

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

DISSERTAÇÃO

**PRODUTIVIDADE DE CEBOLA (*Allium cepa* L.)
EM CULTIVO AGROECOLÓGICO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E
COBERTURA DO SOLO**

Eduardo Castro Ribeiro

2014



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**PRODUTIVIDADE DE CEBOLA (*ALLIUM CEPA* L.) EM CULTIVO
AGROECOLÓGICOSOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E COBERTURA
DO SOLO**

EDUARDO CASTRO RIBEIRO

Sob a Orientação do Professor

Daniel Fonseca de Carvalho

e Co-orientação do Professor

José Guilherme Marinho Guerra

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no curso de Pós-Graduação em Fitotecnia.

Seropédica - RJ
Fevereiro de 2014

641.3525

R484p

T

Ribeiro, Eduardo Castro, 1989-
Produtividade de cebola (*Allium cepa*
L.) em cultivo agroecológico sob lâminas
de irrigação e cobertura do solo / Eduardo
Castro Ribeiro - 2014.
65 f.: il.

Orientador: Daniel Fonseca de Carvalho.
Dissertação (mestrado) - Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de
Pós-Graduação em Fitotecnia.
Bibliografia: f. 40-49.

1. Cebola - Teses. 2. Cebola - Cultivo
- Teses. 3. Irrigação agrícola - Teses. 4.
Irrigação por gotejamento - Teses. 5.
Cobertura morta (Agricultura) - Teses. I.
Carvalho, Daniel Fonseca de, 1968-. II.
Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Curso de Pós-Graduação em
Fitotecnia. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

EDUARDO CASTRO RIBEIRO

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências** no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia.

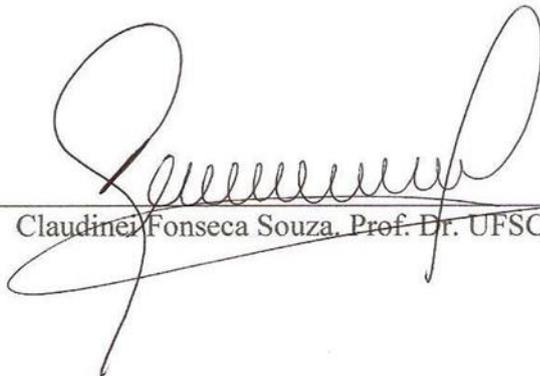
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 27/02/2014



Daniel Fonseca de Carvalho. Prof. Dr. UFRRJ
(Orientador)



Leonardo Oliveira Medici. Prof. Dr. UFRRJ



Claudinei Fonseca Souza. Prof. Dr. UFSCAR

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a Deus
Aos meus pais Maria das Graças Castro Ribeiro e
Francisco Ribeiro Filho
A minha esposa Jaqueline Mendes Costa Ribeiro
Aos meus irmãos Eugênio Castro Ribeiro, Virginia
Castro Ribeiro e Henrique Castro Ribeiro
Aos meus Sogros Marly Mendes Costa e João Raulino
Mendes
Aos meus cunhados Andréia, Elias, Janaína, Joabe e
Rogério.
Aos meus cuncunhados Lusilene e Itamar
Aos meus sobrinhos Artur, Guilherme, Ian, Kauã,
Leonardo, Marcos Vinícios e Sofia.
A minha avó Zilda e meus falecidos avôs Francisco,
Ana Vitória e Luiz.
Aos meus tios Solange, Magno, Dona Tília, Cecília,
Cecy, Rosália, Joana, Helena, Sebastião, Maria Vitória,
Divino, Joaquim Ribeiro, Antonio, José Wilson,
Quitéria, Wilton, Jeovair, Túlio, Silvio, Agostinho,
Divina, Joaquim Sirino, Teo, Eide, Iraíde, Dulce, e
falecido tio José.
Aos meus Primos Edigard, Lucas, Matheus, Felipe,
Wilian, Victor Castro, André, Carolina, Jovair, Luiz
Antonio, Bruna, Rafael, Bruno, Eulália, Solange,
Orleans, Daniel, Lenerlan, Jeovalino, Jorge, Cristina,
Adriana, Edmar, Sônia, Lindomar, Sônia, Célio, Victor
Ribeiro, Jusciléia, Cristiano, Admilson, Silvana, Maria
Helena, Sinval e Sirlene, Tiago, Henderson, Adriely,
Lania Mara, kaline, Hugakely, Bruno, Breno e Maiara.
A minha madrinha Joana e meu falecido padrinho João.
Ao meu padrinho padre Paulo
E a todos meus amigos

Dedico!!!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pela nossa existência, à todos meus familiares por sempre me apoiarem principalmente os meus pais Maria das Graças Castro Ribeiro e Francisco Ribeiro Filho, à minha esposa Jaqueline e aos meus irmãos Virginia, Eugênio e Henrique.

Agradeço à CAPES, pelo apoio financeiro através de bolsa.

À UFRRJ, ao Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, ao Instituto de Agronomia, e ao Grupo de Pesquisa “Água e Solo em Sistemas Agrícolas” (GPASSA), pela minha formação.

Ao professor Daniel Fonseca de Carvalho por me aceitar como orientado e pelos ensinamentos e orientação.

Aos professores Pedro Damasceno, Antônio Carlos Abboud, Gonzalo Efraín Moya Borja, Roberto Rossiello Maurício Ballesteiro Pereira, Cibele Fiorine, Aroldo Ferreira Lopes Machado e Alexander Silva de Resende, pelos ensinamentos.

Ao professor Marcos Gervasio Pereira, pelo apoio e supervisão de estágio de docência.

À Embrapa Agrobiologia, principalmente ao Pesquisador José Guilherme Marinho Guerra, pelo apoio e co-orientação e às doutorandas Eva Adriana e Dione Galvão pelo apoio.

Ao pesquisador Luiz da Pesagro pela atenção e receitas no controle das pragas e doenças da cebola.

À todos os colegas do grupo GPASSA, Camila Pinho de Sousa, Daniela Pinto Gomes, Wilk Sampaio de Almeida, Luiz Fernando Felix dos Santos, Ernane Tarcísio Martins Gomes, Fabíola Vieira Gonçalves, Hermes Soares da Rocha, Hugo Thaner dos Santos, Irineu Pedro de Sousa Andrade, Geozimar Terração da Silva, Jander Ferreira Almeida, Tatiane e Débora Candeias Marques de Moura, por todo o apoio, garra e disposição na implantação e atividades dos experimentos.

Aos colegas também do GPASSA, Lucas Antonio de Freitas Santos, Osnar Obede Silva Aragão e Ramilton Ribeiro Ricardo pela disposição e por me acompanharem como bolsistas do projeto.

Aos colegas Renan e Carlos Felipe pelo apoio operacional do primeiro experimento

Aos estagiários da UFMG Felipe e Nayara pela ajuda no primeiro experimento.

Aos funcionários e colaboradores da Fazendinha Agroecológica do km 47, Jaqueline, Elias, Pedro, Isaías, Handara, Hélio, Ivana, Valério, Zé Maria, pelo apoio, ensinamentos e trabalhos em campo.

Aos guardas da fazendinha, Robson, Tales,

Ao colega Alberto pelo apoio

Enfim, caso tenha esquecido alguém, desculpe-me, portanto agradeço.

Muitíssimo Obrigado!!!

RESUMO

RIBEIRO, Eduardo Castro. Produtividade de cebola (*Allium cepa* L.) em cultivo agroecológico sob lâminas de irrigação e cobertura do solo. 2014. 55 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2014.

A técnica de irrigação e de utilização de cobertura morta do solo podem provocar alterações nas variáveis de produção das culturas. Assim objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação aplicadas via método de gotejamento e da utilização de palhada de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Cameron) como cobertura morta do solo nas variáveis de produção de bulbos de cebola (*Allium cepa* L.) e na sua eficiência de uso da água, sob cultivo agroecológico. O experimento foi conduzido no período de Maio a Setembro de 2012 no Sistema Integrado de Produção Agroecológica, localizado entre as coordenadas 22°45' S e 43°41' W, localizado no município de Seropédica-RJ. O delineamento experimental adotado foi em Blocos completos casualizados, com parcelas divididas, com 10 tratamentos e 7 repetições, caracterizados pela presença (CC) e ausência de palhada como cobertura do solo (SC) e por cinco lâminas de irrigação relativas às porcentagens da evapotranspiração da cultura (ETc): 22, 45, 75 e 100%, denominadas lâminas L1, L2, L3 e L4, respectivamente, além da lâmina L0, caracterizada pela ausência de irrigação. As variáveis de produção avaliadas foram produtividade total de bulbos (PTB), massa média fresca de bulbos (MMFB), teor de matéria seca dos bulbos (TMSB), diâmetro médio de bulbos (DMB), sendo estes divididos em 7 classes de diâmetro, teor de sólidos solúveis totais (TSS) e a eficiência do uso da água (EUA). Os dados foram tabulados e submetidos à análise de variância e as médias foram avaliadas com auxílio da técnica de regressão, para o fator lâmina de irrigação, e do teste f para comparação de médias no que se refere ao fator cobertura do solo. O fator lâmina de irrigação influenciou significativamente as variáveis PTB, MMFB e DMB que variaram, respectivamente, de 11,4 a 52,1 Mg ha⁻¹, de 28,6 a 130,3 g e de 3 a 5 mm, tendo, em média, 98,6% de suas variações explicadas pela regressão polinomial de segunda ordem. A lâmina também influenciou significativamente na regressão polinomial de segunda ordem (condição SC) na EUA, que variou de 107,08 a 140,67 kg ha⁻¹ mm⁻¹ e na regressão linear com valores variando de 148,35 a 218,10 kg ha⁻¹ mm⁻¹ (condição CC). Ao contrário, a lâmina aplicada não afetou significativamente os teores de sólidos solúveis totais, que variaram de 9,9 a 12,2 °BRIX, e a massa seca de bulbos, que apresentaram variação de 6,4 a 7,5%. A presença de cobertura morta proporcionou uma economia de 5,7% em lâmina de irrigação no L4 e influenciou significativamente as variáveis de produção. Apesar de ter reduzido o TMSB, proporcionou à cultura o incremento da EUA, PTB, MMFB e DMB, e influenciou na distribuição do percentual de bulbos em classes de diâmetro, com redução de 35 % no percentual de bulbos enquadrados na classe 1 (< 35mm, sem ou baixíssimo valor comercial) e aumento em 31 e 30,8%, respectivamente, a porcentagem de bulbos enquadrados nas classes 3 e 3 cheio (50 a 70 mm, de melhor valor comercial). Esta distribuição foi influenciada significativamente pelos diferentes níveis de irrigação e, de modo geral, o percentual de bulbos enquadrados nas classes de maiores diâmetro (de melhor valor comercial) diminuiu e o percentual de bulbos enquadrados em classes de diâmetro reduzido aumentou com a redução da lâmina de água aplicada. Concluiu-se, com base nos resultados, que a técnica da irrigação promove melhorias nas variáveis de produção da cebola e que a utilização de cobertura morta no solo favorece melhores rendimentos e qualidade dos bulbos, com aumento da EUA.

Palavras-chave: Lâminas de irrigação. Cobertura morta. Irrigação por gotejamento. TDR.

ABSTRACT

RIBEIRO, Eduardo Castro. **Productivity of onion (*Allium cepa* L.) in agroecological farming under blades of irrigation and mulch soil.** 2014. 55 p. Dissertation (Master Science in Crop Science) Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2014.

The technique of irrigation and use of soil mulch can cause changes in the variables of crop production. Thus aimed to evaluate the effects of different blades irrigation applied through drip method and use of straw elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Cameron) as mulch on the soil variables of production of onion bulbs (*Allium cepa* L.) and its water use efficiency under agroecological farming. The experiment was conducted from May to September 2012 in the Integrated system Agroecological Production, located between the coordinates 22 ° 45 'S and 43 ° 41' W, in the municipality of Seropédica-RJ. The experimental design was a randomized complete blocks with split plots, with 10 treatments and 7 replications, characterized by the presence (CC) and absence straw how mulch soil (SC) and five blades irrigation characterized for percentages of the crop evapotranspiration (ETc) 22, 45, 75 and 100%, termed blades L1, L2, L3 and L4, respectively, and the blade L0, characterized by the absence of irrigation. The variables evaluated were the total productivity of bulbs (PTB), Average fresh bulb weight (MMFB), dry matter content of the bulbs (TMSB), diameter bulbs (DMB), which are divided into 7 classes in diameter, total soluble solids content (TSST) and the efficiency of water use (EUA). Data were tabulated and subjected to analysis of variance and means were assessed with the regression technique to the blade factor for irrigation, and of the f test for comparison of means with regard to the coverage factor of the soil. The blades irrigation factor significantly affected the variables PTB, MMFB and DMB ranging, respectively, from 11.4 to 52.1 t ha⁻¹, 28.6 to 130.3 g and 3 to 5 mm, and in average 98.6% of their variations were explained by the polynomial regression second-order. The blade also influenced significantly in the polynomial regression second-order (condition SC) the EUA, which ranged from 107.08 to 140.67 kg ha⁻¹ mm⁻¹ and in the linear regression with values ranging from 148.35 to 218.10 kg ha⁻¹ mm⁻¹ (CC condition). Unlike, the applied blade did not significantly affect the levels of total soluble solids, ranging from 9.9 to 12.2 ° Brix, and the dry weight of the bulbs, which presented variation of 6.4 7.5%. The presence of mulch provided savings of 5.7% in water depth at L4 and influenced significantly the production variables. Despite having reduced TMSB, has provided to culture the increase in USA, PTB, MMFB and DMB, and influenced the distribution of the percentage of bulbs in diameter classes, with 35% reduction in the percentage of bulbs classified as class 1 (<35mm with no or very low commercial value) and increased by 31 and 30.8%, respectively, the percentage of bulbs classified in class 3 and 3 full (50 to 70 mm, of best commercial value). This the distribution was significantly influenced by different levels of irrigation and, in general, the percentage of bulbs classified in classes of larger diameter (best commercial value) decreased the percentage of bulbs grouped in classes of reduced diameter increased with the reduction of blade water applied. It was concluded, based on the results, that the technique of irrigation promotes improvements in the yield components of onion and the use of mulch on the soil favors better yields and quality of bulbs, with increased EUA.

Keywords: Blades Irrigation. Mulch. Drip irrigation. TDR.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Curva de retenção da água no solo ajustada pelo modelo proposto por Van Genuchten (1980) para as profundidades a) 0-15 cm e b) 15-30 cm..... 13
- Figura 2.** Esquema demonstrativo do delineamento experimental adotado..... 14
- Figura 3.** Visão geral do experimento, (a) logo após a aplicação de cobertura do solo e (b) no final do estágio de desenvolvimento vegetativo..... 14
- Figura 4.** Esquema demonstrativo da parcela experimental, contendo as sondas de TDR instaladas em diferentes profundidades..... 15
- Figura 5.** Visão geral do experimento no momento da irrigação de aclimação..... 16
- Figura 6.** Emissores associados às lâminas L1 (a), L2 (b), L3 (c) e L4 (d)..... 17
- Figura 7.** Bacia de calibração (a) e procedimento de coleta de amostras com trado de rosca (b) e de leituras com a TDR (c)..... 17
- Figura 8.** Modelo de calibração de umidade do solo nas profundidade 0-15 cm (a) e 15-30 cm (b)..... 18
- Figura 9.** Profundidade efetiva do sistema raicular do tratamento controle com cobertura do solo (a), e dos tratamentos L3 (b) e L4 (c) sem cobertura..... 19
- Figura 10.** Caracterização climáticas durante o ciclo de cultivo da cebola: a) temperatura; b) umidade relativa..... 22
- Figura 11.** Caracterização climáticas durante o ciclo de cultivo da cebola: a) Radiação solar; b) precipitação (PPT) e precipitação acumulada (PPT ac.)..... 23
- Figura 12.** Variação da umidade do solo, no tratamento controle, nas diferentes profundidades e lâminas de irrigação aplicadas no cultivo da cebola para as duas condições de cobertura do solo..... 24
- Figura 13.** Variação da umidade do solo, no tratamento sem irrigação, nas diferentes profundidades e lâminas de irrigação aplicadas no cultivo da cebola para as duas condições de cobertura do solo..... 25
- Figura 14.** Análise de regressão polinomial da variável produtividade total de bulbos em função das lâminas de água aplicadas nas condições com ausência e presença de cobertura do solo..... 28
- Figura 15.** Análise de regressão polinomial da variável diâmetro médio de bulbos em função das lâminas de água aplicadas nas condições com ausência e presença de cobertura do solo..... 30
- Figura 16.** Distribuição do percentual de bulbos em classes de diâmetro em função das lâminas de irrigação aplicadas e das condições de cobertura do solo..... 30

Figura 17. Análise de regressão polinomial da variável massa média fresca de bulbos em função das lâminas de água aplicadas nas condições com ausência e presença de cobertura do solo.....	32
Figura 18. Valores médios do teor de massa seca de bulbos em função do fator irrigação...	33
Figura 19. Valores médios do teor de sólidos solúveis totais em função das lâminas de irrigação.....	34
Figura 20. Análise de regressão da variável Eficiência do uso da água, em função do fator irrigação.....	35

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Coeficiente de cultura (kc) para a cebola nos diferentes estágios de desenvolvimento e duração média dos estágios para uma cultivar com ciclo de 125 dias..... 7
- Tabela 2.** Algumas propriedades químicas do solo da área estudada..... 12
- Tabela 3.** Densidade do solo D_s (g cm^{-3}), teores de argila, areia e silte (g kg^{-1}) e classe textural das áreas estudadas..... 13
- Tabela 4.** Classificação da cebola pelo diâmetro..... 20
- Tabela 5.** Lâminas líquidas (irrigação + precipitação efetiva) nos diferentes tratamentos e cobertura do solo..... 26
- Tabela 6.** Evapotranspiração de referência (ET_o), evapotranspiração da cultura (ET_c) e coeficientes de cultivo (K_c) nas condições de presença (CC) e ausência (SC) de cobertura do solo, para os diferentes estágios de desenvolvimento da cebola..... 26
- Tabela 7.** Valores médios de temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR %), velocidade média do vento a 2 metros de altura (U_2), radiação solar global (R_s), precipitação total (PPT), precipitação efetiva nas condições sem cobertura (P_{ef} SC) e com cobertura do solo (P_{ef} CC) nos estágios de desenvolvimento da cebola..... 27
- Tabela 8.** Distribuição do percentual de bulbos em classes de diâmetro em função das lâminas de irrigação aplicadas e das condições de cobertura do solo..... 31
- Tabela 9.** Resultado do teste f para o fator cobertura do solo das variáveis EUA ($\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$), produtividade total de bulbos (PTB) (Mg ha^{-1}), massa média fresca de bulbo (MMFB) (g), diâmetro médio de bulbos (DMB) (cm) e teor de massa seca de bulbo (TMSB) (%)..... 37
- Tabela 10.** Resultado do teste f para o fator cobertura do solo em cada classe de diâmetro.. 37
- Tabela 11.** Resultado do desdobramento do fator Cobertura do solo dentro do fator lâmina de irrigação Para a variável teor de sólidos solúveis totais °BRIX (%)..... 38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	2
2.1 A cultura da cebola.....	2
2.2 Adaptação da Cebola ao Ambiente.....	2
2.3 Uso da Água na Agricultura.....	3
2.4 Irrigação da Cultura da Cebola.....	4
2.4.1 Quantidade de água a ser aplicada na irrigação.....	6
2.4.2 Coeficiente de cultivo.....	6
2.5 Cobertura do Solo por Resíduos Vegetais.....	7
2.6 Monitoramento da Umidade do Solo por meio da Técnica TDR.....	8
2.7 Produção Agroecológica da Cebola.....	9
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1 Localização, Clima e Solo da Área Experimental.....	12
3.2 Caracterização Edafoambiental das Áreas de Cultivo.....	12
3.2.1 Caracterização química do solo.....	12
3.2.2 Caracterização física do solo.....	12
3.3 Caracterização dos Tratamentos.....	13
3.4 Descrição do Cultivo.....	15
3.4.1 Preparo do Solo e Adubação.....	15
3.4.2 Tratos Culturais e Manejo Fitossanitário.....	15
3.5 Caracterização e Manejo do Sistema de Irrigação Empregado.....	16
3.5.1 Período de Estabelecimento das Mudas.....	16
3.5.2 Período de Desenvolvimento da Cultura.....	16
3.6 Monitoramento da Umidade do Solo.....	17
3.7 Monitoramento das Variáveis Climáticas.....	19
3.8 Coeficiente de Cultivo (Kc).....	19
3.9 Variáveis Analisadas.....	20
3.10 Análises Estatísticas.....	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1 Dados Climáticos.....	22
4.2 Monitoramento da umidade do Solo.....	24
4.3 Coeficientes de Cultivo.....	26
4.4 Variáveis de Produção.....	28
4.4.1 Produtividade total de bulbos.....	28
4.4.2 Diâmetro médio de bulbos.....	29
4.4.3 Massa média fresca de bulbos.....	32
4.4.4 Teor de massa seca de bulbos.....	33
4.4.5 Teor de sólidos solúveis totais (°BRIX).....	33
4.5 Eficiência de uso da água.....	35
4.6 Fator Cobertura do Solo.....	36
5 CONCLUSÕES.....	39
6 REFERÊNCIAS.....	40
7 ANEXOS.....	50
7.1 Anexo A.....	50
7.1.1. Análises de variância	50
7.2 Anexo B.....	53
7.2.1 Análises de regressão.....	53

1 INTRODUÇÃO

Originária das regiões montanhosas da Ásia Central, a cebola (*Allium cepa* L.) pertencente da família Aliaceae (Boiteux & Melo, 2004), é a hortaliça mais difundida no mundo e se destaca entre as demais cultivadas, tanto pelo seu volume de produção como pelo consumo e valor econômico (Oliveira et al., 2013). Em 2013, foi colhida no Brasil uma área de aproximadamente 55 mil hectares que proporcionou um produção de 1,42 milhões de toneladas (IBGE, 2014).

A irrigação exerce papel fundamental na agricultura em geral, e considerada um instrumento essencial para elevar a produtividade da cebola, desde que conduzida conforme os critérios técnicos e, conseqüentemente, promova maiores retornos econômicos aos cebolicultores.

Com a preocupação mundial com a racionalização dos recursos hídricos, o sistema de gotejamento tem sido recomendado para a grande maioria das culturas por ser um dos métodos mais eficientes na aplicação de água. Nas mais diversas condições ambientais, torna-se viável a obtenção de elevada eficiência no uso da água e melhor prevenção da incidência de fitopatógenos principalmente de parte aérea (Carvalho et al., 2011). Poucos estudos analisaram critérios de irrigação por gotejamento em cebola, os quais de maneira geral indicam que os melhores rendimentos ocorrem quando o solo permanece com umidade adequada (próximo à capacidade de campo).

Além do manejo da irrigação, outras técnicas de cultivo são necessárias para induzir a cultura a expressar seu máximo potencial produtivo, destacando-se o emprego de cobertura morta vegetal do solo, principalmente em sistema orgânico de produção. O efeito do uso de coberturas de solo sobre a produtividade das culturas depende do local, das condições de clima e do tipo de solo, do tempo de implantação e adequação, e interação entre cobertura e a cultura. Assim, é recomendável que o sistema de cultivo na palha seja adaptado regionalmente, e que, além de tecnicamente possível, seja economicamente viável (Tavella, 2011).

O uso de resíduos vegetais sob a forma de cobertura do solo é uma prática agrícola que reduz as perdas naturais de água pelo processo de evaporação na superfície do solo, proporcionando um aumento da eficiência do uso da água. (Carvalho et al., 2011).

Dentre os sistemas de cultivo, aquele que mantém o solo descoberto tende a apresentar maior consumo de água, pois no estágio inicial da cultura no campo, a evapotranspiração é influenciada basicamente pela evaporação da água do solo devido à menor cobertura do solo proporcionada pela cultura. Nesta fase, recomenda-se aumentar a frequência de irrigação com aplicação de lâminas menores, a fim de se evitar perdas por percolação.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo estimar os coeficientes de cultivo (Kc) da cultura nos seus diferentes estágios fenológicos para a região de Seropédica-RJ e avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação, aplicadas por gotejamento, na produção total (massas fresca e seca), no teor de sólidos solúveis totais de bulbos de cebola (*Allium cepa* L.) e na sua eficiência de uso da água sob cultivo agroecológico. Objetivou-se também avaliar a influência da utilização de palhada de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Cameron) como cobertura morta do solo nestes parâmetros de produção e sob as diferentes lâminas avaliadas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A cultura da cebola

A cebola (*Allium cepa* L.) é considerada, economicamente, a segunda hortaliça mais importante no mundo (Oliveira et al., 2009) e a terceira no Brasil (Vilas Boas et al., 2011a; Marouelli et al., 2005). O Brasil é o 8º maior produtor participando com cerca de 2% da oferta mundial e responde por 36% da produção sul-americana. Brasil, Argentina e Peru produzem 73% da cebola da América do Sul. O consumo de cebola per capita no Brasil é de 6 quilos por habitante/ano. (CooperCitrus, 2012). O seu cultivo caracteriza a principal atividade para mais de 60 mil famílias, sendo quase 100 % conduzido de forma irrigada, com exceção da região Sul. Alguns produtores em São Paulo e Minas Gerais tem conseguido produtividades com irrigação de 40 e 60 Mg ha⁻¹, respectivamente (Marouelli et al., 2005), bem acima da média nacional, que é de 23,24 Mg ha⁻¹ (IBGE, 2012).

Diferentemente da maioria das espécies, não se conhece o centro de origem exato da cebola, pois não há registros de indivíduos encontrados em seu estado silvestre (Boiteux & Melo, 2004). Segundo os mesmos autores, o geneticista Vavilov sugeriu as regiões desérticas englobando Irã e Paquistão como os prováveis centros de origem devido às características morfológicas e fisiológicas de adaptação da cebola a solos pobres, rasos e com falta de água, característicos da Ásia central. A formação de bulbos é uma forma de adaptação da cebola armazenando água para sobrevivência em condições de seca prolongada. Outras estratégias da cebola são: níveis variáveis de cerosidade nas folhas, o que dificulta a perda de água; a presença de folhas quase que totalmente na vertical, evitando alta superfície de exposição solar nas horas mais quentes do dia; resistência ao transplante, mesmo quando é retirado quase todo o sistema radicular; fechamento estomático em condições de pequena deficiência hídrica, evitando a transpiração excessiva; folhas com formato cilíndrico, o que resulta em menor superfície transpirativa; baixa densidade radicular, e reduzida atividade fotossintética e transpirativa em condições de estresse hídrico (Boiteux & Melo, 2004).

A duração do ciclo da cultura depende da cultivar, do clima e do sistema de plantio, variando de 100 a 210 dias, como no caso de cultivares tardias plantadas na região Sul. Em termos de necessidade de água, o período de crescimento pode ser dividido em quatro estágios: inicial, vegetativo, bulbificação e maturação (Marouelli et al., 2005).

2.2 Adaptação da Cebola ao Ambiente

A cebola é uma planta herbácea, pertencente à família Alliaceae, tenra, podendo atingir 60 cm de altura, possui folhas tubulares e cerosas. O caule verdadeiro é um disco compacto na base da planta, de onde se inserem as raízes e a bainha das folhas que juntas formam um pseudocaule cujo desenvolvimento dá origem ao bulbo (Filgueira, 2007). Apresenta-se como uma hortaliça sensível às variações ambientais, o fotoperíodo e a temperatura do ar são as variáveis climáticas que mais influenciam na fase vegetativa a qual culmina na formação do bulbo ou na fase reprodutiva, quando ocorre o florescimento e consequentemente a produção de sementes (Costa et al., 2002b).

Quanto ao fotoperíodo a cultura exige um número mínimo de brilho solar para se bulbificar. Em geral, não bulbificam em dias com menos de 10 horas de luz, se não suprida essa exigência, a cebola permanece sem bulbificar mesmo após longos períodos de crescimento (Oliveira et al., 2004). De acordo com os mesmos autores as cultivares de cebola são agrupadas em quatro grupos de acordo com as exigências em fotoperíodo para

bulbificação, a saber: cultivares de dias curtos (DC); de dias intermediários (DI); de dias longos (DL) e de dias muito longos (DML), exigindo um fotoperíodo mínimo de 12,13,14 e superior a 15 horas, respectivamente, para dar início à formação de bulbos.

As cultivares plantadas no Brasil são de DC e DI, pelo fato das condições de fotoperíodo do Brasil serem limitantes às cultivares de DL e DML. Para estas, o número de horas de luz disponível é menor que o requerido, sendo as cultivares de DI as mais adaptadas à região Sul do país.

O florescimento da cebola é condicionado principalmente pelo efeito de baixas temperaturas. De modo geral, plantas ou bulbos expostos a períodos prolongados de temperaturas abaixo de 12°C são induzidas ao florescimento. A exigência de frio e tempo de duração do frio para o florescimento varia de acordo com a cultivar e desenvolvimento da planta. Por outro lado em condições de temperatura elevada acima de 30°C na fase inicial de desenvolvimento vegetativo a planta poderá apresentar bulbificação precoce (Patel & Rajput, 2009).

2.3 Uso da Água na Agricultura

A agricultura irrigada produz 42 % dos alimentos do mundo (Coelho et al., 2005), entretanto, é responsável dentre os vários usos múltiplos existentes por 70% do consumo da água doce (Carvalho & Oliveira, 2012; Batista et al., 2013). Valor muito elevado em comparação à quantidade consumida pelos setores industrial (21 %) e pelo consumo doméstico (9 %) (Coelho et al., 2005). Os maiores consumos são atribuídos ao cultivo em grandes áreas, em que, além do recurso água, são investidos outros insumos (Starket al., 1983).

No Brasil, um hectare irrigado tem uma produção física equivalente a três hectares de sequeiro e a sete em produção econômica (ANA, 2004). Esses dados remetem a importância da irrigação no contexto alimentar.

Estima-se que o Brasil possui uma área de 29,6 milhões de hectares com potencial para o uso de irrigação, deste potencial atualmente estão sendo explorados apenas 19,6% que corresponde a uma área de 5,8 milhões de hectares (ANA, 2013).

O Brasil ocupa o 16º lugar entre os países com maior área irrigada no mundo, possuindo aproximadamente 1,6% da área mundial irrigada, cerca de 277 milhões de hectares (ANA, 2009). É um dos países que possui a menor relação área irrigada por área irrigável, além de apresentar baixa área irrigada per capita (0,018 ha por habitante), a menor da América do Sul (ANA, 2009). Segundo Paulino et al. (2011) esta baixa área irrigada per capita “justifica-se, em parte, pela boa distribuição de chuvas em boa parte do território nacional ao longo de determinadas épocas do ano”.

Existe uma estimativa de aumento do uso da água para o futuro, causada tanto pelo incremento populacional, demandando uma maior produção de alimentos, seja pela disponibilidade de terras com aptidão para uso na agricultura irrigada mundial estimadas em 470 milhões de hectares (Christofidis, 2002). Dos produtos necessários para satisfazer as necessidades da população mundial, nos próximos 25 anos, 80% serão providos pelos cultivos irrigados (Mukherji et al., 2009).

Em função do desmatamento e do uso inadequado dos solos, o aumento do escoamento superficial tem proporcionado redução da taxa de reposição das reservas de água dos solos (Coelho et al., 2005). Assim, sistemas de irrigação capazes de aumentar a eficiência do uso da água pelas plantas, com base nas reais necessidades hídricas da cultura irrigada, contribuem para a utilização racional dos escassos recursos hídricos do planeta (Carvalho & Oliveira, 2012).

O manejo racional da irrigação pode promover uma redução dos gastos de aproximadamente 30 % de energia e 20 % de água. Dos 30% de economia de energia, 20 % seria devido a não aplicação excessiva da água e 10 % devido ao redimensionamento e otimização dos equipamentos utilizados (Lima et al., 1999).

Para um adequado manejo do uso da água na agricultura, deve-se estar atento às seguintes questões: como irrigar, quando irrigar e quanto de água aplicar. Para isso, se faz necessário conhecer os fatores envolvidos no processo, tais como, características e capacidade do sistema de irrigação, características edafoclimáticas, demanda evaporativa da atmosfera e necessidade hídrica da cultura com base em sua fisiologia. As respostas para estas questões devem-se basear em parâmetros locais, determinados pela pesquisa, e não generalizar práticas específicas que tiveram sucesso em outras regiões (Costa et al., 1999).

A questão de como irrigar é definida pelo método e sistema de irrigação propostos no projeto, devendo-se observar as recomendações técnicas, com vistas a um melhor aproveitamento da água e a uma maior eficiência global da irrigação. O quando irrigar e o quanto de água aplicar são decisões que podem ser alteradas em relação ao previsto no projeto, em consequência das condições edafoclimáticas dominantes e estágio de desenvolvimento da cultura (Costa et al., 2002a).

Todos os métodos de manejo da irrigação requerem cálculos que exigem um mínimo de conhecimento do agricultor irrigante (exceto os sistemas automáticos, que dispensam maiores conhecimentos do produtor, porém demanda mão de obra especializada para montagem e manutenção do sistema) o qual normalmente não os absorve ou os abandona em detrimento do uso do método empírico cujo estabelece um número de horas, indistintamente, com base em experiência de um outro agricultor irrigante. Este tipo de manejo fatalmente incorre em redução de eficiência do uso de água, pois pode subestimar ou superestimar a lâmina a ser aplicada pela variação da demanda evapotranspirométrica ao longo do ciclo das culturas. Portanto não adianta se ter um sistema altamente eficiente se o manejo da irrigação for deficiente (Coelho et al., 2005).

2.4 Irrigação da Cultura da Cebola

Apesar da cebola possuir a característica de sobreviver em condições de seca prolongada (Boiteux & Melo, 2004) o seu desenvolvimento e rendimento é sensível à deficiência de água no solo, exigindo uma adequada disponibilidade e manutenção de umidade para um ótimo desenvolvimento (Korier et al., 1994; Kumar et al., 2007), sendo essencial o adequado manejo da irrigação, pois necessita ser ajustado de acordo com as exigências momentâneas da cultura (Vilas Boas et al., 2011a). Muitos estudos foram conduzidos em todo o mundo testando critérios de irrigação em cebola (Martín De Santa Olalla et al., 1994; Sharma et al., 1994; Saha et al., 1997; Shock et al., 1998, 2000; Al-Jamal et al., 1999; Bandyopadhyay et al., 2003; Kadayifci et al., 2005; Rajput & Patel, 2006; Kumar et al., 2007). Alguns deles reportaram que a produtividade de bulbos da cebola é altamente dependente da quantidade de água aplicada (Martín de Santa Olalla et al., 1994; Saha et al., 1997; Shock et al., 2000).

No momento anterior à semeadura ou ao transplante, o solo deve ser irrigado, independentemente do sistema de plantio empregado. A semeadura ou transplante em solo seco e subsequente irrigação proporcionam, quase sempre, problemas de estande e crescimento desigual das plantas. Imediatamente após o transplante das mudas, deve-se realizar uma nova irrigação para, além de disponibilizar água às mudas, eliminar bolsões de ar em torno das raízes (Marouelli et al., 2005)

De acordo com Morgam et al. (2001), a umidade do solo deve ser mantida de forma a não provocar déficit hídrico às plantas e ao mesmo tempo evitar a lixiviação de nutrientes.

A cebola possui raízes pouco ramificadas, que exploram um volume de solo que equivale a um cilindro de 12,5 cm de raio e 60 cm de profundidade. Do total de raízes absorventes, 80% encontram-se a uma profundidade máxima de 40 cm, sendo portanto, desejável uma umidade ideal nessa camada (Filgueira, 2007).

Quando o solo é mantido com umidade adequada, sem excessos, o crescimento das raízes é reduzido, favorecendo o desenvolvimento do bulbo (Gatto, 2013).

A salinidade do solo afeta o rendimento da cebola, e a diminuição do rendimento em relação à condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo é de 0 % para 1,2 dS.m⁻¹, 10 % para 1,8 dS.m⁻¹, 50 % para 4,3 dS.m⁻¹ e 100 % para 7,5 dS.m⁻¹ (Gatto, 2013).

São muitos os sistemas que podem ser utilizados para a irrigação da cultura da cebola, a saber: Inundação temporária em bacias, inundação em bacias com camalhões, sulcos, aspersão convencional, aspersão convencional fixa de microaspersão, Pivô central e gotejamento (Pinto et al., 2007). Cada um apresenta características intrínsecas, com diferentes custos com sua implantação e operacionalização, e diferentes plasticidades de adaptação às condições de solo, relevo e clima. Entre estes sistemas, os de irrigação por aspersão são os mais utilizados no Brasil na cultura da cebola, destacando-se o convencional, especialmente nas regiões Sul e Sudeste. Contudo, nos últimos anos alguns produtores têm optado por sistemas convencionais fixos de microaspersão e, em grandes áreas o sistema pivô central vem sendo utilizado com êxito (Pinto et al., 2007; Costa et al., 2002a). Em contrapartida, com a preocupação mundial, com a, conservação e racionalização do uso dos recursos hídricos, tem sido recomendado aos produtores, o uso do método de irrigação localizada para a grande maioria das culturas, por ser mais eficiente na aplicação de água e de fertilizantes (Nogueira et al., 1998).

A irrigação por gotejamento consiste num método racional de utilização de água na agricultura com possibilidade de obtenção de elevada eficiência no uso da água (EUA), minimização da utilização de mão de obra e melhor prevenção da incidência de fitopatógenos, principalmente de parte aérea (Carvalho et al., 2011). Além de outras vantagens, este método é mais eficiente no uso de água salobra do que os sistemas de irrigação por aspersão (Pasternak et al., 1984) e por permitir a aplicação de fertilizantes via fertirrigação. Caracteriza-se por aplicação de água em baixo volume e alta frequência, realizada por meio de emissores acoplados na tubulação que emitem vazões entre 2 a 20 L h⁻¹ proporcionando molhamento apenas de uma fração da área, evitando assim desperdícios pelo não aproveitamento das plantas. Segundo Vilas Boas et al. (2011b) apesar das inúmeras vantagens que o sistema oferece, o gotejamento não tem sido utilizado para irrigação da cultura da cebola no Brasil, com exceção de algumas pequenas áreas de observação. Uma das principais limitações está no seu alto custo de implantação. Até mesmo nos países mais desenvolvidos, o método de gotejamento é utilizado em apenas 1 % das áreas irrigadas (Coelho et al., 2005).

Poucos estudos analisaram critérios de irrigação por gotejamento em cebola (Shock et al., 1998; Chopade et al., 1998; Martin de Santa Olalla et al., 2004), os quais de maneira geral indicam que os melhores rendimentos ocorreram quando o solo permaneceu constantemente com conteúdo adequado de umidade e que a irrigação deve cessar duas semanas antes da colheita para evitar enraizamento e brotação dos bulbos durante o armazenamento.

O momento de suspender a irrigação pode ser verificado em campo apertando-se o pseudocaule da planta entre os dedos e verificando que 50% das plantas apresentam pseudocaule macio (Araújo et al., 1997). Marouelli et al. (2008) sugerem que a irrigação deve ser suspensa de 6 a 14 dias antes da colheita, dependendo do tipo de solo e do clima.

2.4.1 Quantidade de água a ser aplicada na irrigação

O cálculo da lâmina de água a ser aplicada via irrigação é necessário para que seja praticado um manejo de uso sustentável da água, além de proporcionar uma melhor disponibilidade hídrica evitando tanto o excesso como a falta de água as plantas. Entretanto, em algumas condições em que a água é um recurso escasso as irrigações deficitárias podem ser uma alternativa viável de produção.

Kumar et al. (2007) cultivaram cebola por dois anos no clima semi-árido em Punjab, Índia, com o objetivo de avaliar o efeito no desenvolvimento, rendimento e eficiência do uso da água (EUA) de quatro lâminas de irrigação baseadas em coeficientes (T1: 0,6; T2: 0,8; T3: 1,0 e T4: 1,2) pela evaporação do tanque classe A, aplicadas via método de microaspersão e obtiveram EUA de 69,7; 77,0; 75,8 e 71,9 kg ha⁻¹ mm⁻¹ respectivamente para os tratamentos T1, T2, T3 e T4 no primeiro ano e 79,5; 90,2; 84,3 e 76,2 kg ha⁻¹ mm⁻¹ no segundo ano. Os resultados indicaram que o tratamento T2 (maior EUA) foi o melhor tratamento em casos em que a água torna-se fator limitante nas condições de cultivo avaliadas. Este resultado evidencia que, em certos casos e desde que anteriormente testada, a irrigação deficitária pode ser uma estratégia adequada no manejo da irrigação.

A quantificação da lâmina depende diretamente do consumo de água pela cultura e este, segundo Silva et al. (2011a), depende diretamente da demanda energética atmosférica, da umidade no solo e da resistência da planta à perda de água para a atmosfera. De acordo com Chaves et al. (2005), o consumo de água no cultivo ocorre pelos processos de evaporação da água na superfície do solo e de transpiração das plantas, conjuntamente denominados evapotranspiração da cultura (ETc). Segundo os mesmos autores, a ETc depende dos elementos meteorológicos, da cultura e do solo podendo ser medida diretamente por meio de lisímetros (Carvalho et al., 2007; Souza et al., 2012) ou indiretamente por meio de equações (modelos empíricos) geradas a partir da combinação destes elementos (Miranda et al., 2001; Carvalho et al., 2006a; Barros et al., 2009). Dentre os modelos empíricos podem ser citados os de Thornthwaite (1948), de Hargreaves (1977), o método do tanque Classe A, e dentre os mecanísticos, o de Penman (1948), Priestley & Taylor (1972) e Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

A medida direta da ETc pode ser efetuada pelo método do Balanço da água no solo, que consiste no monitoramento da umidade e elevação desta até a capacidade máxima de retenção pelo solo com turno de rega fixado. Neste caso, a ETc média será a lâmina de reposição média diária, quando os demais componentes do balanço forem avaliados. Souza & Gomes (2008) citam que a ETc pode ser determinada por diferentes métodos, dos quais o emprego do balanço de água no solo tem se intensificado nos últimos anos.

Estudos desenvolvidos no norte de Minas Gerais indicam um consumo total médio de água entre 500 e 670 mm durante o ciclo da cebola, que corresponde a uma lâmina de irrigação entre 4 e 5 mm dia⁻¹ e nas Regiões Sul e Sudeste, o consumo total de água varia de 350 a 550 mm (Araújo et al., 1997).

2.4.2 Coeficiente de cultivo

Na estimativa da ETc de forma indireta comumente são utilizadas informações da evapotranspiração de referência (ETo) (Carvalho et al., 2006a; Zanetti et al., 2008) e de um coeficiente apropriado para cada cultura e local, conhecido como coeficiente de cultivo (Kc). Este representa um somatório dos efeitos de quatro características primárias que distinguem uma cultura específica da de referência, tais como: albedo, altura, propriedades aerodinâmicas e da folha e evaporação do solo (Allen et al., 1998). Segundo Doorenbos & Pruitt (1977) é importante a realização da calibração dos coeficientes de cultivo sob condições climáticas

específicas e de acordo com Allen et al. (1998) é recomendado que os valores de Kc e da duração dos estágios de desenvolvimento da cultura sejam ajustados por meio de experimentos para cada região, de acordo com a variedade cultivada, condições climáticas e tecnologia de cultivo empregadas.

O conhecimento apenas da necessidade total de água pela cultura não implica em manejo eficiente da irrigação, sendo necessário, portanto, o fornecimento de irrigação de acordo com as necessidades hídricas da cultura em cada estágio ou fase fenológica (Mendonça et al., 2007; Souza et al., 2011b).

Após o plantio e a emergência, a exigência de água, para atender às atividades fisiológicas das plantas, aumenta proporcionalmente ao desenvolvimento vegetativo, sendo máxima no estágio de crescimento de bulbos e reduzindo no estágio de maturação, portanto é interessante subdividir o ciclo total de desenvolvimento da cultura em estágios fenológicos para que se tenha um fornecimento de irrigação de acordo com as necessidades hídricas momentânea da cultura utilizando-se os coeficientes de cultivo ajustados para cada fase fenológica (Tabela 1), sendo assim dividido: Estágio I - da germinação até 10% do desenvolvimento vegetativo; Estágio II - de 10% até 70% a 80% do desenvolvimento vegetativo (início da bulbificação); Estágio III - de 70% a 80% do desenvolvimento vegetativo até início da maturação e Estágio IV - da maturação até a colheita (Costa et al 2002a).

Tabela 1. Coeficiente de cultura (kc) para a cebola nos diferentes estágios de desenvolvimento e duração média dos estágios para uma cultivar com ciclo de 125 dias.

⁽¹⁾ I	Estágios de desenvolvimento		
	⁽¹⁾ II	III	IV
0,4 a 0,6	0,7 a 0,8	0,95 a 1,10	0,75 a 0,85
0-30 dias	30-70 dias	70-125 dias	125 dias

Fonte: Extraído de Costa et al. (2002a)

Segundo Costa et al. (2002a) os maiores valores de Kc devem ser usados para condições de baixa umidade relativa do ar ($UR < 50\%$) e vento forte ($V > 5$ m/s); para turno de rega (TR) de 1 dia, usar Kc entre 1,0 e 1,1 e para TR = 2 dias, usar Kc entre 0,80 e 1,0.

2.5 Cobertura do Solo por Resíduos Vegetais

O uso de resíduos vegetais sob a forma de cobertura do solo é uma prática agrícola que reduz as perdas naturais de água pelo processo de evaporação na superfície do solo, proporcionando um aumento da EUA (Carvalho et al., 2011). Outras vantagens são o maior controle sobre a vegetação espontânea, a maior conservação da temperatura do solo (Santos et al., 2008) e a proteção do solo contra a ação da chuva e do vento (Lima, 2007).

A prática de uso de cobertura morta do solo tem mostrado repostas positivas. Resende et al. (2005) cultivaram cenoura (*Daucus Carota* L.) com cinco tipos de cobertura morta: serragem de madeira, casca de arroz, maravalha (raspa de madeira), capim seco (*Cynodons* pp.) e controle (ausência de cobertura) na região de Marília-SP. Os resultados mostraram que a prática é vantajosa para o cultivo de verão, pois reduziu a temperatura do solo em até 3,5 °C e aumentou a retenção de umidade do solo em até 2,3% em comparação ao solo sem cobertura.

Dentre os sistemas de cultivo, aquele que mantém o solo descoberto tende a apresentar maior consumo de água, pois no estágio inicial da cultura no campo, a taxa de

evapotranspiração é influenciada basicamente pela evaporação da água do solo devido a menor cobertura do solo proporcionada pela cultura assim como baixo potencial transpirativo da mesma nos estágios iniciais de desenvolvimento. Nesta fase, é recomendado aumentar a frequência de irrigação com aplicação de lâminas menores, a fim de se evitar perdas por percolação.

A cobertura morta consiste numa barreira física à emergência das plantas invasoras e reduz significativamente a incidência de luz incidente refletindo em queda pronunciada nas taxas de germinação do banco de sementes do solo (Santos et al., 2008).

A constante adição de matéria orgânica no solo, na forma de adubação verde ou matéria seca, tende a modificar algumas de suas características, como a estrutura e a fertilidade, assim como a população de organismos. O tipo de material utilizado como cobertura morta influencia no tempo de decomposição e, conseqüentemente, no tempo em que o material adicionado leva para começar a modificar a estrutura ou fertilidade e por conseguinte o rendimento das culturas. Em geral materiais com elevada relação C/N requer maiores períodos para decomposição podendo no primeiro ciclo de cultivo com hortaliças não aportar quantidades significativas de nutrientes ao solo.

2.6 Monitoramento da Umidade do Solo por meio da Técnica TDR

Para o manejo da irrigação é necessário a utilização de métodos que forneçam valores precisos e confiáveis. A TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo) (Topp et al., 1980) é uma das técnicas que permite avaliar a quantidade de água disponível no solo e se baseia na medida do tempo de propagação de um pulso de frequência de micro ondas conduzido a uma haste de aço inox de comprimento L inserida no solo. O tempo de propagação depende da umidade presente no solo estabelecendo uma constante dielétrica do meio (k_a). Esta dependência é, segundo Carvalho & Oliveira (2012), devido à grande diferença da constante dielétrica da água (80) para os outros constituintes do solo (1 para o ar e 3 a 7 para as partículas minerais), fazendo com que a TDR seja um método eficiente de se avaliar a umidade do solo. Propriedades do solo como, classe textural, densidade e o conteúdo de sais além da temperatura, segundo Topp et al. (1980), são fatores que não interferem significativamente na leitura da constante dielétrica do solo (k_a).

A constante dielétrica é obtida por meio da Eq. 1:

$$K_a = \left(\frac{\Delta d}{V_p L} \right) \quad (1)$$

em que:

K_a = constante dielétrica;

Δd = deslocamento (m);

V_p = velocidade de propagação ($0,99 \text{ m.s}^{-1}$);

L = comprimento da haste (m).

Com os valores de K_a , a umidade volumétrica do solo (θ) pode ser obtida por meio de equações, como a Eq. 2 proposta por Topp et al. (1980):

$$\theta = -0,053 + 0,029.K_a - 5,5 \cdot 10^{-4}.K_a^2 + 4,3 \cdot 10^{-6}.K_a^3 \quad (2)$$

A TDR é considerada um dos métodos mais promissores para monitoramento da umidade do solo por não oferecer riscos à saúde do operador, como as sondas de nêutrons, e ser altamente sensível às variações de umidade. Além disso, o método permite a coleta

automática dos dados, tornando-se possível a automação do sistema de irrigação (Coelho et al., 2003). Outras vantagens são enumeradas por Carvalho & Oliveira (2012) tais como: a possibilidade de medida do conteúdo de água do solo próximo à superfície; a obtenção de valores em ampla faixa de umidade do solo, mediante calibração local e a obtenção de leituras em faixas específicas de profundidade, instalando-se a sonda no sentido horizontal. Contudo é importante abordar que a utilização da TDR também apresenta limitações em algumas situações, como seu elevado custo atual, necessidade de calibração específica para cada tipo de solo (Souza & Matsura, 2002) e dispêndio de grande quantidade de sensores quando se deseja monitorar várias profundidades.

A calibração pode ser realizada a campo por meio de uma bacia de acumulação construída com o próprio solo onde são cravadas as sondas nas profundidades desejadas. Consiste em coletar amostras de solo periodicamente na bacia e determinar por meio de método direto a umidade volumétrica θ , e medir a K_a na mesma profundidade no momento da coleta. O conjunto de dados gerado (θ e K_a) pode ser trabalhado em um pacote estatístico que permitirá a obtenção de uma curva de calibração após análise de regressão que correlacione tais variáveis (Carvalho & Oliveira, 2012). Segundo os mesmos autores a calibração também pode ser realizada em laboratório por meio de amostras de solo coletadas e acondicionadas em recipientes e ressaltam que as curvas devem ser obtidas para diferentes profundidades do perfil e tipos de solo da área de plantio.

No manejo da irrigação com utilização de sensores pontuais, como no caso da TDR, é importante uma distribuição dos mesmos de modo a amostrar adequadamente a área a ser irrigada (Calbo et al., 2005). A localização adequada e o número de sensores no campo aparecem como um primeiro problema (Coelho et al., 2003). Além da necessidade de mão de obra treinada para o manejo e manutenção do equipamento que deve ser considerada.

Vários autores têm utilizado a técnica TDR para monitoramento da umidade do solo no manejo da irrigação (Camposeo & Rubino, 2003; Souza et al., 2006; Carvalho et al., 2011; Souza et al., 2011b) entre outros autores que tem utilizado a técnica com êxito no manejo da irrigação. A utilização da técnica fornece uma determinação indireta da umidade do solo, que é precisa e não destrutiva, permitindo a determinação de umidade em tempo real e a continuidade e automação na coleta dos dados (Coelho et al., 2003).

2.7 Produção Agroecológica de Cebola

O sistema agroecológico de produção se insere como uma ferramenta para produção de alimento ambientalmente consistente, produtiva e economicamente viável (Gliessman, 2001). Uma das vertentes da agroecologia é a agricultura orgânica, cujas diretrizes são descritas no Decreto N° 6.323 (Aquino & Assis, 2007), especialmente no artigo 3º, sublínea XI, desta forma descrita: “a adoção de práticas na unidade de produção que contemplem o uso saudável do solo, da água e do ar, de modo a reduzir ao mínimo todas as formas contaminação e desperdícios desses elementos”.

Em 20 de agosto de 2012, a Presidência da República publicou o decreto nº 7.794, que instituiu a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica que tem como “objetivo, integrar, articular e adequar políticas, programas e ações indutoras da transição agroecológica e da produção orgânica e de base agroecológica, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida da população, por meio do uso sustentável dos recursos naturais e da oferta e consumo de alimentos saudáveis”.

A crescente sensibilização dos consumidores acerca das consequências de suas decisões sobre o meio ambiente e a saúde tem ocasionado mudanças consideráveis nos padrões de consumo, notadamente nos países europeus. Contudo, aspectos como volume de produção, regularidade na entrega e qualidade de apresentação ainda têm dificultado um

crescimento mais acelerado da oferta de produtos orgânicos aos mercados consumidores no Brasil (Araújo et al., 2007).

Costa et al. (2008) afirmam que a produção orgânica de cebola é viável desde que o material orgânico seja suficiente para fornecer todos os nutrientes necessários para o crescimento da planta e, sobretudo com cultivares que melhor se adaptem a este sistema de cultivo.

A cebola mostra ainda ter um potencial para o cultivo consorciado principalmente no cultivo orgânico e com hortaliças de ciclo curto, devido seus aspectos morfofisiológicos e ciclo relativamente longo. Em experimento conduzindo na SIPA (Sistema Integrado de Produção Agroecológica) localizada no município de Seropédica (RJ), Paula et al. (2005, 2009) observaram que a cultivar de cebola Alfa Tropical em cultivo consorciado com alface Regina 2000 apresentou produtividades variando de 50,73 a 59,11 Mg ha⁻¹ que não diferiram do cultivo solteiro 54,9 Mg ha⁻¹, ambas consideradas ótimas para o cultivo em condições brasileiras e segundo os mesmos autores os cultivos consorciados podem aumentar a produção por unidade de área em determinado espaço de tempo, melhorar a distribuição temporal da receita, contribuir com a diversificação da oferta de alimentos e matérias primas, reduzindo assim os riscos de insucesso.

Além da utilização da irrigação, o uso de fertilizantes na agricultura proporciona ganhos econômicos e de produtividade, porém o setor brasileiro apresenta grande dependência externa, sendo necessária a importação da maioria dos produtos para atender à demanda nacional (IBGE, 2010). Neste sentido, a agricultura orgânica surge como uma alternativa para redução ou substituição destes insumos sintéticos, em detrimento à utilização de compostos orgânicos, biofertilizantes, adubação verde e cobertura viva permanente com leguminosas anuais e perenes (Ventura et al., 2007). Dentre os diversos compostos orgânicos pode-se citar a torta de mamona, que é bastante difundida na agricultura como adubo orgânico, porém há pouca informação científica a respeito dessa utilização.

Segundo Severino et al. (2005), a torta de mamona por meio da decomposição disponibiliza rapidamente seus nutrientes para as plantas. A torta de mamona, depois de incorporada como adubo orgânico, pode aumentar a atividade microbiológica, com melhores resultados em comparação ao esterco bovino e o bagaço de cana, mostrando ter potencial de uso na agricultura orgânica.

A mobilização harmoniosa de todos os recursos disponíveis, baseando-se na reciclagem de nutrientes e utilização de insumos orgânicos produzidos na propriedade, são técnicas aplicadas à agricultura orgânica. A substituição dos sistemas convencionais de produção por sistemas de produção que englobam aspectos econômicos, ambientais e sociais, e que busquem formas de manejo que possibilitem a conservação dos recursos naturais, vem sendo preconizada. Neste contexto, dentre outros benefícios, o sistema orgânico promove a manutenção da fertilidade e a manutenção da dinâmica da água no solo com a disposição de resíduos culturais na superfície, além disso reduz o impacto ambiental e a movimentação do solo, aplicando o cultivo mínimo ou plantio direto, diminui a dependência de matérias-primas externa e otimiza o balanço energético da produção (Petry et al., 2007; Souza et al., 2011b).

A cebola é susceptível a uma série de doenças e pragas que reduzem sua produtividade em proporções significativas. E a conversão dos sistemas de cultivo convencionais para os orgânicos de maneira geral apresenta grandes dificuldades para os produtores, pois no cultivo convencional, as pragas e doenças são controladas à base de defensivos químicos, fazendo com que os primeiros anos de agricultura orgânica apresentem grandes dificuldades de manejo para o produtor (Assis et al., 1996). Outro agravante é o mercado, que fundamentalmente depende da confiança dos consumidores na autenticidade do sistema de produção, que, por sua vez, só podem ser assegurados por meio de programas de certificação ou de uma legislação eficiente (Lampkin et al., 1994).

Pesquisas vêm sendo realizadas no intuito de desenvolver cultivares mais adaptadas ao sistema agroecológico de produção e que sejam resistentes visando reduzir ou até eliminar as perdas com pragas e doenças (Leite et al., 2009).

O uso do sistema de produção agroecológica de cebola em larga escala possibilitaria o aumento da independência financeira dos produtores pelo não uso de agrotóxicos, diminuiria o impacto causado ao ambiente, os problemas de saúde dos produtores e possibilitaria a oferta de um alimento mais saudável aos consumidores (Gonçalves & Wamser 2007).

Considerando-se que grande parte dos agricultores familiares adota a policultura e utiliza insumos disponíveis na propriedade durante o processo de produção, assume-se que a agricultura familiar é aquela que reúne as condições mais propícias ao desenvolvimento da produção agroecológica, tanto no Brasil como em outros países (Melão et al., 2007).

Apesar de haver no sistema orgânico um aumento da mão-de-obra com capinas, pois em sistema convencional é utilizado herbicida, o perfil do agricultor familiar permite conviver com esta realidade, pois utiliza mão-de-obra própria da família e não ocorre contratação externa à propriedade (Boeing, 2002).

Quando o cebolicultor trabalha sozinho, a mão-de-obra é a principal dificuldade para a expansão do sistema. Deste modo, mesmo quando ocorre, perda na produtividade, esta é compensada pela diminuição das despesas com agroquímicos e o maior preço alcançado pelo produto orgânico, sendo que o preço atrativo tem sido um dos fatores que favorecem a entrada dos cebolicultores na atividade, aliado à redução da dependência de insumos externos a propriedade (Gonçalves & Wamser 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização, Clima e Solo da Área Experimental

O experimento foi implantado e conduzido em 2012 no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), uma área de 59 ha conhecida como “Fazendinha Agroecológica Km 47”, localizada entre as coordenadas 22°45` S e 43°41`W, a 33,0 m de altitude, no município de Seropédica-RJ. O clima da região é caracterizado como Aw, segundo a classificação de Köppen, com temperatura média e precipitação média anual de 24,5°C e 1213 mm (Carvalho et al., 2006b). O solo da área em estudo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado, textura Franco-arenosa, fase floresta tropical subcaducifólia relevo suave ondulado, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

3.2 Caracterização Edafoambiental das Áreas de Cultivo

O levantamento das características químicas e físicas do solo foi realizado conforme metodologia proposta pela (EMBRAPA, 1997) e são apresentadas nos itens 3.2.1 e 3.2.2 respectivamente.

3.2.1 Caracterização química do solo

As amostras destinadas à caracterização da fertilidade do solo foram coletadas aleatoriamente nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm com utilização de trado de rosca, sendo misturadas para a formação de uma amostra composta por profundidade. As amostras foram então levadas para análise no laboratório de fertilidade da EMBRAPA-Agrobiologia e os resultados são apresentados na Tabela 2.

3.2.2 Caracterização física do solo

A caracterização física do solo foi realizada a partir de amostras indeformadas (exceto para a caracterização textural) coletadas nas mesmas profundidades, sendo levadas para análise no laboratório da EMBRAPA-Solos e os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 2. Algumas propriedades químicas do solo da área estudada

Propriedades	Profundidade	
	0 - 15 cm	15 - 30 cm
pH	6,7	6,4
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,01	0,01
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,6	2,35
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,89	0,79
K (mg L ⁻¹)	80	86
P (mg L ⁻¹)	60,61	89,15

Análises realizadas de acordo com (Embrapa 1997).

Tabela 3. Densidade do solo D_s (g cm^{-3}), teores de argila, areia e silte (g kg^{-1}) e classe textural das áreas estudadas

Profundidade	D_s	Argila	Areia	Silte	Classe Textural
0-15 cm	1,37	15	71	14	Franco-arenosa
15-30 cm	1,61	17	73	10	Franco arenosa

Análises realizadas de acordo com (Embrapa 1997).

A partir de amostras indeformadas, foram realizados ensaios na câmara de pressão de Richards (EMBRAPA, 1997) e com os resultados de umidade volumétrica, θ ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), *versus* potencial matricial, ψ_m (kPa), foram construídas as curvas de retenção da água no solo (Figura 1) e, posteriormente, ajustadas equações (Eq. 3 e 4) pelo modelo proposto por Van Genuchten (1980) por meio do programa computacional *RETSC versão 6.01 (Van Genuchten et al., 2013).

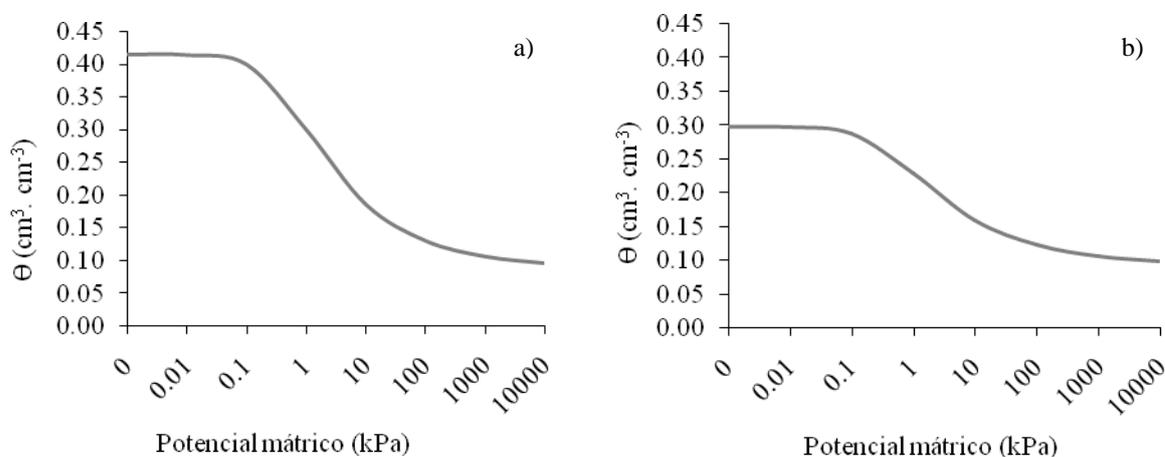


Figura 1. Curva de retenção da água no solo ajustada pelo modelo proposto por Van Genuchten (1980) para as profundidades a) 0-15 cm e b) 15-30 cm.

$$\theta_{0-15} = 0,089 \frac{0,326}{\left[1 + (2,73|\psi_m|)^{1,29}\right]^{0,283}} \quad (3)$$

$$\theta_{15-30} = 0,092 \frac{0,207}{\left[1 + (2,6|\psi_m|)^{1,2}\right]^{0,2863}} \quad (4)$$

em que:

θ = Umidade volumétrica ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)
 Ψ_m = Potencial mátrico (kPa)

3.3 Caracterização dos Tratamentos

Utilizou-se a cultivar de cebola Alfa Tropical que foi semeada em bandejas de poliestireno expandido de 288 células, com duas sementes por célula, em substrato na seguinte composição: 100 partes de vermicomposto, 15 partes de carvão vegetal triturado e

duas partes de torta de mamona, conforme recomendado por Oliveira (2011). O delineamento experimental adotado foi em blocos completos casualizados com parcelas divididas, com 10 tratamentos e 7 repetições (Figuras 2 e 3), caracterizados pela presença (CC) e ausência (SC) de cobertura do solo, e por cinco lâminas de irrigação, correspondendo, aproximadamente, a 22, 45, 75 e 100 % da necessidade hídrica da cultura (ETc), denominadas, respectivamente, L1, L2, L3 e L4. O tratamento L0 foi caracterizado pela ausência de irrigação.

A cobertura do solo foi constituída da parte aérea picada e seca à sombra do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Cameron), na dosagem de 2,5 kg m⁻² de matéria seca, recomendada por Oliveira (2005) e utilizada por Oliveira et al. (2008), Lima et al. (2009), Carvalho et al. (2011) e Oliveira Neto et al. (2011). O manejo da irrigação foi realizado tomando como referência a lâmina L4, na qual era realizado diariamente o balanço de água no solo por meio da técnica da TDR.

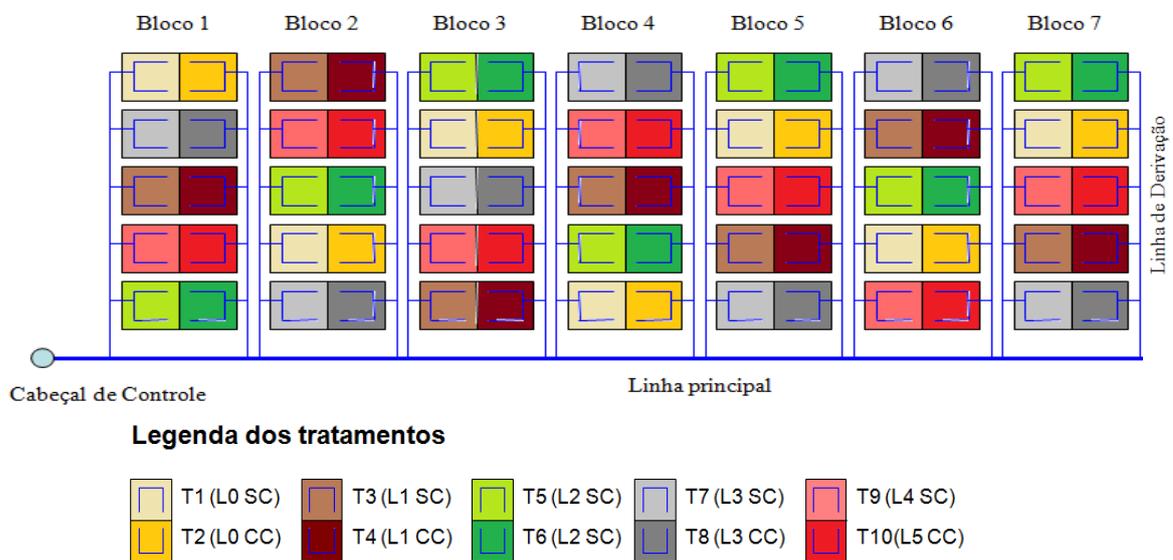


Figura 2. Esquema demonstrativo do delineamento experimental adotado.



Figura 3. Visão geral do experimento, (a) logo após a aplicação de cobertura do solo e (b) no final do estágio de desenvolvimento vegetativo.

3.4 Descrição do Cultivo

No dia 16 de abril de 2012 as sementes foram semeadas sendo realizado desbaste aos 23 DAS (dias após a semeadura), permanecendo uma planta por célula. O transplântio foi realizado no dia 27 de maio correspondendo a 39 DAS. A aplicação de cobertura do solo foi realizada aos 22 DAT (dias após o transplântio) Com isso, evitou-se um possível efeito prejudicial dos resíduos vegetais sobre as mudas de cebola em sua fase inicial de desenvolvimento. Inicialmente realizou-se aplicação de água, de maneira uniforme, utilizando o sistema de irrigação por aspersão convencional. Posteriormente, adotou-se o sistema por gotejamento, sendo a primeira irrigação realizada aos 23 DAT e a última, aos 114 DAT. A colheita foi realizada aos 124 DAT.

O transplântio foi realizado em subparcela de 1,0 m de largura por 1,0 m de comprimento por 0,3 m de altura na forma de canteiros conforme a Figura 4, com espaçamento de 0,25 m entre linhas e 0,1 m entre plantas, num total de 40 plantas distribuídas em 4 fileiras, considerando 16 plantas úteis na parte central de cada subparcela.

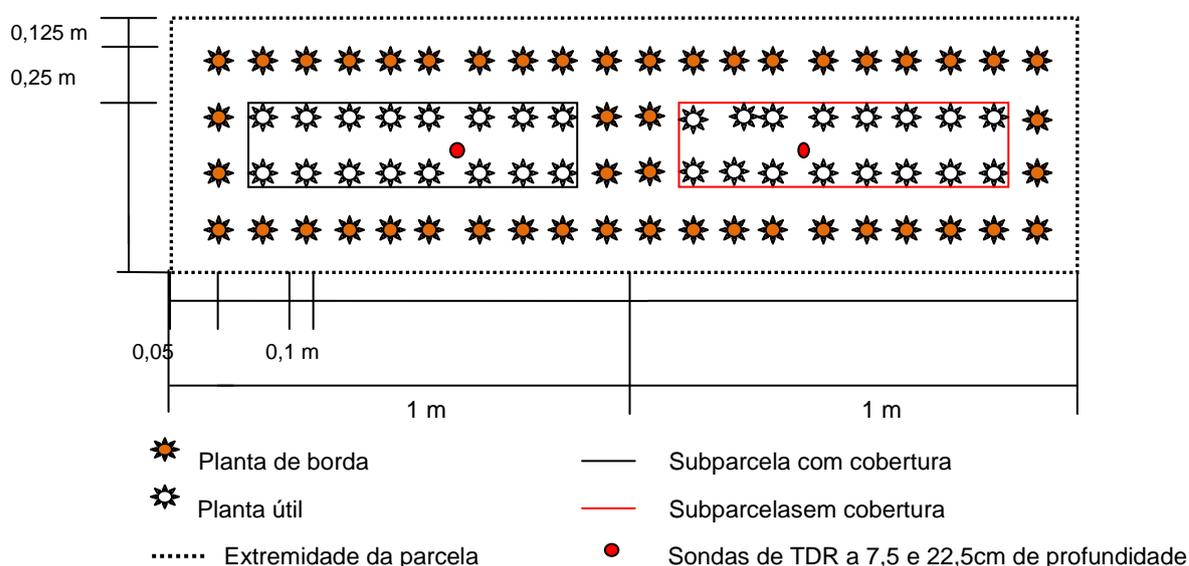


Figura 4. Esquema demonstrativo da parcela experimental, contendo as sondas de TDR instaladas em diferentes profundidades.

3.4.1 Preparo do Solo e Adubação

O preparo do solo constou de uma aração a 0,30 m de profundidade, seguida de uma gradagem, e levantamento dos canteiros, realizado aos 4 dias anteriores ao transplântio.

A adubação de base foi realizada com esterco bovino na dose de 10 Mg ha⁻¹. Para a adubação de cobertura utilizou-se 100 kg ha⁻¹ de N, parcelados em 2 aplicações (30 e 50 DAT), na forma de torta de mamona.

3.4.2 Tratos Culturais e Manejo Fitossanitário

O controle das plantas daninhas foi realizado por meio de capinas aos 15, 40 e 70 DAT e o controle fitossanitário foi realizado com pulverizações semanais de calda bordaleza, com adição de 0,1% de óleo mineral à calda.

Aos 27 DAT foi detectado nível de dano para lagarta rosca (*Agrotis ipsilon*) e mancha púrpura (*Alternaria porri* e *Stemphylium vesicarium*), sendo realizado o controle, no mesmo

dia, com aplicação de *Dipel (solução de *Bacillus thuringiensis*) a 1% e repetido no dia seguinte por consequência de precipitação. Aos 29 DAT realizou-se o transplântio das mudas danificadas e o arranquio de folhas com sintomas de mancha púrpura, sendo esse procedimento repetido a medida que o ataque da doença se intensificava num total de três intervenções durante o ciclo. Com o intuito de melhorar as condições de drenagem da área e reduzir as perdas de mudas foi realizado aos 30 DAT um sistema de drenagem com abertura de drenos sob a forma de canais abertos com seção trapezoidal, permitindo um desnível de 0,30 m do ponto mais alto do canteiro ao fundo do dreno. Aos 42 DAT realizou-se nova aplicação de Dipel e aos 49 DAT foi realizada catação manual de lagartas.

3.5 Caracterização e Manejo do Sistema de Irrigação Empregado

3.5.1 Período de Estabelecimento das Mudas

A fim de garantir a uniformidade do estande e o crescimento uniforme das plantas, realizou-se irrigação no dia anterior e logo após o transplântio das mudas (Marouelli et al., 2005). Durante o período de estabelecimento das mudas foi utilizado o sistema de irrigação por aspersão convencional (Figura 5) visando a reposição da ETc como estratégia para garantir o estabelecimento adequado da cultura em campo. Nesta fase foi utilizado coeficiente de cultura (Kc) igual a 1,0 (Marouelli et al., 2008) e a lâmina aplicada correspondeu à evapotranspiração de referência (ETo), estimada pelo método do tanque Classe A. O período de aclimação totalizou 21 dias, nos quais foi aplicada lâmina total de irrigação de 29,7 mm.



Figura 5. Visão geral do experimento no momento da irrigação de aclimação.

Realizou-se ensaio de uniformidade de aplicação do sistema por meio do uso de proveta e coletores modelos C1 *Fabrimar®, obtendo um CUC (coeficiente de uniformidade de Christiassen) de 81,9 %, com intensidade de precipitação média de 17,7 mm h⁻¹.

3.5.2 Período de Desenvolvimento da Cultura

Aos 22 DAT, adotou-se o sistema de irrigação por gotejamento, composto por duas linhas laterais por canteiro e visando à aplicação das diferentes lâminas (tratamentos), foram utilizados gotejadores com vazões reais de 2,4; 4,9; 8,1 e 10,8 L h⁻¹ (Figura 6), determinadas por meio da aplicação do teste para obtenção do coeficiente de uniformidade de distribuição, conforme metodologia empregada no estudo desenvolvido por Carvalho et al. (2011), com a cultura da beterraba. Os diferentes tratamentos com lâmina de irrigação apresentaram

coeficientes de uniformidade de distribuição de 97, 95, 95 e 96%, respectivamente, para as lâminas L1, L2, L3 e L4.



Figura 6. Emissores associados às lâminas L1 (a), L2 (b), L3 (c) e L4 (d).

3.6 Monitoramento da Umidade do Solo

O monitoramento da umidade do solo foi realizado com a técnica da Time Domain Reflectometry (TDR), utilizando o TDR100* (Campbell Scientific, Logan USA).

Visando o uso adequado da TDR realizou-se previamente uma calibração na área de estudo, por meio do método de bacia de calibração, descrita por Carvalho & Oliveira (2012) e utilizada por Carvalho et al. (2011), Lima et al. (2012) e Andrade (2013). O processo consistiu na construção de um pequeno dique circular (Figura 7) e na instalação horizontal de sondas na parte central e nas profundidades de interesse (7,5 e 22,5 cm). A bacia foi então umedecida até que se atingisse alto nível de umidade, coberta com lona plástica, e a partir daí realizam-se leituras frequentes da constante dielétrica aparente do solo (K_a) acompanhadas de coleta de amostras de terra para determinação da umidade do solo pelo método gravimétrico. São coletadas também amostras indeformadas para a determinação da densidade do solo.



Figura 7. Bacia de calibração (a) e procedimento de coleta de amostras com trado de rosca (b) e de leituras com a TDR (c).

A cada 24 h foram determinados os valores de K_a e umidade volumétrica do solo. Quando as leituras de umidade permaneceram constantes, evidenciou-se a obtenção da umidade correspondente à capacidade de campo ($0,214 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), e a partir deste momento, o teste teve prosseguimento sem a lona plástica. Após 48 dias de monitoramento foi realizada análise de variância dos dados e em seguida, análise de regressão, possibilitando gerar uma equação de calibração para cada profundidade avaliada (Figura 8).

Com as leituras médias de K_a das sondas TDR instaladas a 7,5 cm de profundidade e com a respectiva equação de calibração foi possível conhecer a umidade volumétrica média instantânea e a lâmina a ser aplicada a cada evento de irrigação (LIR) (Eq. 5).

$$LIR = [(\theta_{cc} - \theta_{atual}) \cdot Z \cdot P] \quad (5)$$

em que:

θ_{cc} = umidade volumétrica do solo na capacidade de campo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

Z = profundidade efetiva do sistema radicular da cultura (mm);

P = porcentagem de área molhada ou sombreada pela cultura (que variou de 50 a 100%, de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura);

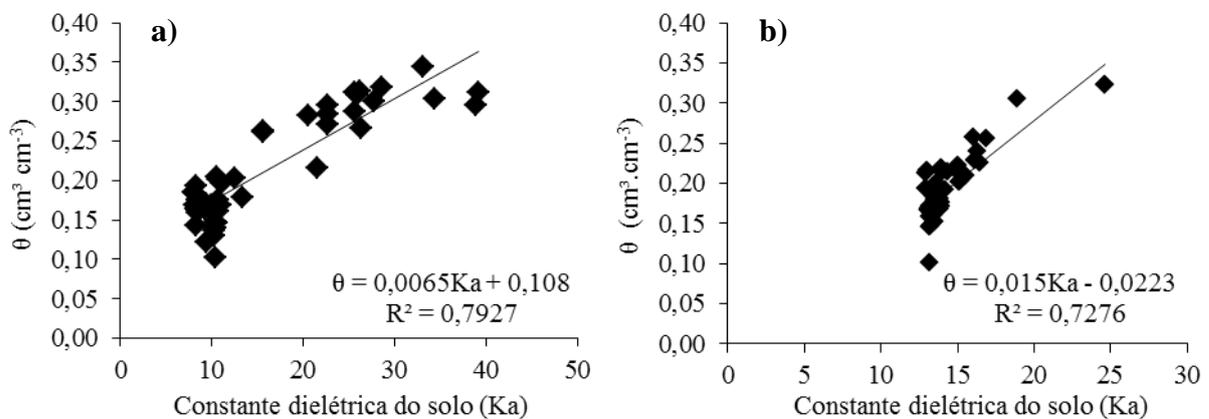


Figura 8. Modelo de calibração de umidade do solo nas profundidade 0-15 cm (a) e 15-30 cm (b).

As leituras de constante dielétrica aparente (K_a) foram realizadas imediatamente antes das irrigações, que teve turno de rega predefinido de 2 dias. Para isso, utilizaram-se 32 sondas, 4 por parcela, sendo duas instaladas horizontalmente nas profundidades de 7,5 cm e 22,5 cm na subparcela com presença de cobertura morta e duas nas mesmas profundidades na subparcela sem cobertura morta. As sondas foram instaladas aleatoriamente nas parcelas, sendo 4 correspondentes à lâmina de reposição de 100% da ET_c e 4 nas parcelas do tratamento controle (sem irrigação).

A sonda instalada a 22,5 cm de profundidade foi utilizada para o monitoramento da umidade do solo visando constatar a ocorrência de movimentação de água no perfil abaixo da profundidade efetiva do sistema radicular (15 cm) (Figura 9).

A estimativa da ET_c da cebola foi realizada por meio do balanço de água no solo (ALLEN et al., 1998), representado pela Eq. 6:

$$ET_c = I + Pe - RO - DP + CR \pm \Delta SF \pm \Delta SW \quad (6)$$

em que:

I – irrigação, em mm;

Pe – precipitação efetiva, em mm;

RO - escoamento superficial, em mm;

DP - drenagem profunda, em mm;

CR - ascensão capilar, em mm;

ΔSF - variação dos fluxos subsuperficiais de entrada e saída, em mm; e
 ΔSW - variação no armazenamento, em mm.



Figura 9. Profundidade efetiva do sistema raicular do tratamento controle com cobertura do solo (a), e dos tratamentos L3 (b) e L4 (c) sem cobertura.

A precipitação efetiva (P_e) é considerada a lâmina de água precipitada (mm) que proporcionou elevação do conteúdo de água nas parcelas até a umidade correspondente à capacidade de campo (Carvalho et al., 2011). A quantificação da precipitação efetiva foi também realizada por meio das leituras da TDR nas sondas instaladas na profundidade de 22,5 cm e as leituras realizadas no pluviógrafo da estação automática localizada ao lado do campo experimental.

Os componentes CR e ΔSF foram considerados nulos, tendo em vista as características da área e do sistema de irrigação utilizado (Garcia Y Garcia et al., 2009). Apesar da quantidade de água aplicada por irrigação ter sido suficiente apenas para elevar a umidade do solo à capacidade de campo, a DP foi também monitorada por meio da TDR, bem como a ΔSW .

Como o balanço de água no solo era realizado com frequência, considerou-se a ETC como sendo a lâmina de água aplicada a fim de elevar a umidade do solo à capacidade de campo somada à precipitação efetiva e descontando a DP.

3.7 Monitoramento das Variáveis Climáticas

O monitoramento agroclimático foi realizado a partir dos dados meteorológicos obtidos da estação meteorológica, instalada no SIPA, contendo sensores de radiação solar global incidente* (piranômetro Kipp & Zonen, modelo SP-LITE-L), velocidade e direção do vento* (anemômetro, 033001-L RM YOUNG) e temperatura e umidade relativa do ar* (Vaisala, modelo HMP45C-L), além de um pluviógrafo* (Global Water, modelo GL400-1-1). Dentro de uma caixa de aço galvanizado, está instalado um sistema de aquisição e armazenamento de dados* (microdatalogger Campbell Scientific, modelo CR23X), programado para coletar dados a cada segundo e armazenar as médias e/ou totais a cada 30 min.

3.8 Coeficiente de Cultivo (K_c)

O coeficiente de cultivo foi determinado pela razão entre a evapotranspiração da cultura (ET_c) e a de referência (ET_o). Para isso, o ciclo da cultura foi dividido em fases de desenvolvimento e a ET_o estimada pelo método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO (Allen et al., 1998) (Eq. 7).

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (7)$$

em que:

- ET_o = evapotranspiração da cultura de referência (mm dia⁻¹);
R_n = saldo de radiação à superfície da planta (MJ m⁻² dia⁻¹);
G = densidade de fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹);
T = temperatura média do ar a 2m de altura (°C);
U₂ = velocidade do vento a 2 m de altura (m s⁻¹);
e_s = pressão de saturação de vapor (kPa);
e_a = pressão atual de vapor (kPa);
Δ = declividade da curva de pressão de vapor (kPa °C⁻¹);
γ = constante psicrométrica (kPa °C⁻¹);
0,408 = fator de conversão para o termo (R_n – G), de MJ m⁻² dia⁻¹ para mm dia⁻¹; e
900 = fator de transformação de unidades.

As fases de desenvolvimento da cultura consideradas foram: inicial (I) - do transplante das mudas até o estabelecimento inicial das plantas (10% do crescimento vegetativo); vegetativo (II) - do estabelecimento inicial das plantas até o início da bulbificação; bulbificação (III) - início da bulbificação até o início da maturação; maturação (IV) - início da maturação dos bulbos até a colheita.

Os coeficientes de cultura determinados com base nos dados de ETo (PM) para as condições sem e com presença de cobertura do solo (Kc SC) e (Kc CC), respectivamente, foram comparados entre si e com os propostos por Marouelli et al. (2005) e Oliveira et al. (2013) para a cultura da cebola.

3.9 Variáveis Analisadas

Na colheita foram avaliadas a produtividade total de bulbos (PTB) (Mg ha⁻¹), massa média fresca de bulbos (MMFB)(g), teor de matéria seca dos bulbos (TMSB) (%), diâmetro médio de bulbos (DMB) (cm), sendo estes divididos em classes de acordo com as normas adotadas pela CEAGESP (2001) (Tabela 4). Avaliaram-se também o teor de sólidos solúveis totais (TSST) °BRIX (%), bem como a eficiência do uso da água (EUA) definida como sendo a razão entre a produção obtida e a lâmina de água total disponível para a cultura (lâmina de aclimatação + lâmina de precipitação efetiva + lâmina de diferenciação dos tratamentos).

Tabela 4. Classificação da cebola pelo diâmetro.

Classe	Diâmetro transversal
5	Maior que 90 mm
4	Maior que 70 a 90 mm
3 cheio	Maior que 60 a 70 mm
3	Maior que 50 a 60 mm
2	Maior que 35 a 50 mm
1	Maior que 15 a 35 mm
0	Menor que 15 mm

Fonte: CEAGESP (2001).

3.10 Análises Estatísticas

Os dados foram tabulados e submetidos à análise de variância e as médias foram avaliadas com auxílio da técnica de regressão, para o fator lâmina de irrigação, e do teste f para comparação de médias no que se refere ao fator cobertura do solo, ambos com auxílio da ferramenta análise de dados do programa computacional Excel 2010^{*} (Microsoft[®]).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dados Climáticos

Na Figura 10 estão apresentados os valores registrados de temperatura do ar, umidade relativa e radiação solar durante os 124 dias de cultivo. A temperatura média variou de 14,8 a 32,2 °C. Segundo Rezende et al. (2007), temperaturas elevadas na fase inicial de desenvolvimento da cultura (acima de 32 °C) podem provocar bulbificação precoce indesejável. Ao contrário, a exposição das plantas a períodos prolongados de temperaturas baixas (inferior a 10 °C) pode induzir o florescimento prematuro "bolting", que é indesejável na produção comercial de bulbos. De acordo com os mesmos autores, temperaturas em torno de 15,5 a 21,1 °C promovem melhor formação bulbos e maior rendimento.

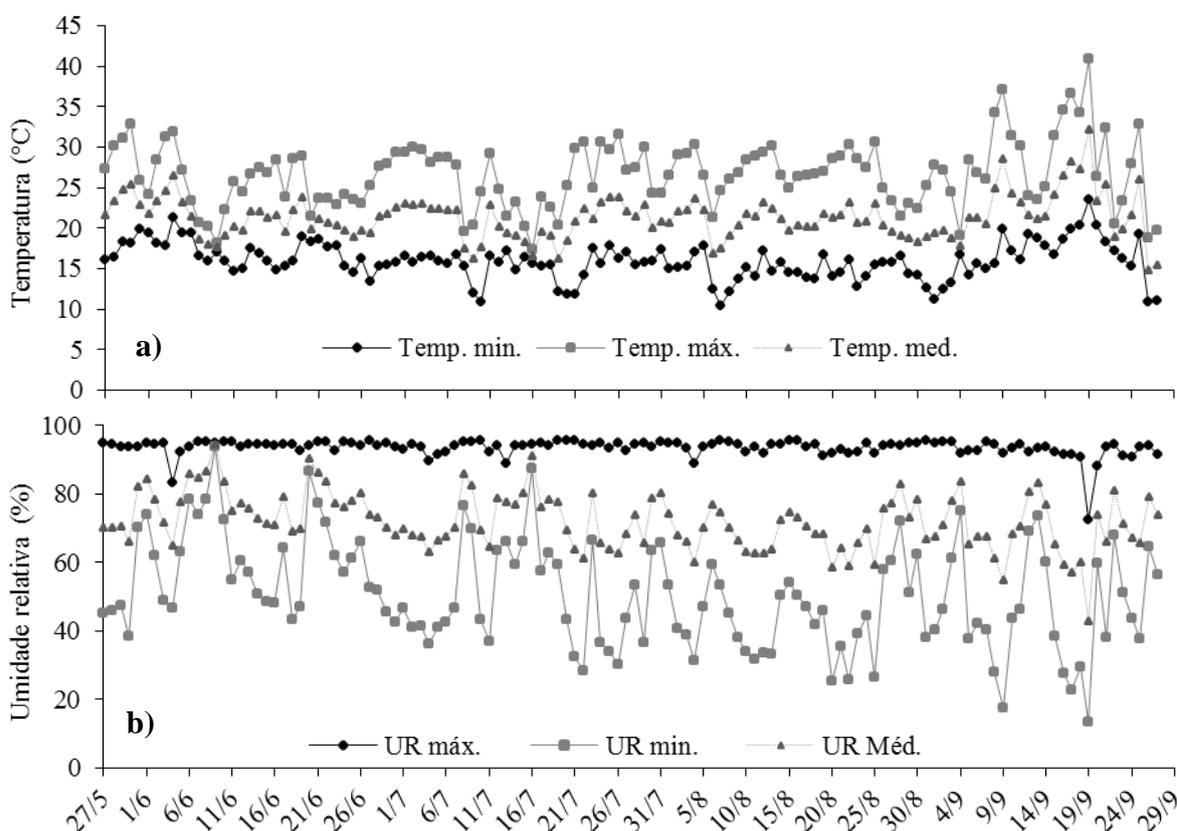


Figura 10. Caracterização climáticas durante o ciclo de cultivo da cebola: a) temperatura; b) umidade relativa.

Os valores apresentados mostram que o cultivo ocorreu em condições propícias de temperatura para o bom desenvolvimento da cultura. Os valores críticos ocorreram no dia 26 de setembro (10,8°C → mínimo) e 19 de setembro (40,9 °C → máximo). Apesar de terem sido registrados valores extremos de temperatura, estes ocorreram na fase de maturação dos bulbos, quando esse parâmetro meteorológico apresenta pouca influência nas variáveis de produção.

Os valores de umidade relativa média variaram de 42,9% (19/09) a 94,3% (09/06). A umidade relativa mínima variou de 13,5 % (19/09) a 93,6% (09/06) e a umidade relativa máxima variou de 92 a 95 %, na maioria dos dias, a 72,3 % no dia 19 de setembro.

As ocorrências de precipitação bem como a radiação solar durante o período de cultivo da cebola estão apresentadas na Figura 11.

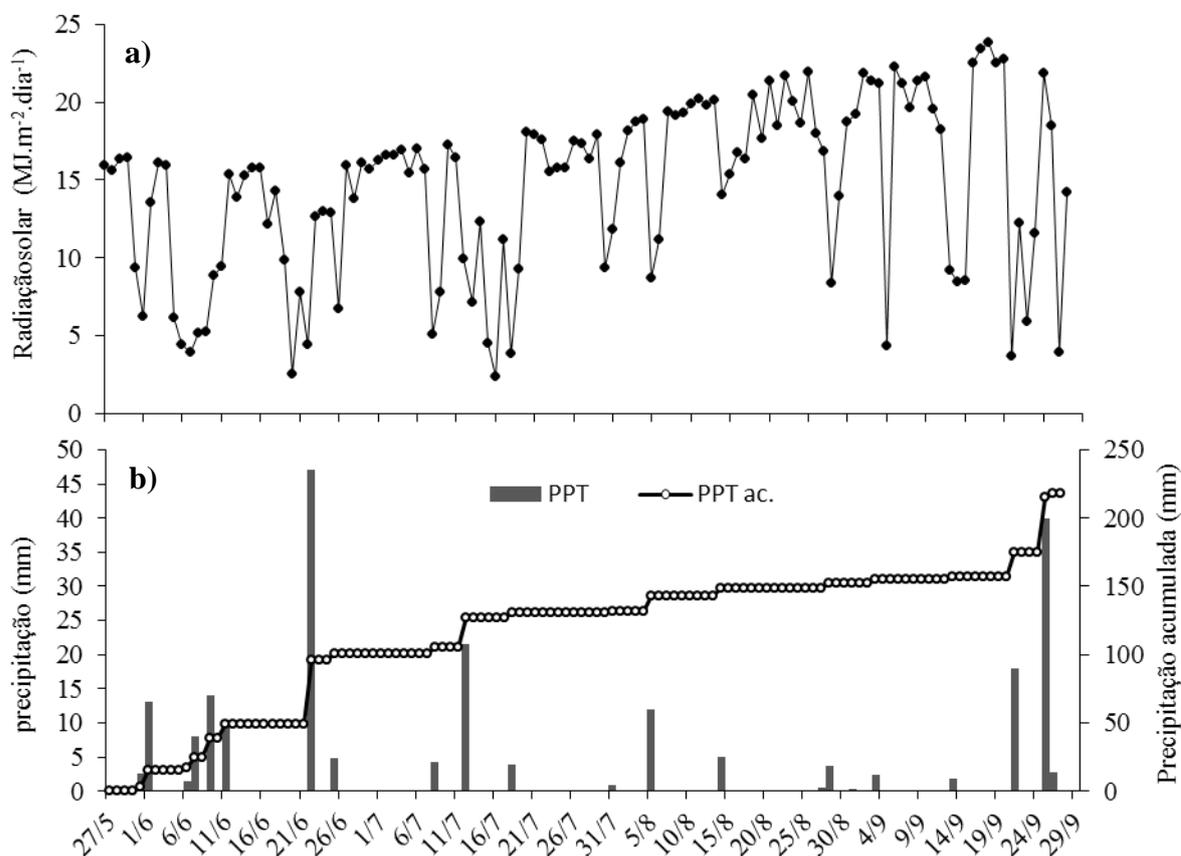


Figura 11. Caracterização climáticas durante o ciclo de cultivo da cebola: a) Radiação solar; b) precipitação (PPT) e precipitação acumulada (PPT ac.).

A radiação solar foi expressivamente baixa nos períodos chuvosos e dias mais curtos, variando de 4 a 10 MJ m⁻², enquanto nos períodos mais secos, esta foi aumentando gradativamente acompanhando o posicionamento solar até o valor máximo de 23,8 MJ m⁻², ocorrido no dia 17 de setembro. Após essa data, Rs apresentou novamente valores reduzidos devido a ocorrência de chuvas até o momento da colheita. A soma dos efeitos destes fatores influenciou diretamente a demanda evapotranspirométrica pela cultura.

Durante o período de cultivo em campo (124 dias), a precipitação acumulada foi de 217,6 mm. A maior lâmina precipitada foi de 47,0 mm, no dia 22 de junho, e a segunda de 40 mm, no dia 25 de setembro. Apesar dessas magnitudes, foram contabilizadas como lâminas efetivas 64,7 mm na condição SC e 58,5 mm na condição CC. Nota-se nas Figuras 10 e 11 que as ocorrências de maiores precipitações estão relacionados ao aumento da umidade relativa com concomitante redução da temperatura média e radiação solar. Nos períodos de estiagem, o aumento da radiação está associado a maiores temperaturas, menores umidades relativas e, conseqüentemente, maiores demandas evapotranspirométricas.

4.2 Monitoramento da umidade do Solo

A variação da umidade do solo, monitorada pela TDR, bem como as lâminas de irrigação aplicadas estão apresentadas na Figura 12. A linha reta contínua superior representa a umidade equivalente à capacidade de campo (θ_{cc}) e serviu de referência para reposição de água no tratamento caracterizado com 100% de reposição da ETc (L4), nas duas condições de cobertura do solo (SC e CC). A linha pontilhada representa o valor de umidade do solo equivalente ao ponto de murcha permanente (θ_{pm}).

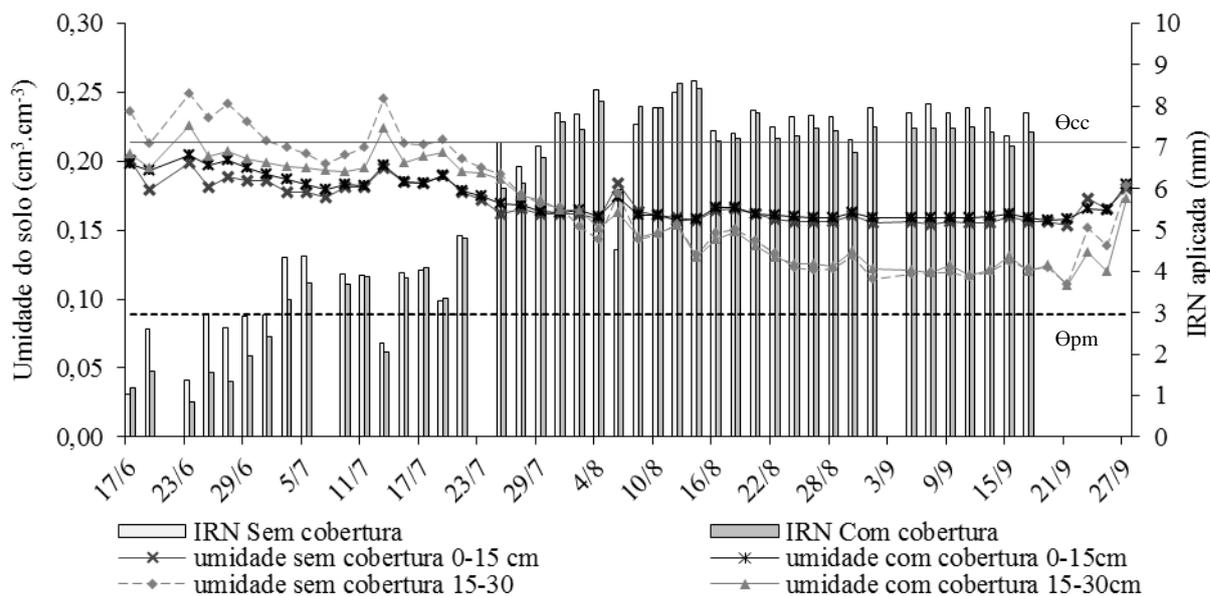


Figura 12. Variação da umidade do solo, no tratamento controle, nas diferentes profundidades e lâminas de irrigação aplicadas no cultivo da cebola para as duas condições de cobertura do solo.

Pelo fato das leituras de K_a serem realizadas antes das irrigações, verifica-se que, em decorrência da necessidade de irrigação, os valores de umidade do solo na camada 0-15 cm estavam sempre abaixo da linha de referência, correspondendo a $0,214 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. Valores de umidade acima da θ_{cc} correspondem à camada de 15-30 cm e podem ser explicados pelo estoque de água do solo ocasionado pelas irrigações no período de estabelecimento e também pelas lâminas decorrentes de eventos de precipitação. Pelo fato do manejo da irrigação ser realizado com turno de rega fixo e por meio do balanço da água do solo não foi aplicado o conceito de umidade crítica para a cultura da cebola.

Observa-se que as subparcelas que receberam cobertura morta do solo (CC) permaneceram ao longo do ciclo de cultivo, com a umidade do solo semelhante podendo ser notado, até mesmo, um pequeno incremento na disponibilidade de água na camada de 0-15 cm, onde se localiza a maior parte do sistema radicular da cultura, em relação à condição com ausência de cobertura do solo (SC).

As lâminas consumidas pela cultura no tratamento referência (L4) totalizaram 372,71 mm (CC) e 351,38 mm (SC), sendo, portanto, 5,7% inferior na condição de solo coberto. O solo apresentou umidade média de 0,169 e 0,172 $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, na camada 0-15 cm, e 0,168 e 0,162 $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, na camada 15-30 cm, respectivamente, nas condições SC e CC.

Para os tratamentos correspondentes à L0 (sem irrigação), a cobertura do solo proporcionou um incremento médio de 6,2% na umidade do solo em comparação à condição SC (Figura 13). Nesta lâmina, os valores médios de umidade do solo foram de 0,155 e 0,165

$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, na camada 0-15 cm, e de 0,137 e 0,150 $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, na camada 15-30 cm, respectivamente, nas condições SC e CC.

Nota-se, nas Figuras 12 e 13, a presença de picos de umidade que estão relacionados à ocorrência de precipitações. Observa-se também que no decorrer do ciclo de cultivo a umidade do solo decresce continuamente em resposta ao aumento da demanda evapotranspirométrica, atingindo uma estabilização até o período final do ciclo onde ocorre um abrupto incremento de umidade em virtude dos eventos de precipitação no momento anterior à colheita. A partir da metade do ciclo de cultivo há uma inversão do comportamento das curvas, uma vez que os valores de umidade referentes à profundidade 15-30 cm passam a ser menores que os da profundidade de 0-15 cm. Isso se deve, provavelmente, ao fato das lâminas aplicadas ao solo terem sido calculadas também em função da profundidade efetiva do sistema radicular cujo desenvolvimento não ultrapassou mais que 80% das raízes abaixo desta profundidade. Assim, a lâmina aplicada não atingia a camada inferior, sendo esta exaurida até próximo ao ponto de murcha permanente nos tratamentos L4 x SC e L4 x CC (Figura 12) e valores que chegam a atingir o ponto de murcha no tratamento (L0 x SC) (Figura 13).

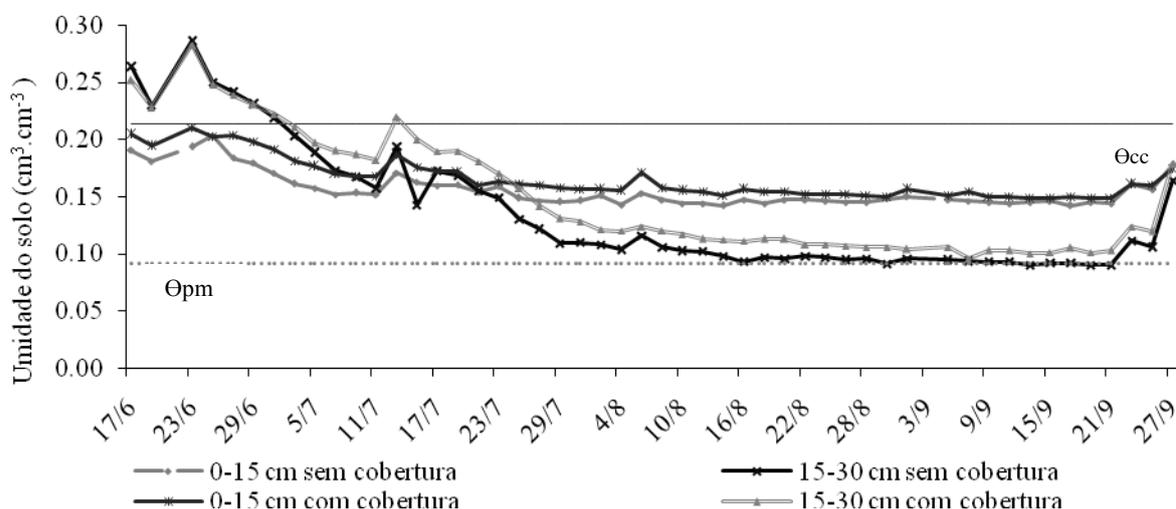


Figura 13. Variação da umidade do solo, no tratamento sem irrigação, nas diferentes profundidades e lâminas de irrigação aplicadas no cultivo da cebola para as duas condições de cobertura do solo.

Para a lâmina L0, o tratamento com cobertura do solo (CC) proporcionou valores de umidade mais distantes do ponto de murcha em relação à condição SC, favorecendo a redução do gradiente de tensão da água do solo entre as profundidades 0-15 e 15-30 cm. Provavelmente, a condição CC reduziu o deslocamento de água da zona radicular (0-15 cm) para a zona mais profunda (15-30 cm) em relação à condição SC.

No estágio inicial do desenvolvimento da cultura é possível verificar maior distância entre as curvas de umidade nas diferentes condições de cobertura do solo. Durante os estágios iniciais de desenvolvimento, as plantas apresentam menor parte aérea, favorecendo a exposição do solo a evaporação (Marouelli et al., 2005). Assim, nestas fases o efeito da palhada é maior na redução da evapotranspiração, podendo ser necessário reduzir o valor de K_c de 25% a 50%, e que durante o estágio de maturação a redução é menor (de 5% a 15%). Trabalhando com cebola na região de Albacete-Espanha, López-Urrea et al. (2009) encontraram valores de transpiração da cultura de 15% da E_{Tc} no estágio de estabelecimento

e de 72% no estágio de formação de bulbos, evidenciando a grande influência da evaporação da água do solo nos estágios iniciais de desenvolvimento da cultura.

A partir do monitoramento de água no solo, as lâminas de irrigação foram calculadas, totalizando 351,4 e 372,7 mm, respectivamente, nas condições de presença e ausência de cobertura do solo. A Tabela 5 apresenta as lâminas líquidas aplicadas nos diferentes tratamentos e nas duas condições de cobertura do solo.

Tabela 5. Lâminas líquidas (irrigação + precipitação efetiva) nos diferentes tratamentos e cobertura do solo.

Tratamentos	Lâminas aplicadas (mm)	
	CC	SC
L0	88,2	94,4
L1	145,5	155,0
L2	207,6	220,6
L3	285,0	320,5
L4	351,4	372,7

Estes valores de consumo de água estão de acordo com os descritos por Marouelli et al. (2005) que segundo os mesmos “a necessidade total de água da cultura depende das condições climáticas e do ciclo da cultivar, variando de 350 a 650 mm”. E corroboram com os valores descritos por Costa et al. (2002a) que consideraram que “o consumo total de água varia de 350 a 550 mm nas Regiões Sul e Sudeste”.

4.3 Coeficientes de Cultivo

Os dados de ETo estimados e de ETc e Kc calculados para as duas condições de cobertura do solo nos diferentes estágios de desenvolvimento da cebola são apresentados na Tabela 6. Os maiores valores de Kc foram obtidos no estágio III, que corresponde ao período do início da bulbificação até o início da maturação, período no qual a cultura demanda maior quantidade de água devido à formação dos bulbos. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Marouelliet al. (2005) e Oliveira et al. (2013) no referido estágio.

Tabela 6. Evapotranspiração de referência (ETo), evapotranspiração da cultura (ETc) e coeficientes de cultivo (Kc) nas condição de presença (CC) e ausência (SC) de cobertura do solo, para os diferentes estágios de desenvolvimento da cebola.

Estágio	Duração (dias)	ETo (PM)	ETc (SC)	ETc (CC)	Kc (SC)	Kc (CC)	Kc ¹	Kc ²
I	21 ³	36,28	65,74	65,74	1,00 ⁴	1,00 ⁴	0,6	0,55
II	37	75,94	72,96	60,66	0,77	0,63	0,8	0,64
III	45	137,75	164,73	159,64	1,01	1,00	0,95	0,96
IV	21	77,64	69,28	65,35	0,76	0,74	0,65	0,66

¹ Marouelli et al. (2005), ² Oliveira et al. (2013), ³ Início com o transplântio das mudas, ⁴ Kc previamente fixado para o estágio I devido a utilização das irrigações de aclimação com turno de rega fixo de 1 dia conforme recomendação de Costa et al. (2002a) e de Marouelli et al. (2005)

Os valores de Kc's encontrados nesse estágio foram 6,7 e 5,1 % superiores aos obtidos por Marouelli et al. (2005) e 5,54 e 3,95 % maiores comparados aos obtidos por Oliveira et al. (2013) para as condições SC e CC, respectivamente.

Como os Kc's obtidos por Marouelli et al. (2005) e Oliveira et al. (2013) foram na condição SC, observa-se na Tabela 5 que os valores calculados para os estágios II e III na condição SC são mais próximos dos encontrados por estes autores do que os valores de Kc's da condição CC. Este resultado pode ser segundo Marouelli et al. (2005) explicado pelo fato de que nos estágios iniciais as plantas apresentam menores portes, favorecendo a exposição do solo a evaporação, assim nestes estágios o efeito da cobertura do solo é mais efetivo na redução da evapotranspiração, podendo reduzir o valor de Kc entre 25% e 50% e que durante o estágio de maturação a redução é menor (5% a 15%).

Neste estudo foi encontrado uma redução dos valores de Kc's da condição CC de 18,2% no estágio II e de 3,5% no estágio IV em comparação à condição SC, o que vai de encontro com os limites inferiores encontrados por Marouelli et al. (2005). Isto pode estar relacionado ao fato que estes autores tenham realizado vários experimentos nas diversas regiões brasileiras e em épocas distintas favorecendo aquela amplitude de variação da ordem de 25% nos estágios iniciais e 10% no estágio de maturação nos valores de Kc's entre as condições CC e SC. Dessa forma, as condições climáticas locais de Seropédica e a época de cultivo caracterizada por ETo variando de 1,7 a 3,7 mm dia⁻¹, observadas nos estágios I e IV, favoreceram a menor diferença de Kc entre as condições de cobertura do solo.

Observa-se que no estágio fisiológico de máximo desenvolvimento vegetativo e consequentemente com maior percentual de cobertura do solo pela parte aérea, ocorreu a menor diferença (1,5 %) em relação aos valores de Kc's entre as condições de cobertura do solo, fato explicado pela menor influência da evaporação da água da superfície do solo na ETc durante esta fase fenológica e, por consequência, menor efeito da palhada como barreira ao fluxo de água da superfície do solo para a atmosfera (Marouelli et al., 2005).

A variação dos resultados de Kc obtidos em resposta ao ambiente e manejo afirmam a importância da condução de experimentos *in loco* para determinação de coeficientes de cultivo (Allen et al., 1998; Doorenbos & Pruitt, 1977).

Os valores médios registrados dos elementos climáticos para cada fase fenológica da cultura estão apresentados na Tabela 7. Apesar de terem sido registrados, no estágio IV, menor valor médio de umidade relativa do ar e maiores valores velocidade do vento e radiação solar, fatores que favorecem maior demanda evapotranspirométrica, foram calculados menores valores de Kc que na fase anterior, pelo fato da demanda hídrica da cultura ser reduzida na fase de maturação dos bulbos (Tabela 6).

Tabela 7. Valores médios de temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR %), velocidade média do vento a 2 metros de altura (U₂), radiação solar global (Rs), precipitação total (PPT), precipitação efetiva nas condições sem cobertura (Pef SC) e com cobertura do solo (Pef CC) nos estágios de desenvolvimento da cebola.

Estágio	T média (°C)	UR média (%)	U ₂ (m s ⁻¹)	Rs (MJ m ⁻² dia ⁻¹)	PPT (mm)	Pef SC (mm)	Pef CC (mm)
I	21,9	76,9	0,7	11,7	49,0	36,0	36,0
II	20,4	74,6	0,8	12,1	81,4	14,6	10,4
III	20,9	69,5	1,1	17,4	24,7	6,7	5,3
IV	23,3	68,0	1,5	15,9	62,6	7,3	6,8

Apesar da maior precipitação ter ocorrido no estágio II (81,4 mm), a lâmina efetivamente utilizada pela cultura (14,6 e 10,4 mm, respectivamente, nas condições SC e CC) foi menor que a utilizada no estágio I (36 mm), em virtude da maior lâmina precipitada em

poucos eventos ocorridos no estágio II (47,0 e 21,5 mm ocorridos em 22 de junho e 12 de julho), favorecendo maior perda por percolação em relação ao estágio I.

4.4 Variáveis de Produção

4.4.1 Produtividade total de bulbos

No presente estudo foram alcançadas produtividades totais de bulbos (PTB) de 39,9 e 52,1 Mg ha⁻¹, para o tratamento L4, respectivamente, nas condições SC e CC. (Figura 14), valores acima da média nacional de 23,24 Mg ha⁻¹ (IBGE, 2012). Além disso, por ter sido adotado o manejo orgânico de produção, este resultado mostra-se satisfatório uma vez que este tipo de manejo é mais complexo, e com maiores riscos de redução de produtividade por pragas e doenças quando comparado ao sistema convencional de cultivo. Os dados obtidos corroboram com os encontrados por Oliveira et al. (2013) que obtiveram produtividades totais variando de 43,2 Mg ha⁻¹ (com irrigação realizada utilizando Kc propostos por Marouelli et al. (2005) e ETo obtidos pelo método Tanque classe A) a 51,7 Mg ha⁻¹ (irrigação realizada com base nos dados de ETc obtidos por evapotranspirômetro).

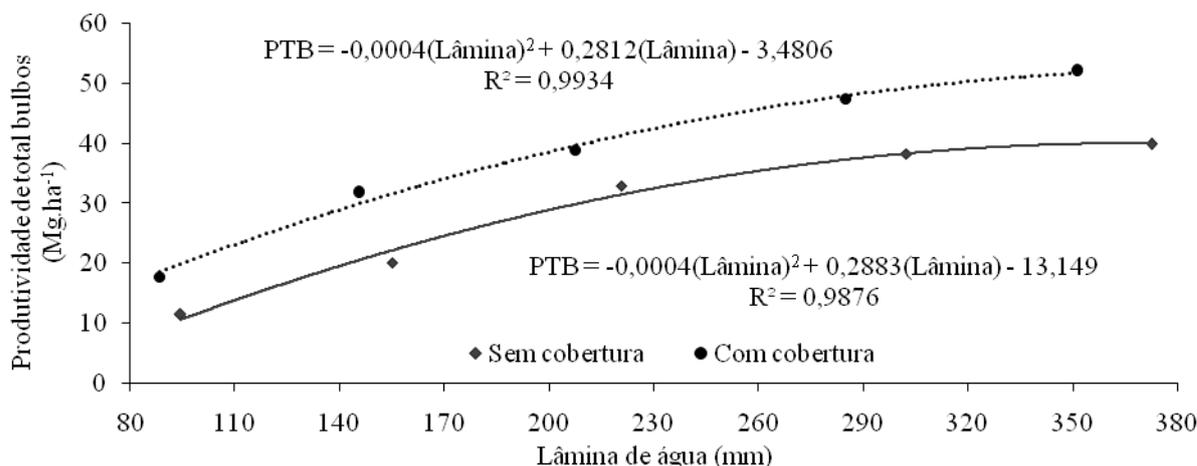


Figura 14. Análise de regressão polinomial da variável produtividade total de bulbos em função das lâminas de água aplicadas nas condições com ausência e presença de cobertura do solo.

Para a PTB a análise de variância apresentou resultado significativo a 1% de probabilidade para o fator lâmina (Tabela A, do Anexo A) e para as médias obteve-se resposta significativa na regressão polinomial de segunda ordem a 1% de probabilidade e R² de 0,98 na condição SC e a 5% de probabilidade com R² de 0,99 na condição CC (Tabelas A e B do Anexo B). Este resultado estatístico corrobora com os encontrados por Jiménez et al. (2010) que também obtiveram modelo polinomial de segunda ordem com relação ao rendimento de bulbos e atribuíram isso à má aeração do solo e lixiviação de nutrientes quando se tem um excesso no conteúdo de umidade no solo.

Cultivando cebola em manejo orgânico de produção e utilizando irrigação por aspersão, Paula et al. (2005) obtiveram produtividade de 54,95 Mg ha⁻¹ com a cultivar de Alfa tropical. Esse resultado mostra que o sistema agroecológico de produção pode proporcionar produtividades semelhantes ou até mesmo superiores ao sistema convencional de cultivo.

Nota-se na Figura 14 que o cultivo em solo coberto com a reposição de cerca de 58,9% da ETc da cultura que correspondeu a cerca de 207 mm apresentou produtividade (38,9 Mg ha⁻¹) semelhante a obtida no cultivo em solo exposto com aplicação ótima de irrigação

(100% da Etc da cultura, consumo de 372,7 mm) com produtividade de 39,9 Mg ha⁻¹. Este resultado mostra que em casos cuja água se torna fator limitante a utilização de cobertura do solo se torna uma alternativa promissora para a obtenção de melhores produtividades com redução do consumo de água.

Além da economia total de água de 5,7 % proporcionada pela cobertura do solo, a presença de palhada proporcionou incremento de PTB de 55, 58, 18, 24 e 31% associados às diferentes lâminas de irrigação, representando ganhos de 6,3; 11,7; 5,9; 9,2 e 12,2 Mg ha⁻¹. O efeito benéfico da presença de cobertura do solo, que foi suficiente para elevar a PTB de 11,4 para 17,8 Mg ha⁻¹, é citado por diversos autores (Resende et al., 2005; Oliveira et al., 2008; Carvalho et al., 2011; Oliveira Neto et al., 2011; Souza et al., 2011a; Lima et al., 2009, 2012). Dentre eles, destacam-se a redução da evaporação da água do solo, manutenção da umidade por um período maior de tempo, redução da temperatura do solo, redução da exposição do solo ao impacto direto das gotas de chuva, redução do escoamento superficial e a possibilidade de aporte de nutrientes.

Utilizando-se uma irrigação deficitária de 22% da ETC da cultura (Lâmina L1) o efeito da cobertura do solo elevou a PTB de 20 para 31,7 Mg ha⁻¹, partindo de um nível de produtividade abaixo da média nacional para outro consideravelmente superior. Entretanto, somente a utilização de cobertura morta não é suficiente para atingir produtividades superiores, sendo importante a aplicação de lâminas que proporcionem a manutenção da umidade adequada do solo (Lima et al., 2009).

Cultivando cebola (*cv.* IPA-6) no município de Parnaíba-PI, Coelho & Souza (1996) testaram 3 regimes de irrigação por microaspersão usando como critério de manejo o potencial matricial da água do solo, assim definidos: regime 1 (entre - 6,0 e -8,5 kPa), regime 2 (de -7,0 a -10,0 kPa) e regime 3 (-10 a -28 kPa). Os regimes 1, 2 e 3 demandaram, respectivamente, 465, 396 e 339 mm, proporcionando PTB de 28,59; 23,31 e 9,05 Mg ha⁻¹ respectivamente. O regime 1 proporcionou também a maior produção comercial de bulbos, o maior peso médio de bulbos e a maior produção em percentagem de bulbos grandes, evidenciando o efeito positivo de se manter o solo sob níveis adequados de umidade durante o ciclo de cultivo.

4.4.2 Diâmetro médio de bulbos

Para o diâmetro médio de bulbo (DMB) a análise de variância apresentou resultado significativo a 1% de probabilidade para o fator lâmina (Tabela B do anexo A) e para as médias foi obtida resposta significativa na regressão polinomial de 2^a ordem, a 1% de probabilidade nas condições SC e CC (Tabelas C e D do anexo B). Observa-se na Figura 15 que 97,5 e 98,1 % das variações ocorridas no DMB, em função das diferentes lâminas de irrigação aplicadas, respectivamente, para as condições SC e CC, são explicadas pelo modelo de regressão ajustado. Observa-se também um decréscimo na taxa de variação do DMB à medida que se aumenta a lâmina de irrigação, atingindo seu valor máximo próximo ao maior nível de irrigação adotado (L4).

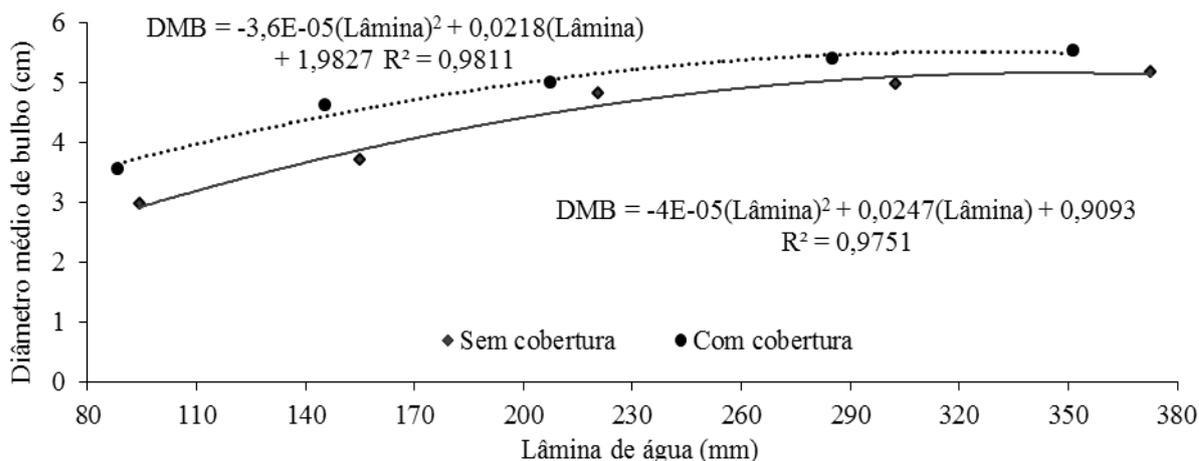


Figura 15. Análise de regressão polinomial da variável diâmetro médio de bulbos em função das lâminas de água aplicadas nas condições com ausência e presença de cobertura do solo.

A produtividade da cultura da cebola é dependente do peso médio de bulbo e do espaçamento utilizado; assim, para um mesmo espaçamento, quanto maior for a massa média fresca de bulbos, maior será a produtividade. Esta afirmativa explica as semelhanças entre as respostas estatísticas das variáveis produtividade, massa média fresca de bulbos e também da variável diâmetro médio de bulbos, pois na condição de espaçamento fixo existe uma proporcionalidade direta entre diâmetro e massa média fresca de bulbos.

Na Figura 16 são apresentados os percentuais de bulbos em cada classe de diâmetro em função dos níveis de irrigação e condições de cobertura do solo. De um modo geral, as menores lâminas proporcionaram maiores percentuais de bulbos enquadrados nas classes 0, 1 e 2 de menores diâmetros, sendo que a lâmina L0 proporcionou um percentual de 14,0 e 4,0% dos bulbos enquadrados na classe 0, sem valor comercial respectivamente nas condições SC e CC, e de 83,8 e 86,8% dos bulbos enquadrados no somatório das classes 1 e 2, ambas de menor valor comercial, respectivamente, nas condições SC e CC.

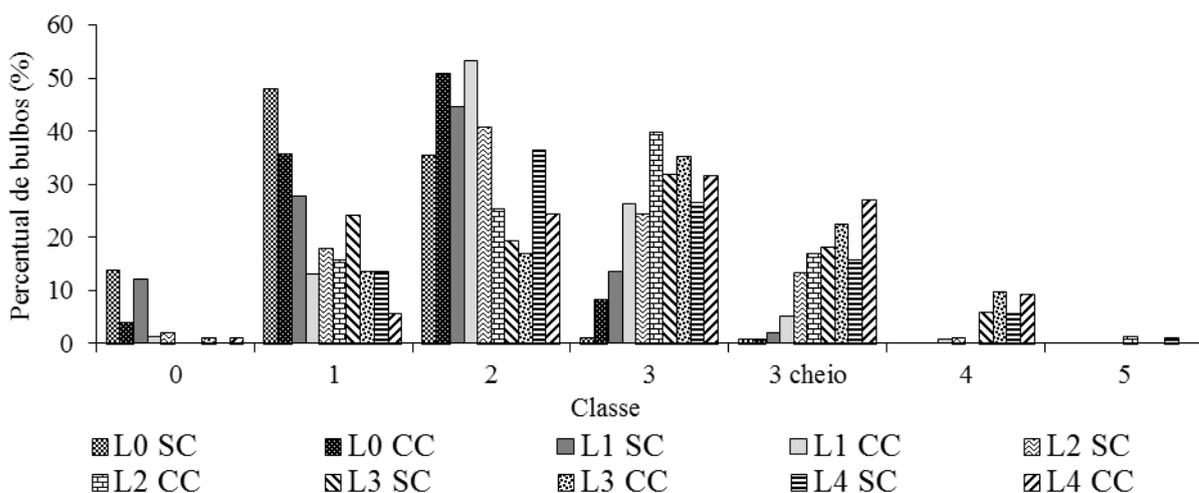


Figura 16. Distribuição do percentual de bulbos em classes de diâmetro em função das lâminas de irrigação aplicadas e das condições de cobertura do solo.

Sob maiores lâminas de irrigação foram obtidos os maiores percentuais de bulbos

enquadrados nas classes 3, 3 cheio e 4 de maiores diâmetros (Tabela 8). Na lâmina L3 foram obtidos para SC e CC, respectivamente, 56,3 e 67,9% dos bulbos distribuídos nas classes 3 (32 e 35,4%), 3 cheio (18,2 e 22,6%) e 4 (6,1 e 9,9%). Para as mesmas condições de cobertura do solo foram obtidas para a lâmina L4, respectivamente, 48,4 e 68,4% dos bulbos distribuídos nas classes 3 (26,8 e 31,8%), 3 cheio (15,9 e 27,1%) e 4 (5,7 e 9,5%).

Observa-se que nos menores níveis de irrigação, L0 e L1 os maiores diâmetros obtidos foram os enquadrados nas classes 2 e 3 (baixo valor comercial). Nestas lâminas, praticamente não foram obtidos bulbos enquadrados nas classes de maior diâmetro, 3 cheio (0,9% em L0 nas condições SC e CC, e 2 e 5,1% respectivamente nas condições SC e CC em L1) e 4 (0% em ambas as condições de cobertura do solo).

Tabela 8. Distribuição do percentual de bulbos em classes de diâmetro em função das lâminas de irrigação aplicadas e das condições de cobertura do solo.

	0		1		2		3		3 cheio		4		5	
	SC	CC	SC	CC	SC	CC	SC	CC	SC	CC	SC	CC	SC	CC
L0	14A	4A	48,2A	35,8A	35,6AB	51A	1,3C	8,3B	0,9B	0,9C	0A	0B	0A	0A
L1	12,2A	1,3A	27,7B	13,1B	44,5A	53,2A	13,6BC	26,4AB	2B	5,1BC	0A	0B	0A	0A
L2	2,2A	0A	18B	15,9B	40,9AB	25,5B	24,5AB	40A	13,3AB	17,1AB	1,1A	0B	0A	1,4A
L3	0A	1,2A	24,3B	13,8B	19,4B	17,1B	32A	35,4A	18,2A	22,6A	6,1A	9,9A	0A	0A
L4	0A	1,2A	13,7B	5,8B	36,6AB	24,6B	26,8AB	31,8A	15,9A	27,1A	5,7A	9,5A	1,3A	0A

Letras iguais na coluna não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste f.

Kumar et al. (2007) avaliaram os efeitos de quatro lâminas de irrigação (baseadas em coeficientes, T1: 0,6; T2: 0,8; T3: 1,0 e T4: 1,2 pela evaporação do tanque classe A) na distribuição do percentual de bulbos de cebola, classificados em função do diâmetro (D): A (> 60 mm), B (60 a 41 mm), C (40 a 30 mm) e D (< 30 mm). O trabalho foi desenvolvido no clima semiárido de Punjab na Índia e os resultados obtidos foram semelhantes aos do presente estudo, sendo maior o percentual de bulbos da classe B (preferidos comercialmente) nos tratamentos T3 e T4 (maiores níveis de irrigação). Os menores percentuais de B e os maiores de D foram obtidos no tratamento com nível de irrigação mais restrito (T1). No entanto, o menor percentual de D foi obtido no maior nível de irrigação (T4). Portanto, de maneira geral e assim como no presente estudo, Kumar et al. (2007) observam que o percentual de bulbos maiores (de melhor valor comercial) diminui e o percentual de bulbos de diâmetro reduzido aumenta com a redução da lâmina de água aplicada. Os autores atribuem este padrão de resposta à variação da tensão da água no solo pela variação das lâminas de água aplicadas, uma vez que menores tensões de água no solo favorecem um melhor conforto hídrico às plantas e, conseqüentemente, maiores tamanhos de bulbos. Outros autores também têm observado este padrão de resposta em seus trabalhos com irrigação no cultivo de cebola (Kruse et al., 1987; Shock et al., 1998, 2000; Martin de Santa Olalla et al., 2004; Enciso et al., 2009).

De modo geral, a condição CC reduziu o percentual de bulbos que se enquadraram nas classes de menores diâmetros, classes 0, 1 e 2 em relação à condição SC, e nas classes de maior diâmetro, classes 3, 3 cheio e 4 a condição CC favoreceu a obtenção de maior percentual de bulbos em relação a condição SC.

Para a classe 0 foram verificadas reduções dos percentuais de bulbos causados pela condição CC da ordem de 10% em L0, 10,9% (L1) e 2,2% (L2), reduções para a classe 1 sendo 12,4% em L0, 14,6% (L1), 2% (L2), 10,5% (L3) e 7,8% (L4), reduções para a classe 2 sendo 15,4% em L2, 2,3% (L3) e 12,1% (L4). Ao contrário, para a classe 2 ocorreu

incremento do percentual de bulbos causados pela condição CC da ordem de 15,4 % em L0 e 8,7% (L1), incremento para a classe 3 sendo 7% em L0, 12,8% (L1), 15,5% (L2), 3,4% (L3) e 5,1%(L4) e incremento para a classe 3 cheio sendo 3,1% em L1, 3,8% (L2), 4,3% (L3) e 11,2%(L4).

4.4.3 Massa média fresca de bulbos

Para a massa média fresca de bulbos (MMFB) a análise de variância apresentou resultado significativo a 1% de probabilidade para o fator lâmina (Tabela C do anexo A) e para as médias obteve-se resposta significativa na regressão polinomial de segunda ordem a 5% de probabilidade nas condições SC e CC (Tabelas E e F do anexo B). Observa-se na Figura 17 que 98,5 e 99,3% das variações ocorridas no MMFB, em função das diferentes lâminas de irrigação aplicadas, respectivamente, para as condições SC e CC, são explicadas pela regressão polinomial ajustado.

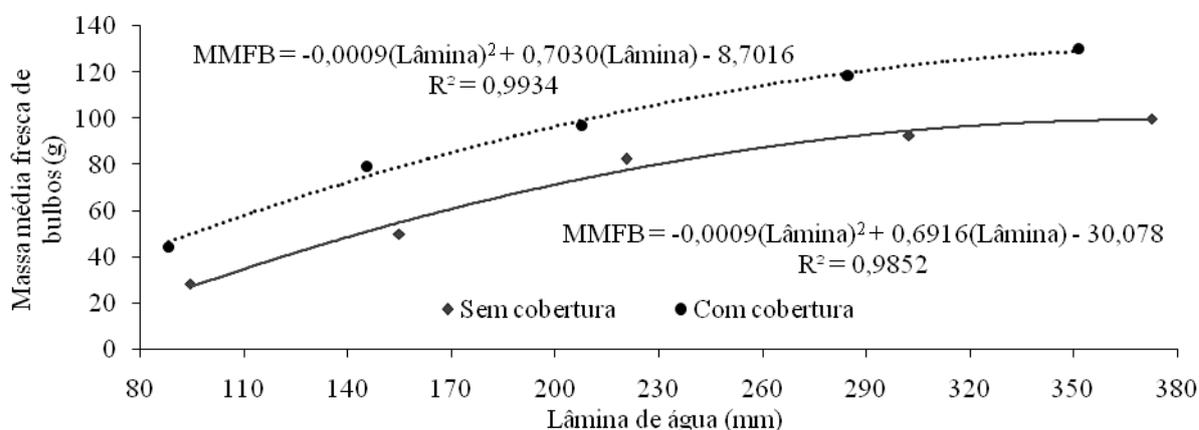


Figura 17. Análise de regressão polinomial da variável massa média fresca de bulbos em função das lâminas de água aplicadas nas condições com ausência e presença de cobertura do solo.

O valor médio geral de MMFB (Tabela D do anexo A) obtido neste estudo foi de 82,7 g sendo maior que os valores máximos encontrados por Kumar et al. (2007). Por dois anos consecutivos, os autores observaram que a massa média de bulbos comerciais foi influenciada positivamente pelas lâminas de irrigação aplicadas e encontraram valores máximos de 51,1 e 52,1 g, respectivamente, nos anos de 2004 e 2005, ambos no tratamento que recebeu maior lâmina de irrigação (1,2 ETCA).

Os valores de MMFB do presente estudo estão próximos aos obtidos por Araújo et al. (2004) cujos valores variaram de 100 a 136 g, e considerados aceitáveis pelo consumidor quando se trata do cultivo orgânico. Costa et al. (2000) relatam que a preferência do consumidor nacional é por bulbos com 80 a 100 g e diâmetro transversal de 40 a 80 mm.

Vilas Boas et al. (2012) testando os efeitos de cinco tensões da água no solo (15, 25, 35, 45, 60 e 75kPa) no desenvolvimento e produção de duas cultivas de cebola irrigadas por gotejamento, obtiveram resposta linear com nível de significância de 1% para a variável massa média de bulbos comerciais. Esta resposta se deu de maneira inversa com a tensão da água no solo e, diretamente, com as lâminas de irrigação aplicadas, independente das cultivares analisadas, indicando haver um decréscimo da massa média de bulbos comerciais (MMBC) com a redução da disponibilidade da água no solo. Os valores máximo e mínimo de MMBC foram de 126,4 e 76 g, obtidos, respectivamente, nas tensões de 15 e 75 kPa, e que

corresponderam à lâminas aplicadas de 609,4 e 261,2 mm. As respostas lineares encontradas pelos autores podem ser explicadas pelo melhor conforto hídrico que a cultura é submetida nos níveis de irrigação que mantem o solo próximo à capacidade de campo, fazendo com que a cultura dispenda menos energia para absorção de água em favor do seu desenvolvimento e, conseqüentemente, maior rendimento e peso dos bulbos.

Observa-se ainda que além da economia de água de 5,7% proporcionada pela cobertura do solo em relação ao cultivo com ausência de cobertura, a presença de palhada proporcionou incremento de massa média fresca de bulbos de 55, 58, 18, 28 e 31% associadas respectivamente às lâminas L0, L1, L2, L3 e L4, o que correspondeu a incrementos de 15,8, 29,2, 14,7, 26,1 e 30,6 g. Este resultado evidencia novamente o efeito benéfico da presença de palhada como cobertura do solo, possibilitando em L0 uma elevação da MMFB de 28,6 para 44,4 g. Considerando a lâmina L4 correspondente a 100% de reposição da ETc da cultura o efeito da cobertura do solo elevou a MMFB de 99,8 para 130,3 g.

4.4.4 Teor de massa seca de bulbos

Para o teor de massa seca de bulbos (TMSB), a análise de variância apresentou probabilidade de 6,5 % para o fator lâmina (Tabela D do anexo A), estando os valores apresentados na Figura 18.

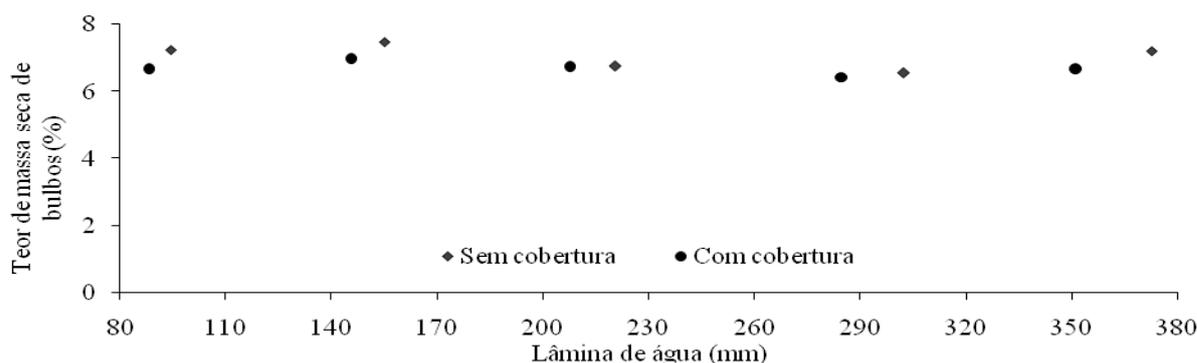


Figura 18. Valores médios do teor de massa seca de bulbos em função do fator irrigação.

Os resultados de TMSB do presente estudo corrobora com os obtidos por Martin de Santa Olalla et al. (2004) que ao cultivarem cebola em condições de clima semi-árido em Albacete na Espanha, com o objetivo de avaliar os efeitos de oito combinações de lâminas de irrigação com déficit controlado (de 585,4 a 754,3 mm), observaram diferenças não significativas a 5% de probabilidade no rendimento de matéria seca dos bulbos, o qual variou de 6,46 a 8,18 Mg ha⁻¹, correspondendo, respectivamente, a TMSB de 9,6 a 12%.

Os maiores teores de matéria seca e também valores de produtividade total de bulbos, que variaram de 65,3 a 74,6 Mg ha⁻¹, obtidos por Martin de Santa Olalla et al. (2004) em comparação aos do presente estudo (6,7 a 7,2% e 11,4 a 52,1 Mg ha⁻¹) podem ser explicados pela variação das lâminas aplicadas e a melhor adaptação da cebola às condições climáticas na época de cultivo. Os autores desenvolveram o trabalho em Albacete-Espanha, que apresenta temperatura do ar e localização geográfica mais próximas às dos prováveis centros de origem da cebola, Irã e Paquistão (Boiteux & Melo, 2004).

4.4.5 Teor de sólidos solúveis totais (°BRIX)

Para o teor de sólidos solúveis totais (TSST) a análise de variância apresentou

probabilidade de 42,2%, sendo, portanto, seu efeito não influenciado pelas diferentes lâminas aplicadas e condições de cobertura empregadas (Tabela E do Anexo A). A Figura 19 apresenta os valores médios da variável TSST em função das lâminas de água aplicadas.

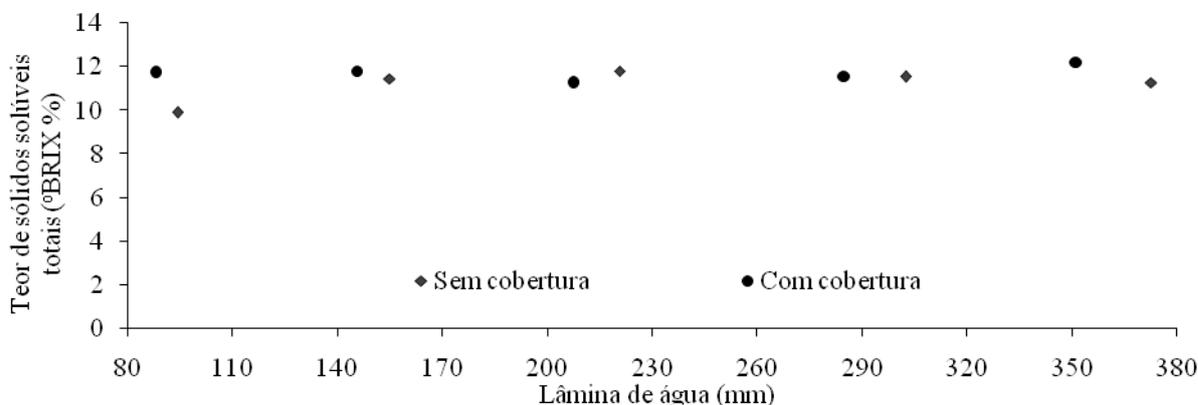


Figura 19. Valores médios do teor de sólidos solúveis totais em função das lâminas de irrigação.

Este resultado corrobora com os estudos de Kumar et al. (2007) que também obtiveram resultado não significativo para TSST. Trabalhando com lâminas de 275,3; 342,8; 407,4 e 467,75 mm aplicadas via método de microaspersão, os autores obtiveram 13,2; 12,9; 13,3 e 13 °BRIX, respectivamente, para o cultivo realizado em 2005. No cultivo de 2004, entretanto, as lâminas aplicadas foram de 257,1; 315,11; 389,2 e 451,3 mm, sendo encontradas diferenças significativas para TSST, que apresentou valor superior para o T3, 13,5 °BRIX em relação aos tratamentos T1 e T4, ambos com 13,1 °BRIX não diferindo T2, 13,3 °BRIX dos demais tratamentos. Segundo os autores, as variações ocorridas no TSST em função da irrigação podem ser causadas, provavelmente, pela demanda de água da cultura e pela maior eficiência de uso dos nutrientes sob condição ótima de umidade no solo.

Este resultado difere também dos encontrados por Vilas Boas et al. (2011a) que testando os efeitos de cinco tensões da água no solo (15, 25, 35, 45, 60 e 75 kPa) nos fatores de produção de duas cultivares de cebola irrigadas pelo sistema de gotejamento em Lavras-MG, obtiveram diferenças significativas a 1% de probabilidade na análise de variância para os sólidos solúveis totais e na regressão polinomial de segunda ordem. Da mesma forma como Kumar et al. (2007), os autores atribuem os resultados obtidos à demanda de água da cultura e à maior eficiência de uso dos nutrientes sob disponibilidade ótima de umidade no solo.

Enciso et al. (2009) cultivaram cebola nas safras 2005/2006 e 2006/2007 em clima semi-árido no Texas – USA com o objetivo de avaliar o efeito de seis lâminas de irrigação no rendimento e TSST de bulbos e obtiveram resposta semelhante ao do presente estudo, com resultado não significativo ($p < 5\%$) para o TSST na safra 2005/2006 e na média dos dois anos, que variaram, respectivamente, de 7,6 a 9,2 e de 7,1 a 7,8 °BRIX.

O TSST médio geral encontrado no presente estudo (11,46 °BRIX) corrobora com os obtidos por Araújo et al. (2004) (10,65; 11,65 e 11,72 °BRIX, respectivamente, para o cultivo das cultivares de cebola Alfa São Francisco, IPA 11 e IPA 10) em sistema orgânico de produção, e com os valores apresentados por Vilas-Boas et al. (2011a) (10,7 e 10,9 °BRIX, respectivamente, para as cultivares Optima F1 e Alfa tropical).

Os sólidos solúveis são as substâncias dissolvidas em determinado solvente que, no caso dos alimentos, é a água. São representadas principalmente por açúcares e aminoácidos cujos teores variam com a espécie, a cultivar, o clima e o estágio de maturação. Em geral, encontram-se valores médios entre 8 a 14 °Brix, podendo variar entre 2 a 25 °Brix (Chitarra &

Chitarra, 2005). Em cebolas, o TSST pode variar de 5 a 20% (Carvalho, 1980).

A mensuração do TSST para a agroindústria é constitui uma informação importante, pois está associado à pungência (característica organoléptica da cebola). De acordo com Moretti & Durigan (2002), a pungência é proporcionada pelo ácido pirúvico e é diretamente proporcional ao TSST. Todavia, quanto maior a pungência mais limitante será o consumo fresco.

4.5 Eficiência de uso da água

O resultado da análise de variância da variável eficiência do uso da água (EUA) em função das lâminas de irrigação foi significativo a 5% de probabilidade (Tabela G do anexo A) e a análise de regressão mostrou resposta polinomial de segunda ordem ($p < 6\%$) para a condição SC e resposta significativa ($p < 0,01$) para a condição CC (Tabelas G e H do anexo B) (Figura 20).

De acordo com a equação apresentada na Figura 15, na condição CC o acréscimo de 1 mm na lâmina aplicada reduz em $0,24 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ a EUA, indicando que o aumento da produtividade ocorreu numa proporção menor que o aumento da lâmina de água de irrigação e de chuva efetiva. Em função das diferentes lâminas de irrigação aplicadas na condição CC, 86,4 % das variações ocorridas na EUA é explicada pela regressão linear. Segundo o modelo de regressão linear ajustado na condição CC a máxima EUA ocorreu no tratamento associado à lâmina controle (sem irrigação), cuja lâmina aplicada consistiu apenas da lâmina de precipitação efetiva somada às lâminas de aclimatação, correspondendo a 88,2 mm.

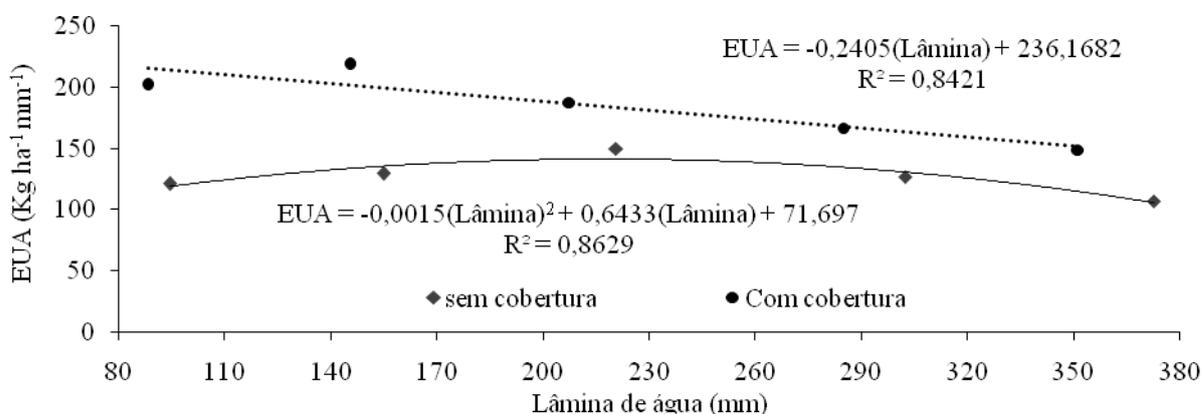


Figura 20. Análise de regressão da variável Eficiência do uso da água, em função do fator irrigação.

Vilas Boas et al. (2011a) obtiveram para a variável EUA resposta linear significativa a 1 % de probabilidade, indicando haver um aumento da EUA com o decréscimo das tensões da água no solo. Os valores máximo (obtido na tensão de 75 kPa) e mínimo (obtido na tensão de 15 kPa) encontrados para EUA foram, respectivamente, de $105,19 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ (correspondendo a menor lâmina aplicada de 261,2 mm) e de $80,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ (correspondendo a maior lâmina aplicada de 609,4 mm).

Vários trabalhos publicados realizados com cebola e outras hortaliças também têm mostrado que a EUA aumenta com o decréscimo da lâmina de água aplicada e/ou com o acréscimo da tensão da água no solo (Marouelli et al., 2003; Oliveira Neto, 2009; Sá et al., 2005; Silva, 2011b). Por outro lado, é importante ressaltar que além da otimização do uso dos recursos naturais, como a água, também deve ser levado em consideração outros fatores como a quantidade e qualidade da produção e a otimização de uso das áreas que estão associados

diretamente com renda líquida para o produtor, não coincidindo, necessariamente, com a máxima eficiência do uso do recurso água (Oliveira Neto, 2009).

Nota-se para a condição SC (Figura 20) que de acordo com o modelo polinomial de segunda ordem houve um acréscimo na EUA à medida que as lâminas foram aumentando, até o valor de 214,43 mm, que corresponde a um percentual de 57,5% da ETc. Neste ponto, foi obtida a máxima EUA ($140,67 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) e, em seguida, os valores foram reduzindo até a maior lâmina aplicada (372,7 mm), para a qual foi estimado o menor valor de EUA, $107,08 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Kumar et al. (2007) relatam que a EUA diminui no maior nível de irrigação, porque, normalmente a elevação no rendimento é proporcionalmente menor do que o aumento percentual na lâmina de irrigação.

Os resultados encontrados por Igbadun et al. (2012) também corroboram com o presente estudo (condição SC). Os autores cultivaram cebola com utilização de cobertura do solo com palha de arroz em Samaru, na Nigéria na safra 2009/2010, visando avaliar os efeitos de quatro níveis irrigação (25, 50, 75 e 100% da ETo) na produtividade da cultura. Os autores obtiveram diferenças significativas para EUA, obtendo valores superiores para as lâminas 50 e 75% da ETo (respectivamente, 4,57 e $4,12 \text{ kg m}^{-3}$) e inferiores para as lâminas 100 e 25% da ETo (3,45 e $3,96 \text{ kg m}^{-3}$, respectivamente). Foi observado por estes autores que a EUA na condição de solo coberto foi sempre superior à condição de solo descoberto, indicando que a cobertura do solo promoveu incremento na produção com um mesmo volume de irrigação em comparação ao cultivo em solo exposto.

O resultado polinomial obtido para a condição SC no presente estudo é devido a menor produtividade ocorrida nesta condição ($11,4 \text{ Mg ha}^{-1}$) no menor nível de irrigação em relação à condição CC ($17,7 \text{ Mg ha}^{-1}$). Também pode estar relacionado ao fato de ter ocorrido, durante o ciclo de cultivo, um grande volume de precipitação, que foi menos convertido em produção pela cultura naquela condição em relação a esta, que apresentou ajuste ao modelo linear na análise de regressão.

A cebola pode ter aproveitado melhor a umidade no cultivo com solo coberto, pela melhor uniformização de sua disponibilidade no decorrer do ciclo, principalmente nos tratamentos associados aos menores níveis de irrigação que são submetidos frequentemente a períodos de déficit hídrico.

Associada a menor PTB ocorrida na condição SC, a maior lâmina efetiva de precipitação nesta condição (64,6 mm) em relação a condição CC (58,5 mm) pode ter proporcionado a redução na EUA nos tratamentos associados aos menores níveis de irrigação naquela condição em relação a esta, provavelmente intensificada pela distribuição irregular da lâmina precipitada no decorrer do ciclo de cultivo. Este fato normalmente diminui a possibilidade de aproveitamento da água de chuva pelas culturas, e proporciona, no caso específico da cebola, períodos de boa disponibilidade hídrica (nos dias chuvosos) e períodos de déficit de umidade (nos dias sem chuvas) nos tratamentos de irrigações deficitárias cujos efeitos são entre outros, a redução da atividade de fotossíntese e de acúmulo de biomassa pela planta.

4.6 Fator Cobertura do Solo

Na Tabela 9 estão apresentados os valores médios das variáveis avaliadas neste estudo e os respectivos resultados estatísticos em função do fator cobertura do solo. Com exceção do TMSB, os valores das variáveis correspondentes à condição CC foram superiores aos valores associados à condição SC. Os percentuais de incremento da condição CC em relação à condição SC foram de 31,3; 24,2; 24,8 e 10,4%, respectivamente, para as variáveis EUA, PTB, MMFB e DMB. Para TMSB houve redução de 4,3%. Este resultado pode estar relacionado à interação dos possíveis efeitos benéficos proporcionados pela presença de

palhada como cobertura do solo, já citados neste trabalho.

Tabela 9. Resultado do teste f para o fator cobertura do solo das variáveis EUA ($\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$), produtividade total de bulbos (PTB) (Mg ha^{-1}), massa média fresca de bulbo (MMFB) (g), diâmetro médio de bulbos (DMB) (cm) e teor de massa seca de bulbo (TMSB) (%).

Fator cobertura	EUA	PTB	MMFB	DMB	TMSB
Solo exposto (SC)	126,7 b	28,5 b	70,7 b	4,3 b	7,0 a
Solo coberto (CC)	184,3 a	37,6 a	94,0 a	4,8 a	6,7 b

Letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste f a 5% de probabilidade.

Igbadun et al. (2012) desenvolveram estudos visando avaliar os efeitos de quatro níveis de aplicação de água e quatro níveis de cobertura morta (sem cobertura, cobertura com palhada de arroz, cobertura com filme de polietileno preto e cobertura com filme de polietileno transparente branco) no desempenho da cebola. Concluíram que a cobertura com palhada de arroz proporcionou um incremento na produtividade de bulbos de cerca de 12 a 15% em comparação com à condição de ausência de cobertura do solo.

De acordo com Resende et al. (2005) o uso de cobertura morta do solo mostra-se como vantajosa para a cultura da cenoura em vários aspectos, sendo técnica e economicamente viável, principalmente, em pequenas áreas e em cultivos orgânicos.

O fator cobertura do solo influenciou na distribuição do percentual de bulbos por classe de diâmetro, apresentando diferenças significativas pelo teste f a 5% de probabilidade nas classes 1, 3 e 3 cheio. Nas demais classes (0, 2, 4 e 5) apesar de ter apresentado um padrão semelhante de resposta não apresentaram resultado estatisticamente significativo (Tabela 10).

Tabela 10. Resultado do teste f para o fator cobertura do solo em cada classe de diâmetro.

Fator cobertura	0	1	2	3	3 cheio	4	5
Solo exposto (SC)	5,7 ^{ns}	26,0 a	35,4 ^{ns}	19,6 b	10,1 b	2,6 ^{ns}	0,3 ^{ns}
Solo coberto (CC)	1,5 ^{ns}	16,9 b	34,3 ^{ns}	28,4 a	14,6 a	3,9 ^{ns}	0,3 ^{ns}

^{ns} Na coluna, não diferem entre se significativamente a 5% de probabilidade através do teste f.

Nota-se que a condição CC apresentou a menor percentagem de bulbos enquadrados na classe 1 (< 35 mm, sem ou baixíssimo valor comercial) em relação à condição SC, proporcionando uma redução percentual de 35%. Do contrário, nas classes de melhor valor comercial em função da preferência do consumidor (classes 3 e 3 cheio) (Costa et al., 2000; Oliveira et al., 2013), a condição CC apresentou valores superiores aos da condição SC proporcionando um incremento percentual médio de enquadramento dos bulbos de 31 e 30,8 %, respectivamente.

Este padrão também foi verificado por Santos et al. (2012) ao cultivarem cebola em sistema agroecológico no SIPA no município de Seropédica (RJ), visando avaliar o efeito de diferentes tipos de cobertura do solo na produção total e na distribuição dos bulbos em classes de diâmetro. Os tratamentos com cobertura com palha de bambu e cobertura com palha de gliricídia proporcionaram maior produção que o tratamento ausência de cobertura nas classes 3 e 4, de maior diâmetro de bulbo, enquanto que na classe 1, de menor diâmetro de bulbo, ocorreu o inverso. Segundo os autores “o efeito benéfico da cobertura morta na produtividade e na qualidade da cebola foi, provavelmente, decorrente da manutenção de maior umidade e da redução da amplitude térmica do solo”.

Para o TSST encontrou-se, na análise de variância, interação significativa a 1% de probabilidade entre os fatores lâmina de irrigação e cobertura do solo (Tabela E do Anexo A). Deste modo foi necessário a realização do desdobramento do fator cobertura do solo dentro do fator lâmina de irrigação (Tabela F do Anexo A) e o resultado está apresentado na Tabela 11.

Tabela 11. Resultado do desdobramento do fator Cobertura do solo dentro do fator lâmina de irrigação Para a variável teor de sólidos solúveis totais °BRIX (%).

Fator cobertura	L0	L1	L2	L3	L4
Solo exposto (SC)	9,9 b	11,5 ns	11,8 ns	11,5 ns	11,3 b
Solo coberto (CC)	11,7 a	11,8 ns	11,2 ns	11,6 ns	12,2 a

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste f a 5% de probabilidade

Observa-se que ocorreram diferenças significativas para o fator cobertura do solo apenas no menor (L0) e maior (L4) níveis de irrigação, onde a condição CC proporcionou um incremento no TSST dos bulbos de 15,4 e 7,4% respectivamente nos níveis de irrigação L0 e L4 em relação à condição SC. Com este resultado o TSST mostrou ser menos sensível a variação em relação ao fator cobertura do solo com seus níveis com e sem presença de palhada de capim Cameron em relação às demais variáveis cujas não apresentaram interação significativa entre os fatores irrigação e cobertura do solo. Esta diferença obtida entre as condições SC e CC no TSST nas lâminas L0 e L4 foi provocada provavelmente pela melhor disponibilidade hídrica e conseqüentemente maior absorção e aproveitamento dos nutrientes na condição CC em relação à condição SC fato evidenciado pela maior PTB, MMFB, DMB, EUA naquela condição de cobertura do solo em relação a esta.

5 CONCLUSÕES

A produtividade total de bulbos associada ao maior nível de irrigação (100% da ETc) superou a média nacional em 171,7% (Condição SC) e em 224,2% (Condição CC), indicando ser o cultivo irrigado de cebola de dias curtos e ciclo precoce em sistema agroecológico uma técnica viável para a região de Seropédica-RJ.

A EUA associada à condição de solo coberto reduziu linearmente com o acréscimo das lâminas de irrigação e apresentou máximo valor no tratamento associado à lâmina controle (L0). Entretanto não é recomendado o cultivo de sequeiro para a região de Seropédica, pois esta condição apesar de apresentar maior EUA proporcionou produtividades com grande percentual de bulbos enquadrados nas classes 0 e 1 (menor que 35 mm, sem ou pouco valor comercial).

O fator lâmina de irrigação influenciou significativamente as variáveis PTB, MMFB, DMB e EUA não afetando, contudo, os teores de massa seca e de sólidos solúveis totais.

Os maiores valores de PTB, MMFB e DMB e os menores valores de EUA, em ambas as condições de cobertura do solo, foram obtidos com a aplicação do maior nível de irrigação (100% da ETc).

A distribuição do percentual de bulbos em classes de diâmetro foi influenciada significativamente pelos diferentes níveis de irrigação e de cobertura do solo.

A presença de cobertura morta além de proporcionar uma economia de água, proporcionando menores valores de Kc, influenciou significativamente as variáveis de produção apesar de reduzir o TMSB.

6 REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Agricultura irrigada: estudo técnico preliminar. Brasília, DF, 2004, 107p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. Brasília, DF, 2009.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. Brasília, 2013.
- ALEXANDRIS, S.; KERKIDES, P. New empirical formula for hourly estimations of reference evapotranspiration. *Agricultural Water Management*. Amsterdam, v.60, n.3, p.157-180, 2003.
- AL-JAMAL, M. S.; SAMMIS, T. W.; BALL, S.; SMEAL, D. Yield-based, irrigated onion crop coefficients. *Applied Engineering in Agriculture*, v. 15, n.6, p. 659–668, 1999.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998. 308 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ANDRADE, I. P. S. Manejo da irrigação na cultura da Figueira (*ficus carica L.*) utilizando o balanço hídrico de água no solo. Seropédica, 2013, 54p. (Dissertação, Mestrado em Fitotecnia – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro).
- AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. Agricultura orgânica em áreas urbanas e periurbanas com base na agroecologia. *Ambiente e Sociedade*, Campinas, v.10, n.1, p. 137-150, 2007.
- ARAÚJO, J. F.; COSTA, N. D.; LIMA, M. A. C.; PEDREIRA, C. M.; SANTOS, C.; LEITE, W. M. Avaliação de genótipos de cebola em cultivo orgânico. *Horticultura Brasileira*, v. 22, p. 420-424, 2004.
- ARAÚJO, J. F.; COSTA, N. D.; LIMA, M. A. C.; PEDREIRA, C. M.; SANTOS, C.; LEITE, W. M. Avaliação de genótipos de cebola em cultivo orgânico. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.2, n.1, p. 552-556, 2007.
- ARAÚJO, M. T.; PEREIRA, L.S.; SILVA, H.R.; MASCARENHAS, M.H.T. Cultivo da cebola. Brasília: EPAMIG / EMBRAPA / CODEVASF, 1997. Folder.
- ASSIS, R. L.; AREZZO, D. C.; ALMEIDA, D. L.; DE-POLLI, H. Aspectos Sócio-Econômicos da Agricultura Orgânica Fluminense. *Revista de Administração Pública*, v. 30, n. 1, p. 26-42, 1996.
- BANDYOPADHYAY, P. K.; MALLICK, S.; RANA, S. K. Actual evapotranspiration and crop coefficients of onion (*Allium cepa L.*) under varying soil moisture levels in the humid tropics of India. *Tropical Agriculture*, v. 80, p. 83–90, 2003.

- BARROS, V. R.; SOUZA, A. P.; FONSECA, D. F.; SILVA, L. D. B. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica, Rio de Janeiro, utilizando lisímetro de pesagem e modelos matemáticos. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.4, n.2, p.198-203, 2009.
- BATISTA, S.C.O. ; CARVALHO, D. F. ; ROCHA, H. S.; SANTOS, H. T.; MEDICI, L.O. Production of automatically watered lettuce with a low cost controller. *International Journal of Food, Agriculture and Environment*, v. 11, p. 485-489, 2013.
- BOEING, G. Fatores que afetam a qualidade da cebola na agricultura familiar catarinense. Florianópolis: Instituto Cepa/SC, 2002. 88p.
- BOITEUX, L. S.; MELO, P. C. T. In: Sistema de Produção de Cebola (*Allium cepa L.*). Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/cebola/index.htm>. acesso em 04/05/2012.
- CALBO, A. G.; SILVA, W. L. C. Sistema Irrigas para manejo de irrigação: fundamentos, aplicações e desenvolvimentos. Embrapa Hortaliças, 2005. 174 p.
- CAMPOSEO, S.; RUBINO, P. Effect of irrigation frequency on root water uptake in sugar beet. *Plant and Soil*, v. 253, p. 301-309, 2003.
- CARVALHO, D. F.; NETO, D. H. O.; RIBEIRO, R. L. D.; GUERRA, J. G. M.; ROUWS, J. R. C. Manejo da irrigação associada a coberturas mortas vegetais no cultivo orgânico da beterraba. *Engenharia Agrícola*, v.31, p. 269-277, 2011.
- CARVALHO, D. F.; OLIVERIA, L. F. C. Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012. 240p.
- CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M.; CRUZ, F. A.; SOUZA, A. P. Instalação, calibração e funcionamento de um lisímetro de pesagem. *Engenharia Agrícola*, v. 27, n.2, p. 363-372, 2007.
- CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B.; FOLEGATTI, M. V.; COSTA, J. R.; CRUZ, F. A. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica-RJ utilizando lisímetro de pesagem. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.14, n.1, p. 97-105, 2006b.
- CARVALHO, D.F.; CRUZ, E.S.; SILVA, W.A.; SOUZA, W.J.; SOBRINHO, T.A. Demanda hídrica do milho de cultivo de inverno no Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.1, p.112–118, 2006a.
- CARVALHO, V. D. Características nutricionais, industriais e terapêuticas da cebola. *Informe Agropecuário*, v.6, p.71-78, 1980.
- CHAVES, S. W. P.; AZEVEDO, B. M. DE; MEDEIROS, J. F.; BEZERRA, F. M. L.; MORAIS, N. B. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da pimenteira em lisímetro de drenagem. *Revista Ciência Agronômica*, v.36, p.262-267, 2005.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2. ed. revisada e ampliada. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CHOPAIDE, S.O.; BANSODE, P.N.; HIWASE, S.S. Studies on fertilizer and water management to onion. PKV Research Journal, v. 22, p. 4447, 1998.

CHRISTOFIDIS, D. Irrigação, a fronteira hídrica na produção de alimentos. Revista Item, n.54, p. 46-55, 2002.

CHRISTOFIDIS, D. Recursos hídricos e irrigação no Brasil. In: WORKSHOP DISPONIBILIDADE DE ÁGUA E IRRIGAÇÃO NO NORDESTE, Brasília. Anais. Brasília: ISPN, 1999. 34p.

COELHO, E. F.; CALDAS, R. C.; SANTOS, D. B.; LEDO, C. A. S. Número e espaçamento entre hastes de guia de onda para medida da umidade do solo com TDR. Campina Grande, PB: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.2, p. 215-220, 2003.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. Bahia Agrícola, v.7, n.1, p. 57-60, 2005.

COELHO, E. F.; SOUZA, V. A. B.; CONCEIÇÃO, M. A. F. Comportamento da cultura da cebola em três regimes de irrigação e cinco espaçamentos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.31, n.8, p. 585-591, 1996. .

COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO – CEAGESP. Classificação da cebola (*Allium cepa* L). Disponível em: <<http://www.hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/folders/cebola.pdf>>. Acesso em 05/02/2014.

COOPERCITRUS REVISTA AGROPECUÁRIA. Cebola: Terceira hortaliça mais produzida no mundo. São Paulo. ed. 303. 2012. Disponível em: <http://www.coopercitrus.com.br/index.php?pag=revista&p=materia&codigo=6177>. Acesso em 01/01/2014.

COSTA, E. L.; MAENO, P.; ALBUQUERQUE, P. E. P. Irrigação da bananeira. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.20, n.196, p. 67-72, 1999.

COSTA, E. L.; MAROUELLI, W. A.; CAMBOIM NETO, L. F.; SILVA, W. L. C. Irrigação da cebola. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.23, n. 218, p. 57-66, 2002a.

COSTA, N. D. ; LEITE, D. L ; SANTOS, C. A. F ; ARAÚJO, J. C ; VIDIGAL, S. M. Cultivares de cebola. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 23, p. 20-27, 2002b.

COSTA, N. D.; RESENDE, G. M.; DIAS, R. C. S. Avaliação de cultivares de cebola em Petrolina-PE. Horticultura Brasileira, v.18, p. 57-60, 2000.

COSTA, N. D.; ARAÚJO, J. F.; SANTOS C. A. F.; RESENDE, G. M.; LIMA, M. A. C. Desempenho de cultivares de cebola em cultivo orgânico e tipos de solo no Vale do São Francisco. Horticultura Brasileira, v. 26, n.4, p. 476-480, 2008.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Guidelines for predicting crop water requirements. Rome: FAO. 1977. 156p. Irrigation and drainage Paper 24.

DURANTI, A.; CUOCOLO, L. Chemical weed control and mulching in onion (*Allium cepa*. L.) and garlic (*Allium sativum*. L.). *Advances in Horticultural Science*. v.37, p. 338-342, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª ed. Brasília: Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 312p. 2006.

ENCISO, J.; WIEDENFELD, B.; JIFON, J.; NELSON, S. Onion yield and quality response to two irrigation scheduling strategies. *Scientia Horticulturae*, v. 120, p. 301-305, 2009.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Ed. UFV, 2007. 421p.

GARCIA Y GARCIA, A.; GUERRA, L. C.; HOOGENBOOM, G. Water use and water use efficiency of sweet corn under different weather conditions and soil moisture regimes. *Agricultural Water Management*, v. 96, n.10, p.1369-1376, 2009.

GATTO, R. F. Produtividade da cultura da cebola sob doses de nitrogênio e lâminas de irrigação por gotejamento. Lavras, 2013. 82p. (Dissertação, Mestrado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas - Universidade Federal de Lavras - UFPA).

GONCALVES, P. A. S.; WAMSER, G. H. Produção orgânica de cebola com agricultores familiares. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 2, n.3, p. 63-68, 2007.

GIMENEZ, C.; OTTO, R.F.; CASTILLA, N. Productivity of leaf and non vegetable crops under direct cover. *Scientia Horticulturae*, v. 94, p. 1-11, 2002.

GLIESSMAN, S. R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 653 p.

IGBADUN, H. E.; RAMALANA, A. A.; OIGANJIB, E. Effects of regulated deficit irrigation and mulch on yield, water use and crop water productivity of onion in Samaru, Nigeria. *Agricultural Water Management*, v. 109, p. 162-169, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Confronto das safras (Rendimento médio) de 2011 e 2012 – Brasil – Março 2012 Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201203_3.shtm. Acesso em 02/05/2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Indicadores de desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo agropecuário 2006. Rio de Janeiro, 2009.

JIMÉNEZ, M.; DE JUAN, J.A.; TARJUELO, J. M.; ORTEGA, J. F. Effect of irrigation uniformity on evapotranspiration and onion yield. *Journal of Agricultural Science*, v. 148, p.139-157, 2010.

KADAYIFCI, A.; TUYLU, G. I.; UCAR, Y.; CAKMAK, B. Crop water use of onion (*Allium cepa* L.) in Turkey. *Agricultural Water Management*, v. 72, p. 59-68, 2005.

KORIEEM, S.O.; EL-KOLIEY, M. M. A.; WAHBA, M. F. Onion bulb production from “Shandwell” sets as affected by soil moisture stress. *Assuit Journal of Agriculture Science*, v. 25, p. 185-193, 1994.

KRUSE, E. G.; ELLS, J. E.; MCSAY, A. E. Comparison of two onion irrigation scheduling programs. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 112, p. 738-742, 1987.

KUMAR, S.; IMTIYAZ, M.; KUMAR, A.; SINGH, R. Response of onion (*Allium cepa* L.) to different levels of irrigation water. *Agricultural Water Management*, v.89, p.161-166, 2007.

LAMPKIN, N. H.; PADEL, S. Agricultural policy in westem Europe: an overview. In: *The economics of organic farming*: CAB International, p.437-456, 1994.

LEITE, D. L.; GARIBALDI, N. L.; DOUGLAS, R. A. SCHWENGBER, J. E.; Matheus S. C.; TAVARES, I. B. Avaliação agronômica e de doenças foliares em genótipos de cebola em cultivo de base ecológica. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 4, n. 2, p. 1839-1842, 2009.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil: O estado das águas no Brasil. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 1999. Disponível em: <[http:// www.iica.org.uy](http://www.iica.org.uy)>. Acesso em: 04 set. 2012.

LIMA, M. E. Avaliação do desempenho da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) cultivado em sistema orgânico de produção, sob diferentes lâminas de irrigação e cobertura do solo. Seropédica-RJ, 2007. 55p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

LIMA, M. E.; CARVALHO, D. F.; SOUZA, A. P.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D. Desempenho da alface em cultivo orgânico com e sem cobertura morta e diferentes lâminas d'água. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, n.6, p. 1503-1510, 2009.

LIMA, M. E.; CARVALHO, D. F.; SOUZA, A. P.; ROCHA, H. S.; GUERRA, J. G. M. Desempenho do cultivo da berinjela em plantio direto submetida a diferentes lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online)*, v. 16, n.6, p. 604-610, 2012.

LÓPEZ URREA, R.; MARTÍN DE SANTA OLALLA, F.; MONTORO, A.; LÓPEZ-FUSTER, P. Single and dual crop coefficients and water requirements for onion (*Allium cepa* L.) under semiarid conditions. *Agricultural Water Management* n. 96, p. 1031-1036, 2009.

MAROUELLI, W. A.; COSTA, E. L.; SILVA, H. R. Irrigação da Cultura de Cebola. Circular técnica. Brasília: Embrapa Hortaliças, n. 37, 17p, 2005.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; MORETTI, C. L. Resposta do tomateiro para processamento a tensões de água no solo, sob irrigação por gotejamento. *Engenharia Agrícola*, v.23, p. 1-8, 2003.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Hortaliças, 2008. 150 p.

MARSH, A. Irrigation. In: Water Reuther, The Citrus Industry. University of California, v.3, p. 230-279, 1968.

MARTIN DE SANTA OLALLA, F., DOMINGUEZ-PADILLA, A., LOPEZ, R. Production and quality of onion crop (*Allium cepa* L.) cultivated under controlled deficit irrigation conditions in a semi-arid climate. *Agricultural Water Management*, v. 68, p. 77-89, 2004.

MARTÍN DE SANTA OLALLA, F.; JUAN, J.A.; FABIRO, C. Growth and production of onion crop (*Allium cepa* L.) under different irrigation scheduling. *European Journal of Agronomy*, v. 3, p. 85-92, 1994.

MELÃO, I. B.; MORI, M. M.; WIRBISKI, S.; DAROLT, M. R.; RODRIGUES, A. S.; KARAM, K. F. O mercado de orgânicos no Paraná: caracterização e tendências. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.2, n.2, p. 70-74, 2007.

MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; SUGA WARA, M. T.; PEÇANHA, A. L.; GOTTARDO, R. D. Determinação do coeficiente cultural (kc) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em Campos dos Goytacazes, RJ. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 5, p. 471-475, 2007.

MIRANDA, J. H.; GONÇALVES, A. C. A.; CARVALHO, D. F. Água e solo. In: Miranda, J. H.; Pires, R. C. M. Irrigação. Piracicaba: FUNEP, v.1, p. 1-62. 2001.

MORETTI, C. L.; DURIGAN, J. F. Processamento de cebola. *Informe Agropecuário*, v. 23, p. 94-104, 2002.

MUKHERJI, A.; FACON, T.; BURKE, J.; DE FRAITURE, C.; FAURÈS, J. M.; FÜLEKI, B.; GIORDANO, M.; MOLDEN, D.; SHAH, T. Revitalizing Asia's irrigation: to sustainably meet tomorrow's food needs. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute; Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2009.

NOGUEIRA, L. C.; NOGUEIRA, L. R. Q.; MIRANDA, F. R. Irrigação do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (ed.). A cultura do coqueiro no Brasil. 2.ed. revisada e ampliada. Brasília: Embrapa SPI; Aracaju: Embrapa CPATC, 1998. p. 159-187.

OLIVEIRA F. F.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D.; ESPÍNDOLA, J. A. A.; RICCI, M. F.; CEDDIA, M. B. Avaliação de coberturas mortas em cultura de alface sob manejo orgânico. *Horticultura Brasileira*, v. 26, n.2, p. 216-220, 2008.

OLIVEIRA NETO, D. H.; CARVALHO, DANIEL, F.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M.; CEDDIA, M. B. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da beterraba orgânica sob cobertura morta de leguminosa e gramínea. *Horticultura Brasileira (Impresso)*, v. 29, p. 330-334, 2011.

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. Seropédica, 2009. 107p. (Dissertação, Mestrado em Fitotecnia – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ).

OLIVEIRA, F. F. Influência da Cobertura morta com palha de leguminosas e gramíneas no desempenho de alface (*Lactuca sativa*.) sob manejo orgânico. Seropédica, 2005. 55p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Ciência do Solo – UFRRJ).

OLIVEIRA, G. M.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; BISPO, R. C.; SANTOS, I. M. S.; LIMA, C. B. A.; CARVALHO, A. R. P. Coeficiente de cultura e produtividade da cebola submetida a diferentes lâminas de irrigação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n.9, p.969–974, 2013.

OLIVEIRA, V. R.; MENDONÇA, J. L.; SANTOS, C. A. F. Clima. In: Sistema de Produção de Cebola (*Allium cepa* L). Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/cebola/index.htm>. acesso em 04 Mai. 2012.

OLIVEIRA, V. R.; MAROUELLI, W. A.; MADEIRA, N. R. Cebola. In: MONTEIRO, J. E. B. A. Agrometeorologia dos Cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF. INMET, 2009. 530p.

PASTERNAK, D.; MALACH, Y.; BOROVIC, I. Irrigation with brackish water under desert conditions I. Problems and solutions in production of onions (*Allium cepa* L.). Agricultural Water Management, v. 9, P. 225-235, 1984.

PATEL, N.; RAJPUT, T. B. S. Effect of subsurface drip irrigation on onion yield. Irrigation Science, v. 27, n. 2, p. 97-108, 2009.

PAULA, P. D.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D.; CESAR, M. N. Z.; GUEDES, R. E.; POLIDORO, J. C. Rendimento agrônômico do consórcio entre cebola e alface em sistema orgânico de produção. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 4p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos 174).

PAULA, P.D.; GUERRA, J.G.M.; RIBEIRO, R.L.D.; CESAR, M.N.Z.; GUEDES, R.E.; POLIDORO, J.C. Viabilidade agrônômica de consórcios entre cebola e alface no sistema orgânico de produção. Horticultura Brasileira. v. 27, p. 202-206, 2009.

PAULINO, J.; FOLEGATTI, M. V.; ZOLIN, C. A.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; JOSÉ, J. V. Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o Censo Agropecuário 2006. Irriga, v. 16, n. 2, p. 163-176, 2011.

PETRY, M. T.; ZIMMERMANN, F. L.; CARLESSO, R.; MICHELON, C. J.; KUNZ, J. H. Disponibilidade de água do solo ao milho cultivado sob sistemas de semeadura direta e preparo convencional. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, n. 3, p. 531-539, 2007.

PINTO, J. M.; COSTA, N. D.; RESENDE, G. M. Irrigação. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA Semi-Árido. Sistemas de Produção, 3. Cultivo da cebola no Nordeste. 2007. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cebola/CultivoCebolaNordeste/irrigacao.htm>. Acesso em 15 Jan. 2014.

RAJPUT, T. B. S.; PATEL, N. Water and nitrate movement in drip-irrigated onion under fertigation and irrigation treatments. *Agricultural Water Management*, v. 79, p. 293-311, 2006.

RESENDE, F. V.; SOUZA, L. S.; OLIVEIRA, P. S. R.; GUALBERTO, R. Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção de cenoura em cultivo de verão. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 1, p. 100-105, 2005.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D.; SOUZA, R. J. Clima. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA Semi-Árido. Sistemas de Produção, 3. Cultivo da cebola no Nordeste. 2007. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cebola/CultivoCebolaNordeste/clima.htm>. acesso em 15 Mai. 2012.

SÁ, N. S. A.; PEREIRA, G. M.; ALVARENGA, M. A. R.; MATTIOLI, W.; CARVALHO, J. A. Comportamento da cultura do tomateiro sob diferentes tensões de água no solo em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p. 341-347, 2005.

SAHA, U. K.; KHAN, M. S. I.; HAIDER, J.; SAHA, R. R. Yield and water use of onion under different irrigation schedules in Bangladesh. *Japanese Journal of Tropical Agriculture*, v. 41, p. 268-274, 1997.

SANTOS, C. A. B.; ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; FEITOSA, H. O.; MOURA, A. F. G.; RIBEIRO, R. L. D.; ALMEIDA, D. L.; COSTA, J. R. Efeito de coberturas mortas vegetais sobre o desempenho da cenoura em cultivo orgânico. *Seropédica: Embrapa Agrobiologia*, 2008. 4 p. (Comunicado Técnico, 112).

SANTOS, S.S.; ESPÍNDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; LEAL, M.A.A.; RIBEIRO, R.L.D. Produção de cebola orgânica em função do uso de cobertura morta e torta de mamona. *Horticultura Brasileira*, v. 30, p. 549-552, 2012.

SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, A. M. A.; GUIMARÃES, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v. 5, n. 1, 2005.

SHARMA, O. L.; KATOLE, N. S.; GAUTAM, K. M. (1994). Effect of irrigation schedules and nitrogen levels on bulb yield and water use by onion (*Allium cepa* L.). *Agricultural Science Digest Karnal*, v. 14, p. 15-18.

SHOCK, C. C.; FEIBERT, E. B. G.; SAUNDERS, L. D. Irrigation criteria for drip-irrigated onions. *Horticultural Science*, v.35, p. 63-66, 2000.

SHOCK, C. C.; FEIBERT, E. B. G.; SAUNDERS, L. D. Onion yield and quality affected by soil water potential as irrigation threshold. *Horticultural Science*, v. 33, n. 7, p. 1181-1191, 1998.

SILVA, A. C. DA; LIMA, L. A.; EVANGELISTA, A. W. P.; MARTINS, C. P. Evapotranspiração e coeficiente de cultura do cafeeiro irrigado por pivô central. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, p. 1215-1221, 2011a.

SILVA, D. G. Necessidade Hídrica e Produtividade da Batata (*Solanum tuberosum* L.) sob Diferentes Lâminas de Irrigação em Cultivo Agroecológico. Seropédica, 2011b. 82p. (Dissertação, Mestrado em Fitotecnia – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ).

SOUZA, A. P.; LIMA, M. E.; CARVALHO, D. F. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do milho em monocultivo e em consórcio com a mucuna-cinza, usando lisímetros de pesagem. *Agrária (Online)*, v. 7, p. 142-149, 2012.

SOUZA, A. P.; LIMA, M. E.; CARVALHO, D. F.; ANDRADE, I. P. S.; ROCHA, H. S.; SILVA, L. D. B. Umidade do solo e vegetação espontânea em diferentes coberturas mortas submetidas a lâminas de irrigação. *Agrária (Online)*, v. 6, p. 127-139, 2011a.

SOUZA, A. P.; PEREIRA, J. B. A.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, D. F. Evapotranspiração, coeficientes de cultivo e eficiência do uso da água da cultura do pimentão em diferentes sistemas de cultivo. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.33, n.1, p.15-22, 2011b.

SOUZA, C. F.; MATSURA, E. E.; FOLEGATTI, M. V.; COELHO, E. F.; OR, D. Sondas de TDR para a estimativa da umidade e da condutividade elétrica do solo. *Irriga*, v. 11, p. 12-25, 2006.

SOUZA, C. F.; MATSURA, E. E. Avaliação de sondas de TDR multi-haste segmentadas para estimativa da umidade do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.1, p. 63-68, 2002.

SOUZA, J. L. M.; GOMES, S. Limites na utilização de um modelo de balanço hídrico decendial em função da capacidade de água disponível no solo. *Acta Scientiarum.Agronomy*, v. 30, n. 2, p. 153-163, 2008.

STARK, J. C.; JARRELL, W. M.; LETEY, J. Evaluation of irrigation-nitrogen management practices for celery using continuous-variable irrigation. *Soil Science Society*. 95-98pp. 1983.

TAVELLA, L. B. Desempenho de cultivares de cebola em cultivo orgânico sob diferentes coberturas do solo nas condições de Rio Branco - AC. 2011. 46 f. (Dissertação, Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC.

TOPP, G. C.; DAVIS, J. L.; ANNAN, A. P. Electromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines. *Water Resources Research*, v.16, n.3, p. 574-582, 1980.

VAN GENUCHTEN, M.T. A Closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of America Journal, v. 44, p. 892-898, 1980.

VAN GENUCHTEN, M.T.; SIMUNEK, J.; LAIN, J.; SKOVVAN, S.; SEJNA, M. RETC version 6.01. Disponível em: <<http://www.pc-progress.com/en/Default.aspx?retc-downloads>> Acesso em: 10 Abr. 2012.

VENTURA, S. R. S.; CARVALHO, A. G.; ABOUD, A. C. S.; RIBEIRO, R. L. D. Influência das doses de nitrogênio e das coberturas vivas do solo em cultivo orgânico de berinjela, na incidência de *Corythaica cyathicollis* em diferentes períodos do dia. Biotemas, v.20, n.4, p.59-63, dez. 2007.

VILAS BOAS, R. C.; PEREIRA, G. M.; REIS, R. P.; LIMA JUNIOR, J. A.; CONSONI, R. Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 35, n. 4, p. 781-788, 2011b.

VILAS BOAS, R. C.; PEREIRA, G. M.; SOUZA, R. J.; CONSONI, R. Desempenho de cultivares de cebola em função do manejo da irrigação por gotejamento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.2, p.117-124, 2011a.

VILAS BOAS, R. C.; PEREIRA, G. M.; SOUZA, R. J.; GEISENHOF, L. O.; LIMA JÚNIOR, J. A. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de cebola irrigadas por gotejamento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 7, p. 706-713, 2012.

ZANETTI, S. S.; SOUSA, E. F.; CARVALHO, D. F.; BERNARDO, S.; CARVALHO, D. F. Estimativa da evapotranspiração de referência no estado do Rio de Janeiro usando redes neurais artificiais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 12, p. 174-180, 2008.

7 ANEXOS

7.1 Anexo A

7.1.1. Análises de variância

Tabela A: Produtividade total de bulbos (Mg ha^{-1})

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Irrigação (a)	4	9299,46	2324,86	47,14	5,0E-11
Blocos	6	330,68	55,11	1,12	0,382
Erro a	24	1183,61	49,32		
Parcelas	34	10813,74			
Cobertura (b)	1	1438,90	1438,90	32,54	3,2E-06
Irrigação X cobertura	4	120,42	30,11	0,68	0,611
Erro b	30	1326,56	44,22		
Total	69	13699,63			
Coeficiente de variação 1 (%) = 21,24					
Coeficiente de variação 2 (%) = 20,11					
Média geral = 33,06					

Tabela B: Diâmetro médio de bulbos (cm)

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Irrigação (a)	4	41,63	10,41	34,95	1,1E-09
Blocos	6	1,33	0,22	0,74	0,622
Erro a	24	7,15	0,30		
Parcelas	34	50,10			
Cobertura (b)	1	4,26	4,26	20,20	9,7E-05
Irrigação X cobertura	4	1,05	0,26	1,24	0,314
Erro b	30	6,33	0,21		
Total	69	61,74			
Coeficiente de variação 1 (%) = 11,93					
Coeficiente de variação 2 (%) = 10,04					
Média geral = 4,57					

Tabela C: Massa média fresca de bulbos (g)

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Irrigação (a)	4	9299,46	2324,86	47,14	5,0E-11
Blocos	6	330,68	55,11	1,12	0,382
Erro a	24	1183,61	49,32		
Parcelas	34	10813,74			
Cobertura (b)	1	1438,90	1438,90	32,54	3,2E-06
Irrigação X cobertura	4	120,42	30,11	0,68	0,611
Erro b	30	1326,56	44,22		
Total	69	13699,63			
Coeficiente de variação 1 (%) = 21,24					
Coeficiente de variação 2 (%) = 20,11					
Média geral = 82,65					

Tabela D: Teor de massa seca (%)

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Irrigação (a)	4	4,18	1,04	2,55861	0,065
Blocos	6	3,32	0,55	1,35538	0,272
Erro a	24	9,79	0,41		
Parcelas	34	17,28			
Cobertura (b)	1	2,33	2,33	6,20027	0,019
Irrigação X cobertura	4	1,01	0,25	0,67288	0,616
Erro b	30	11,26	0,38		
Total	69	31,88			
Coeficiente de variação 1 (%) = 9,30					
Coeficiente de variação 2 (%) = 8,92					
Média geral = 6,87					

Tabela E: Teor de sólidos solúveis totais °Brix (%)

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Irrigação (a)	4	7,88	1,97	1,01	0,422
Blocos	6	4,63	0,77	0,40	0,874
Erro a	24	46,79	1,95		
Parcelas	34	59,31			
Cobertura (b)	1	4,63	4,63	7,84	0,009
Irrigação X cobertura	4	11,59	2,90	4,91	0,004
Erro b	30	17,71	0,59		
Total	69	93,25			
Coeficiente de variação 1 (%) = 12,19					
Coeficiente de variação 2 (%) = 6,71					
Média geral = 11,46					

Tabela F: Desdobramento do fator cobertura dentro do fator lâmina da análise de variância da variável teor de sólidos solúveis totais °Brix (%).

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Irrigação (a)	4	7,88	1,97	1,01	0,42
Blocos	6	4,63	0,77	0,40	0,87
Erro a	24	46,80	1,95		
Parcelas	34	59,31			
SQ Cobertura dentro da lâmina 1	1	11,61	11,61	19,67	0,00
SQ Cobertura dentro da lâmina 2	1	0,45	0,45	0,76	0,39
SQ Cobertura dentro da lâmina 3	1	1,14	1,14	1,94	0,17
SQ Cobertura dentro da lâmina 4	1	0,00	0,00	0,01	0,93
SQ Cobertura dentro da lâmina 5	1	3,02	3,02	5,11	0,03
Resíduo (b)	30	17,71	0,59		
Total	69	93,25			
Coeficiente de variação 1 (%) = 12,19					
Coeficiente de variação 2 (%) = 6,71					
Média geral = 11,46					

Tabela G: Eficiência do uso da água ($\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$).

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Irrigação (a)	4	19354,21	4838,55	3,02	0,038
Blocos	6	7034,48	1172,41	0,73	0,629
Erroa	24	38452,97	1602,21		
Parcelas	34	64841,66			
Cobertura (b)	1	58115,98	58115,98	72,10	1,8E-09
Irrigação X cobertura	4	8592,00	2148,00	2,66	0,052
Errob	30	24182,05	806,07		
Total	69	155731,69			
Coeficiente de variação 1 (%) = 25,74					
Coeficiente de variação 2 (%) = 18,26					
Média geral = 155,52					

7.2 Anexo B

7.2.1 Análises de regressão

Tabela A: Produtividade na condição sem cobertura do solo (Mg ha⁻¹)

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F	Probabilidade
Irrigação	4257,99	4	1064,50	27,77	1,07E-08
Regressão Linear	3866,26	1	3866,26	100,87	4,52E-10
Regressão Quadrática	338,94	1	338,94	8,84	0,007
Desvios	52,80	2	26,40	0,69	0,512
Blocos	228,19	6	38,03	0,99	0,453
Erro	919,91	24	38,33		
Total	5406,09	34			
Coeficiente de variação (%) = 21,70					
Média geral = 28,53					

Tabela B: Produtividade na condição com cobertura do solo (Mg ha⁻¹)

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F	Probabilidade
Irrigação	5161,89	4	1290,47	28,26	9,07E-09
Regressão Linear	4903,79	1	4903,79	107,39	2,44E-10
Regressão Quadrática	224,03	1	224,03	4,91	0,037
Desvios	34,07	2	17,03	0,37	0,693
Blocos	596,87	6	99,48	2,18	0,081
Erro	1095,88	24	45,66		
Total	6854,63	34			
Coeficiente de variação (%) = 17,97					
Média geral = 37,59					

Tabela C: Diâmetro na condição sem cobertura do solo (cm)

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F	Probabilidade
Irrigação	25,20	4	6,30	19,21	3,36E-07
Regressão Linear	21,74	1	21,74	66,30	2,31E-08
Regressão Quadrática	2,83	1	2,83	8,62	0,007
Desvios	0,62	2	0,31	0,95	0,339
Blocos	2,25	6	0,37	1,14	0,368
Erro	7,87	24	0,33		
Total	35,32	34			
Coeficiente de variação (%) = 13,24					
Média geral = 4,33					

Tabela D: Diâmetro na condição com cobertura do solo (cm)

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F	Probabilidade
Irrigação	17,48	4	4,37	30,19	4,75E-09
Regressão Linear	15,1615	1	15,1615	104,73	3,1E-10
Regressão Quadrática	1,98959	1	1,98959	13,7434	0,0011
Desvios	0,33218	2	0,16609	1,1473	0,3343
Blocos	1,2037	6	0,20062	1,38579	0,26059
Erro	3,4744	24	0,14477		
Total					
Coeficiente de variação (%) = 7,89					
Média geral = 4,82					

Tabela E: Massa média fresca de bulbos na condição sem cobertura do solo (g)

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F	Probabilidade
Irrigação	25604,33	4	6401,08	25,84	2,16E-08
Regressão Linear	23325,54	1	23325,54	94,14	8,83E-10
Regressão Quadrática	1643,80	1	1902,40	7,68	0,011
Desvios	634,99	2	188,19	0,76	0,392
Blocos	1447,19	6	241,20	0,97	0,464
Erro	5946,43	24	247,77		
Total	32997,94	34			
Coeficiente de variação (%) = 22,27					
Média geral = 70,69					

Tabela F: Massa média fresca de bulbos na condição com cobertura do solo (g)

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F	Probabilidade
Irrigação	32261,79	4	8065,45	28,26	9,07E-09
Regressão Linear	30648,70	1	30648,70	107,39	2,44E-10
Regressão Quadrática	1400,16	1	1400,16	4,91	0,037
Desvios	212,93	2	106,46	0,37	0,693
Blocos	3730,42	6	621,74	2,18	0,081
Erro	6849,24	24	285,38		
Total	42841,44	34			
Coeficiente de variação (%) = 17,97					
Média geral = 93,99					

Tabela G: Eficiência do uso da água na condição sem cobertura do solo ($\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$).

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F	Probabilidade
Irrigação	6578,39	4	1644,60	1,29	0,30
Regressão Linear	861,11	1	861,11	0,68	0,42
Regressão Quadrática	4815,38	1	4815,38	3,78	0,06
Desvios	901,90	2	450,95	0,35	0,71
Blocos	6548,68	6	1091,45	0,86	0,54
Erro	30543,22	24	1272,63		
Total	43670,29	34			
Coeficiente de variação (%) = 28,15					
Média geral = 126,7					

Tabela H: Eficiência do uso da água na condição com cobertura do solo ($\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$).

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F	Probab.
Irrigação	21367,82	4	5341,96	5,66	2,34E-03
Regressão Linear	17993,84	1	17993,84	19,08	2,07E-04
Desvios	3373,98	3	1124,66	1,19	0,33
Blocos	9939,85	6	1656,64	1,76	0,15
Erro	22637,75	24	943,24		
Total	53945,42	34			
Coeficiente de variação (%) = 16,66					
Média geral = 184,34					