicamente ótima

| Doses de Adubação em (%) | Equações Ajustadas | r ² |
|--------------------------|------------------------------------------|----------------|
| 50 | $Y_{A1} = -0,0007x^2 + 0,7007x - 90,612$ | 0,915 |
| 75 | $Y_{A2} = -0,0006x^2 + 0,5191x - 36,58$ | 0,7884 |
| 100 | $Y_{A3} = -0,0006x^2 + 0,5354x - 31,704$ | 0,6064 |
| 125 | $Y_{A4} = -0,0007x^2 + 0,6429x - 60,171$ | 0,7458 |

A partir das equações foram obtidas por derivação as equações dos produtos físicos marginais da água para as doses de adubação, apresentadas nas equações 13 a 16, a seguir.

$$\frac{\partial y}{\partial L} (50\%) = -0,0014L + 0,7007 \quad (13)$$

$$\frac{\partial y}{\partial L} (75\%) = -0,0012L + 0,5191 \quad (14)$$

$$\frac{\partial y}{\partial L} (100\%) = -0,0012L + 0,5354 \quad (15)$$

$$\frac{\partial y}{\partial L} (125\%) = -0,0014L + 0,6429 \quad (16)$$

A partir das equações 13 a 16, foram obtidos os produtos físicos marginais da água para as doses de adubação, sendo possível estimar a lâmina de água economicamente ótima (Tabela 5). Verifica-se que os produtos marginais da água foram maiores para as menores lâminas, apresentando um decréscimo com o aumento da lâmina aplicada até chegar próximo a zero, onde ocorre o máximo rendimento. A partir daí os produtos marginais tornam-se negativos, indicando ser antieconômico o uso lâminas maiores que 500,5; 432,6; 446,2; 459,2 mm, para A1, A2, A3 e A4, respectivamente.

Tabela 5 - Produto marginal da água para as diferentes lâminas aplicadas correspondentes a cada dose de adubação.

| Lâmina (mm) | | Doses de Adubação (Kg ha ⁻¹) | | | |
|-------------|---------------|------------------------------------------|--------|--------|--------|
| | | A1 | A2 | A3 | A4 |
| | | 226,89 | 340,33 | 453,78 | 567,22 |
| L1 | 210,40 | 0,41 | 0,27 | 0,28 | 0,35 |
| L2 | 315,60 | 0,26 | 0,14 | 0,16 | 0,20 |
| L3 | 420,79 | 0,11 | 0,01 | 0,03 | 0,05 |
| L4 | 525,98 | -0,04 | -0,11 | -0,10 | -0,09 |
| L5 | 631,85 | -0,18 | -0,24 | -0,22 | -0,24 |
| L6 | 736,38 | -0,33 | -0,36 | -0,35 | -0,39 |

Fonte: Autor, (2019).

A variação no comportamento do produto marginal da água afirma que o rendimento da cenoura 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 rendimentos físicos para as doses de adubação, ocorreram com a aplicação de lâminas maiores do que a lâmina referente a evapotranspiração máxima da cultura, que corresponde a 420,79 mm.

3.4 DOSES DE ADUBAÇÃO ECONOMICAMENTE ÓTIMAS

A partir da análise de regressão entre os rendimentos da cenoura e as doses de adubação para as diferentes lâminas de água aplicadas, foram obtidas as equações apresentadas na Tabela 6, sendo todas estas do modelo polinomial quadrático. Ainda, vale ressaltar que as equações foram submetidas as lâminas que apresentaram efeito significativo estatisticamente. As referidas equações têm como variável independente a dose de adubação, em kg ha⁻¹, e como variável dependente o rendimento da cenoura (Y), em kg ha⁻¹.

Tabela 6 - Lâminas de água economicamente ótima

| Lâminas de Água (%) | Equações Ajustadas | r ² |
|---------------------|------------------------------------------|----------------|
| 50 | $Y_{L1} = -0,0006x^2 + 0,5572x - 73,619$ | 0,9987 |
| 75 | $Y_{L2} = -0,0002x^2 + 0,1758x + 40,655$ | 0,5401 |
| 100 | $Y_{L3} = -0,0003x^2 + 0,2989x + 29,685$ | 0,9281 |
| 125 | $Y_{L4} = 0,0002x^2 - 0,1585x + 109,43$ | 0,1187 |

As equações do produto físico marginal da adubação para cada lâmina de água aplicada, foram obtidas a partir da derivada primeira da equação do rendimento (Y) em função das doses de adubação, para cada lâmina de água, sendo representadas nas equações 17 a 20.

$$\frac{\partial y}{\partial A} (50\%) = -0,0012A + 0,5572 \quad (17)$$

$$\frac{\partial y}{\partial A} (75\%) = -0,004A + 0,1758 \quad (18)$$

$$\frac{\partial y}{\partial A} (100\%) = -0,006A + 0,2989 \quad (19)$$

$$\frac{\partial y}{\partial A} (125\%) = 0,0004A - 0,1585 \quad (20)$$

A partir dessas equações, foi obtido o produto físico marginal da adubação para cada uma das lâminas de água aplicada (Tabela 7). Observa-se que o produto marginal da adubação se comportou de maneira semelhante ao da água, ou seja, à medida que as doses de adubação aumentaram o produto marginal diminuiu até chegar próximo 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 adubação, 567 kg ha⁻¹.

Esta variação no comportamento do produto marginal da adubação mostra que o rendimento da cenoura aumenta a taxas decrescentes com o aumento das doses de adubação até chegar a um ponto de rendimento máximo e decrescer com a contínua aplicação deste fator de produção. A lâmina de 526 mm apresentou comportamento inverso às demais apresentadas.

Tabela 7 - Produto marginal da adubação para as diferentes doses de adubação aplicadas, correspondente a cada lâmina de água.

| Doses de Adubação (Kg ha ⁻¹) | | Lâminas de Irrigação (mm) | | | | | |
|---------------------------------------------|--------|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 |
| | | 210,40 | 315,60 | 420,79 | 525,98 | 631,85 | 736,38 |
| A1 | 226,89 | 0,28 | 0,09 | 0,16 | -0,07 | — | — |
| A2 | 340,33 | 0,15 | 0,04 | 0,09 | -0,02 | — | — |
| A3 | 453,78 | 0,01 | -0,01 | 0,03 | 0,02 | — | — |
| A4 | 567,22 | -0,12 | -0,05 | -0,04 | 0,07 | — | — |

Fonte: Autor, (2019).

3.5 SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E CURVAS DE ISOQUANTAS

Verificou-se pela análise de regressão que todos os dez modelos testados foram significativos pelo teste F, a 0,1% de significância, evidenciando que todos os modelos podem representar a variação da produtividade da cenoura (Y) em função das doses de adubação (A) 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 apresentado na equação 21, sendo este polinomial quadrático, com interação significativa entre os fatores lâmina de água e doses de adubação conforme a equação:

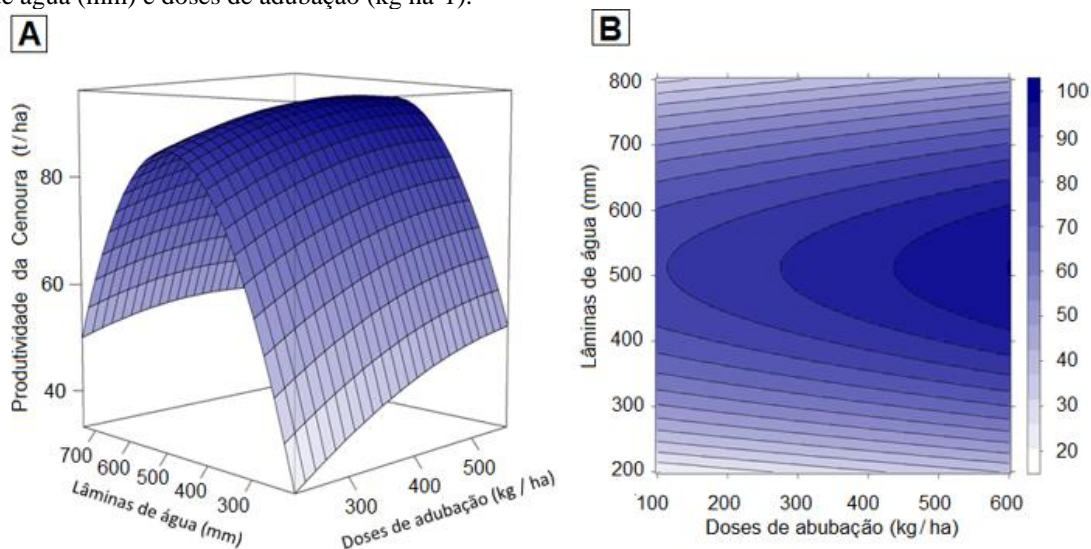
$$Y = -100,6 + 0,633*L + 0,166*A - 0,000615*L^2 - 0,000117*A^2 - 0,0000835*L*A \quad (21)$$

Na Figura 11A visualiza-se a representação gráfica da função de produção estimada. Percebe-se, em função da curvatura da superfície resposta da linha de cada fator, que as lâminas de irrigação apresentam maior interferência na produtividade da cenoura. Para o modelo escolhido, o máximo rendimento estimado para a cenoura seria de 95,85 t ha⁻¹ a ser obtido com a aplicação de uma lâmina de água de 478,25 mm e 541,93 kg ha⁻¹ de adubação.

A Figura 11B ilustra as isoquantas, curvas de isoprodutos, que foram obtidas a partir da função de produção. As isoquantas evidenciam as combinações entre as doses de adubação 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 95,85 t ha⁻¹. As curvas de isoprodutos preceituam a substituição de fatores, onde um fator pode substituir outro sem que haja alteração no produto.

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 adubação, estes não são substitutos perfeitos.

Figura 11 - Superfície de resposta (A) e curvas de isoprodutos (B) para o rendimento da cenoura (tha-1) em função das lâminas de água (mm) e doses de adubação (kg ha-1).



Fonte: Autor, (2019).

3.6 PRODUTO FÍSICO MARGINAL

Na Tabela 8 estão dispostos os produtos físicos marginais da adubação e da água, respectivamente, para as doses de adubação e lâminas de água. Estes valores foram obtidos derivando-se a equação da função de produção em relação a adubação 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 adubação.

Podemos observar que se empregando 340,33 kg ha⁻¹ de adubação e 315,60 mm de água, o rendimento aumenta 0,19 t ha⁻¹ para kg de adubação aplicado e 0,22 t ha⁻¹ para cada milímetro de água aplicada. A variação dos produtos marginais da adubação em função das lâminas aplicadas se dar pela interação entre os fatores; o mesmo acontece com os produtos marginais das lâminas em função das adubações.

Tabela 8 - Produto físico marginal (t ha⁻¹) da adubação para as diferentes doses de adubação (valor superior) e produto físico marginal (t ha⁻¹) da água para as diferentes lâminas de água (valor inferior).

| Lâminas de água (mm) | Doses de Adubação (Kg ha ⁻¹) | | | |
|----------------------|------------------------------------------|--------|--------|--------|
| | 226,89 | 340,33 | 453,78 | 567,22 |
| 210,40 | 0,10 | 0,07 | 0,04 | 0,02 |
| | 0,36 | 0,35 | 0,34 | 0,33 |
| 315,60 | 0,33 | 0,19 | 0,03 | 0,01 |
| | 0,23 | 0,22 | 0,21 | 0,20 |
| 420,79 | 0,32 | 0,18 | 0,03 | 0,00 |
| | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,07 |
| 525,98 | 0,31 | 0,17 | 0,02 | -0,01 |
| | -0,03 | -0,04 | -0,05 | -0,06 |
| 631,85 | 0,30 | 0,16 | 0,01 | -0,02 |

| | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|
| | -0,16 | -0,17 | -0,18 | -0,19 |
| 736,38 | 0,29 | 0,15 | 0,00 | -0,03 |
| | -0,29 | -0,30 | -0,31 | -0,32 |

Fonte: Autor, (2019).

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 da adubação e da água tornam-se negativos, fica evidenciada a queda do rendimento da cultura com a aplicação de doses de adubação 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 adubação 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.

3.7 TAXA MARGINAL DE SUBSTITUIÇÃO

Os valores da taxa marginal de substituição (TMS) da água por adubação estão dispostos na Tabela 9. Como pode 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 adubação pode ser economicamente viável e é substituída em proporções decrescentes.

A partir do momento em que a mesma torna-se positiva, a substituição torna-se antieconômica, indicando que a água está sendo substituída por adubação 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 adubação que propiciam a viabilidade econômica vão aumentando. Analisando os níveis de rendimento, pode-se observar que o rendimento de 95 t ha⁻¹ de cenoura só obteve as TMS para as doses de adubação maiores ou igual a 475 kg ha⁻¹. Para o nível de rendimento de 90 t ha⁻¹ de cenoura, observa-se que só a partir da dose de 325 kg ha⁻¹ de adubação, pode-se obter este nível de produção onde seria necessário empregar 1,48 mm de água para substituir um quilograma de adubação, de modo a ter o mesmo nível de produção, isto significa que para cada kg de adubação aplicado pode-se economizar 1,48 mm de água.

O comportamento das TMS obtidas para o presente trabalho corrobora com o comportamento dos resultados obtidos por Mousinho (2002), Monteiro (2004) e Rocha Júnior, et al., (2016), 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.

Tabela 9 - Taxa marginal de substituição de água por adubação (TMSL/A) e as correspondentes Lâminas de água e doses de adubação para níveis pré-determinados de rendimento.

| Adubação Kg ha ⁻¹ | 60 | | 65 | | 70 | | 75 | | 80 | | 85 | | 90 | | 95 | |
|---------------------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | L (mm) | TMS | L (mm) | TMS | L (mm) | TMS | L (mm) | TMS | L (mm) | TMS | L (mm) | TMS | L (mm) | TMS | L (mm) | TMS |
| 0 | 452,05 | -1,66 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 25 | 419,18 | -1,08 | 486,27 | -3,60 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 50 | 395,30 | -0,85 | 438,15 | -1,31 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 75 | 375,88 | -0,71 | 410,76 | -0,94 | 468,67 | -2,16 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 100 | 359,33 | -0,62 | 389,74 | -0,76 | 431,38 | -1,13 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 125 | 344,83 | -0,55 | 372,32 | -0,64 | 407,14 | -0,84 | 464,72 | -1,91 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 150 | 331,95 | -0,49 | 357,34 | -0,56 | 388,12 | -0,69 | 430,74 | -1,05 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 175 | 320,38 | -0,44 | 344,18 | -0,50 | 372,24 | -0,59 | 408,27 | -0,78 | 473,66 | -2,37 | — | — | — | — | — | — |
| 200 | 309,92 | -0,40 | 332,48 | -0,44 | 358,57 | -0,51 | 390,63 | -0,64 | 437,04 | -1,05 | — | — | — | — | — | — |
| 225 | 300,42 | -0,36 | 321,99 | -0,40 | 346,57 | -0,45 | 375,94 | -0,54 | 414,92 | -0,76 | — | — | — | — | — | — |
| 250 | 291,78 | -0,33 | 312,54 | -0,36 | 335,94 | -0,40 | 363,34 | -0,47 | 397,98 | -0,61 | 454,68 | -1,31 | — | — | — | — |
| 275 | 283,90 | -0,30 | 304,00 | -0,32 | 326,45 | -0,36 | 352,36 | -0,41 | 384,11 | -0,51 | 429,52 | -0,81 | — | — | — | — |
| 300 | 276,73 | -0,27 | 296,27 | -0,29 | 317,96 | -0,32 | 342,71 | -0,36 | 372,37 | -0,43 | 412,07 | -0,61 | — | — | — | — |
| 325 | 270,22 | -0,25 | 289,29 | -0,27 | 310,35 | -0,29 | 334,18 | -0,32 | 362,28 | -0,38 | 398,39 | -0,49 | 464,47 | -1,48 | — | — |
| 350 | 264,31 | -0,22 | 283,00 | -0,24 | 303,54 | -0,26 | 326,63 | -0,28 | 353,53 | -0,33 | 387,17 | -0,41 | 439,27 | -0,75 | — | — |
| 375 | 258,98 | -0,20 | 277,36 | -0,21 | 297,47 | -0,23 | 319,96 | -0,25 | 345,93 | -0,28 | 377,78 | -0,34 | 423,51 | -0,54 | — | — |
| 400 | 254,21 | -0,18 | 272,32 | -0,19 | 292,09 | -0,20 | 314,10 | -0,22 | 339,34 | -0,24 | 369,86 | -0,29 | 411,76 | -0,41 | — | — |
| 425 | 249,96 | -0,16 | 267,86 | -0,17 | 287,36 | -0,18 | 308,99 | -0,19 | 333,67 | -0,21 | 363,19 | -0,24 | 402,56 | -0,33 | — | — |
| 450 | 246,23 | -0,14 | 263,96 | -0,15 | 283,24 | -0,15 | 304,59 | -0,16 | 328,83 | -0,18 | 357,63 | -0,20 | 395,27 | -0,26 | — | — |
| 475 | 242,99 | -0,12 | 260,60 | -0,12 | 279,73 | -0,13 | 300,86 | -0,14 | 324,79 | -0,15 | 353,06 | -0,16 | 389,55 | -0,20 | 459,12 | -0,59 |
| 500 | 240,24 | -0,10 | 257,77 | -0,10 | 276,79 | -0,11 | 297,78 | -0,11 | 321,51 | -0,12 | 349,44 | -0,13 | 385,18 | -0,15 | 448,47 | -0,31 |
| 525 | 237,98 | -0,08 | 255,46 | -0,08 | 274,43 | -0,08 | 295,34 | -0,08 | 318,96 | -0,09 | 346,71 | -0,09 | 382,07 | -0,10 | 442,83 | -0,15 |
| 550 | 236,20 | -0,06 | 253,67 | -0,06 | 272,63 | -0,06 | 293,53 | -0,06 | 317,13 | -0,06 | 344,85 | -0,06 | 380,17 | -0,05 | 440,57 | -0,03 |
| 575 | 234,89 | -0,04 | 252,40 | -0,04 | 271,40 | -0,04 | 292,35 | -0,03 | 316,03 | -0,03 | 343,87 | -0,02 | 379,45 | 0,00 | 441,53 | 0,11 |

Fonte: Autor, (2019).

4 CONCLUSÕES

- 1- A análise conjunta dos fatores de produção, água e adubação, mostrou que ambos tiveram efeito significativo sobre o rendimento da cenoura;
- 2- O rendimento máximo estimado da cenoura foi de 95,85 t ha⁻¹, a ser obtido com o emprego de 478,25 mm e 541,93 kg ha⁻¹ de adubação.

REFERÊNCIAS

Aguiar, j. V. A função de produção na agricultura irrigada. Fortaleza: imprensa universitária, 2005. 196 p.

Anda. Evolução do consumo aparente de n, p, k e total de npk no brasil/consumo aparente de fertilizantes e matérias-primas. 2011. Disponível em: <http://brasil.ipni.net/article/brs-3132>. Acesso em: 25 jun. 2019.

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. Revista horticultura brasileira 28: 495-499. 2010. Disponível em: http://cms.horticulturabrasileira.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=5&itemid=121&artigo=http://cms.horticulturabrasileira.com.br/images/stories/28_4/201028419.pdf. Acesso em: 1 jun. 2019.

Blanco, f. F.; cardoso, m. J.; freire filho, f. R.; veloso, m. E. C.; nogueira, c.c.p.; dias, n. S. Milho verde e feijão-caupi em consórcio sob diferentes lâminas de irrigação e doses de fósforo. Pesquisa agropecuária brasileira, v. 46, p. 524-530. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v46n5/10.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2019.

Bolfarini, a. C. B.. Desempenho agrônômico e qualidade dos frutos de bananeiras 'prata anã' e 'maçã' submetidas à adubação fosfatada. 2015. 120 f. Dissertação (mestrado em agronomia)- universidade estadual paulista, faculdade de ciências agrônômicas de botucatu, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/126444>. Acesso em: 20 jun. 2019.

Büll, l. T. Nutrição mineral do milho. In: bull, l. T.; cantarella, h. (ed.). Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: potafos, p. 63-145, 1993. Disponível em: <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=474749&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22bull,%20l.t.%22&qfacets=autoria:%22bull,%20l.t.%22&sort=&paginacao=t&paginaatual=1>. Acesso em: 25 ago. 2019.

Cadeia produtiva de hortaliças (cna). Mapeamento e quantificação da cadeia produtiva de hortaliças. Disponível em: https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/bibliotecas/livro_final3_mapeamento_e_quantificacao_da_cadeia_de_hortalicas_08.pdf.

Carvalho, a. D. F; silva, g. O.; resende, f. V. Adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura pelo método reml/ blup. Horticultura brasileira, 35:69-74, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0102-05362017000100069&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 06 set. 2019.

Carvalho, a. J.; martins, d. P.; monnerat, p. H.; bernardo, s. Adubação nitrogenada e irrigação no maracujazeiro-amarelo. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1101-1108, 2000. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/5881/2985>. Acesso em: 25 jun. 2019.

Carvalho, j. De a. Coeficiente de cultura, avaliação econômica da produção e análise do crescimento da cenoura (daucus carota l.) Irrigada. Viçosa, mg: ufv, 1994. 78p. (tese de doutorado), 1994.

Chock, c. C.; seddigh, m.; saunders, l. D.; stieber, t. D.; miller, j. Sugarbeet nitrogen uptake and performance following heavily fertilized onion. *Agronomy journal*, v. 92, p. 10-15, 2000. Disponível: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/tocs/92/1>. Acesso em: 25 jun 2019.

Colombari, l. F.. Parcelamento e doses de nitrogênio em cobertura na produção, acúmulo de nutrientes e qualidade de cenoura. 2015.61p. Dissertação (mestrado) - universidade estadual paulista júlio de mesquita filho, faculdade de ciências agrônômicas de botucatu, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/126417>. Acesso em: 17 jun. 2019.

Costa f. A; medeiros j. F; negreiros m. Z; bezerra neto f; porto d. R. Q.; chaves s. W.; dantas k. N. Rendimento de melão cantaloupe em diferentes coberturas de solo e lâminas de irrigação. *Caatinga* v. 15, p. 49-55, 2002.

Dantas neto, j., azevedo, h. M.; azevedo, c. A. V.; guerra, h. O. C. Funções de resposta do capim buffel ao uso da água e época de corte. *Irriga, botucatu*, v.4, n.3, p. 158-167,1999. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/2420>. Acesso em: 5 de jul. 2019.

Embrapa. Centro nacional de pesquisa de hortaliças. 2013. Distribuição da produção de hortaliças no brasil. Disponível em <http://www.cnph.embrapa.br>. Acesso em: 22 maio de 2019.

Filgueira, f. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. Ed. Viçosa: ufv, 2013, 421p.

Filgueira, f. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. Ed. Viçosa: ufv, 2012, 309-310p.

Frizzone, j. A. Funções de resposta das culturas à irrigação. Piracicaba: esalq/usp. 1993. 42p. (série didática, 6).

Frizzone, j. A.; teodoro, r. E. F; pereira, a. S.; botrel, t. A. Lâminas de água e doses de nitrogênio na produção de aveia (avena sativa l.) Para forragem. *Scientia agricola*, v. 52, n. 3, p.578-586, 1995. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-90161995000300027>. Acesso em: 02 ago. 2019.

Guimarães, p. T. G.; nogueira, f. D.; malta, m. R.; dias, k. G. L.; rei, t. H. P. Adubação do cafeeiro e a qualidade do produto colhido. *Informe agropecuário, belo horizonte*, v. 32, n. 261, p. 39-51, mar./abr. 2011. Disponível em: http://www.epamig.br/publicacoes/informe-agropecuario/?cp_informe=2. Acesso em: 13 jun. 2019.

Hexem, r. W.; heady, e. O. Water production functions for irrigated agriculture. Ames, iowa: the iowa university press, 215p. 1978. Disponível em: <https://academic.oup.com/ajae/article-abstract/61/2/384/146901?redirectedfrom=fulltext>. Acesso em: 30 jun. 2019.

Ibge. Instituto brasileiro de geografia e estatística. Censo agropecuário 2006. Rio de janeiro: ibge, 2010.

López-mata, e.; tarjuello, j. M.; juan, j. A.; ballesteros, r.; domínguez, a. Effect of irrigation uniformity on the profitability of crops. *Agricultural water management*. V. 98, p. 190-198, 2010. Acesso em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377410002738>. Acesso em: 23 jun. De 2019.

Lucena, f. A. P.; silva, e. M.; ribeiro a. A.; simeão, m.; lucena, j. P. A. P. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência no município de bom jesus, pi. *Revista brasileira de*

agricultura irrigada, v. 10, n. 663-675, 2016. Disponível em: https://inovagri.org.br/revista/rbai/article/download/404/pdf_282. Acesso em: 22 jul. 2019.

Mantovani, e. C.; delazari, f. T.; dias, l. E.; assis, i. R.; vieira, g. H. S.; landim f. M. Eficiência no uso da água de duas cultivares de batata-doce em resposta a diferentes lâminas de irrigação. *Horticultura brasileira*. V. 31, p. 602-606, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=s0102-05362013000400015&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 20 maio. 2019.

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. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicas/busca-de-publicacoes/-/publicacao/781609/tensoes-limite-de-agua-no-solo-para-o-cultivo-do-tomateiro-para-processo-irrigado-por-gotejamento>. Acesso em: 06 ago. 2019.

Melo, a. S.; sussuna, j. F.; fernandes, p. D.; britto, m. E. B.; sussuna, a. f.; oliveira, a. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. *Acta scientiarum. Agronomy*, v. 32, n. 1, p. 73-79, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/asagr/v32n1/v32n1a11>. Acesso em: 11 maio. 2019.

Mendonça, r. S. Fontes de fertilizantes nitrogenados para a cultura do milho. 23p. Trabalho de conclusão de curso, universidade federal de são joão del rei, 2015. Disponível em: <https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/file/ceagr/tcc%202015%201%201/fontes%20de%20fertilizantes%20nitrogenados%20par%20a%20cultura%20do%20milho-%20rodrigo%20silva%20mendonca.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2019.

Monteiro, r. O. C. Função de resposta da cultura de meloeiro aos níveis de água e adubação nitrogenada no vale do curu, ce. 92 f. Dissertação (mestrado em engenharia agrícola) - universidade federal do ceará, fortaleza-ce, 2004. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/18080>. Acesso em: 4 jul 2019.

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. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3141>. Acesso em: 3 jul. 2019.

Nascimento, m. V.; xavier, r. C.; fernandes, l. R. S. G.; silva, t. C.; gomes, i. S.; benett, c. G. B.; benett, k. S. S. Produtividade da cenoura em função de fontes e doses de fósforo. In: congresso de ensino, pesquisa e extensão da ueg. 2., 2015. Anais[...], pirenópolis, go, 2015.

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 (mestrado em fitotecnia) - ufrj, soropédica, rj. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/daniel/downloads/material/teses%20orientadas/dissertacao%20dionizio.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2019.

Oliveira, m. A.; zucareli, c.; spolaor, l. T.; domingues, a. R.; ferreira, a. S. Desempenho agrônômico do milho sob adubação mineral e inoculação das sementes com rizobactérias. *Revista brasileira de*

engenharia agrícola e ambiental, v.16, n.10, p.1040-1046, 2012. Disponível em : <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v16n10/a02.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2019.

Panazzolo, f.; klar, a. E.; frigo, e. P.; frigo, k. D. A.; bonassa, g.; schneider, l. T.; battisti, g.; azevedo, a. V.; grignet, r. S. Salinidade e disponibilidade hídrica no desempenho da cenoura. Acta iguazu, cascavel, v. 5, n. 4, p.124-142, 2016. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/16358>. Acesso em: 27 jul. 2019.

Panazzolo, f.. Influência de diferentes doses de salinidade e níveis de água na produção de cenoura. 2011. 50 f. Dissertação (mestrado) - universidade estadual paulista, faculdade de ciências agrônomicas, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/93795>>. acesso em: 27 jul 2019.

Rabelo, k. C. C.. Fertilizantes organomineral e mineral: aspectos fitotécnicos na cultura do tomate industrial. 2015. 69 p. Dissertação (mestrado em agronomia) - universidade federal de goiás, goiânia, 2015. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/5214>. Acesso em: 13 jul. 2019.

Resende, g. M.; yuri, j. E.; costa, n. D.; mota, j. H. Yield of carrot cultivars in organic farming system at high temperature. Horticultura brasileira, v.34, p.121-125, 2016.

Rocha, ismael de barros. Produção da cenoura (daucus carota l.) Irrigada nas condições edafoclimáticas da região do alto parnaíba: avaliação econômica e determinação do coeficiente de cultura. 2003. 142p. Tese (doutorado em engenharia agrícola) – universidade federal de viçosa – ufv, viçosa, mg, 2003. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9586>. Acesso em: 25 jun. 2019.

Santos, l. A. Sistema lisimétrico de informações para monitoramento do consumo de água pelas plantas (slimcap). 37 f. Tcc (trabalho de conclusão de curso). Campus de arapiraca, universidade federal de alagoas, arapiraca, 2018. Disponível em: <https://ud10.arapiraca.ufal.br/repositorio/publicacoes/1947>. Acesso em: 21 de jun. 2019.

Silva, a. A.; silva, t. S.; vasconcelos, a. C.p.; lana, r. M.q. aplicação de diferentes fontes de ureia de liberação gradual na cultura do milho . Bioscience journal, v. 28, n. 1, p. 104-111, 2012. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13242>. Acesso em: 15 jun. 2019.

Silva, j. C.; silva, c. B.; santos, d. P.; santos, A. L.; oliveira, w. J.; reis, l. S. Evapotranspiração e coeficiente de cultura da cenoura irrigada no agreste alagoano. Revista ceres, v. 65, n. 4, p. 297-305, 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=s0034-737x2018000400297&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 17 jun. 2019

Silva, j. T.a.; silva, p. I.; pereira, r. D. Adubação fosfatada em mudas de bananeira ‘prata anã’ (aab), cultivadas em dois latossolos. Revista ceres, viçosa, v. 58, n.1, p. 238-242, 2011. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/pt/artigo/visualizar/154>. Acesso em: 21 jun. 2019.

Silva, v. V. Efeito do pré-cultivo de adubos verdes na produção orgânica de brócolos (brassica oleracea l. Var. Italica) em sistema de plantio direto. 2002. 86p. Dissertação. Rio de janeiro: universidade federal rural do rio de janeiro. 2002. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/bitstream/tede/527/1/2002%20-%20vinicius%20vitoi%20silva.pdf>. Acesso em: 25 de ago. 2019.

Silva, y. N. M.; júnior, w. L.c.; almeida, k. F.de.; oliveira, g. De s.; alencar, j.b. resposta da cenoura à irrigação conduzida com o método de determinação de umidade do solo com uso de forno elétrico.

Xxv conird, aracajú, 2015. Disponível em: <http://www.abid.org.br/cd-xxv-conird/pdf/247.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2019.

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. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v6n2/v6n2a06.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2019.

Souza, a. F.; mesquita filho, m. V.; vieira, j. V.; souza, r. B de.; meileres, s. M. Teores de macronutrientes e produção de matéria seca em cenouras do grupo Brasília, cultivadas em solos sob cerrado. Embrapa hortaliças, 2003. Disponível em <http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/download/biblioteca/olna4090c.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2019.

Taiz, l.; zeiger, e. Fisiologia vegetal. Porto alegre: artmed,719p, 2013.

Valero, j. A de j; manãs, f. J. M de s. Agronomia del riego. Madrid. Ed mundi. 1993. 732 p.

Vieira filho, p. S.; oliveira, g. Q.; biscaro, g. A.; silva, l. B.; souza, m. A. S. Parcelamento de nitrogênio via água de irrigação na cultura da cenoura. Ii inovagri international meeting, fortaleza, ce. Anais do inovagri, 2014. Disponível em: <http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/simposios/221-ii-inovagri-2014/2450-ii-inovagri-2014-a641.html>. Acesso em: 16 jun. 2019.

Vieira, j. V.; pessoa, h. B. S. V. ; makishima, n. Sistema de produção de cenoura. Brasília: embrapa. 2008. Disponível em:https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/fonteshtml/cenoura/cenoura_daucus_carota/autores.htm. Acesso em: 18 maio. 2019.

Zanella, b. E.; moreira, g. C. Adubação nitrogenada na cultura da cenoura. Cultivando o saber, cascavel, v. 6, n. 2, p. 47-55, 2013. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/revista/cultivando-o-saber/30>. Acesso em: 17 de jun. De 2019.

Zanfirov, c. A.; correa, c. V.; carpanetti, m. G.; correa, f. F.; cardoso, a. I. I. Produção de cenoura em função das doses de potássio em cobertura. Horticultura brasileira, v. 30, n. 4,. 2012. Disponível em: http://cms.horticulturabrasileira.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=5&itemid=121&artigo=http://cms.horticulturabrasileira.com.br/images/stories/30_4/201230429.pdf. Acesso em: 16 jul. 2019.