

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

DISSERTAÇÃO

**Cultivo Orgânico da Cebola, Submetida à Adubação Orgânica e Lâminas
de Irrigação Aplicadas Automaticamente**

Gabriel Alves Botelho de Mello

2015



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

**CULTIVO ORGÂNICO DA CEBOLA, SUBMETIDA À ADUBAÇÃO
ORGÂNICA E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO APLICADAS
AUTOMATICAMENTE**

GABRIEL ALVES BOTELHO DE MELLO

Sob a Orientação do Professor
Daniel Fonseca de Carvalho

e Co-orientação do Professor
Leonardo de Oliveira Medici

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

Seropédica – RJ
Setembro de 2015

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

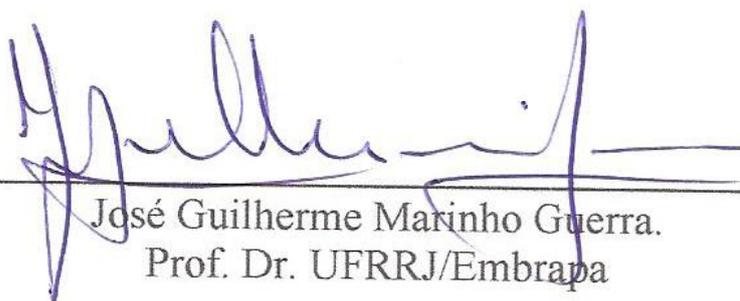
GABRIEL ALVES BOTELHO DE MELLO

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

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 29/09/2015



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



José Guilherme Marinho Guerra.
Prof. Dr. UFRRJ/Embrapa



Robson Bonomo. Prof. Dr. CEUNES/UFES

635.25
M527c
T

Mello, Gabriel Alves Botelho de, 1984-
Cultivo orgânico da cebola, submetida à
adubação orgânica e lâminas de irrigação
aplicadas automaticamente / Gabriel Alves
Botelho de Mello. - 2015.
53 f.: il.

Orientador: Daniel Fonseca de Carvalho.
Dissertação (mestrado) - Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de
Pós-Graduação em Fitotecnia, 2015.
Bibliografia: f. 39-48.

1. Cebola - Cultivo - Teses. 2. Cebola
- Irrigação - Teses. 3. Cebola - Adubos e
fertilizantes - Teses. 4. Agricultura
orgânica - Teses. I. Carvalho, Daniel
Fonseca de, 1968- II. Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-
Graduação em Fitotecnia. III. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a Deus

A minha querida mãe Maria Cristina Alves Botelho de Mello e ao meu filho André Botafogo Alves Botelho.

Ao meu irmão Vinicius Alves Botelho de Mello e ao meu pai Antonio José Botelho de Mello.

A Lady Ana Ribeiro de Freitas.

Aos meus familiares e a todos os amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **DEUS**, força motora do universo, por ter me concedido a vida e por estar presente em todos os momentos guiando-me e confortando-me nas horas difíceis e turvas dessa caminhada.

Aos meus pais, **Maria Cristina Alves Botelho de Mello** e **Antonio José Botelho de Mello**, ao meu filho **André Botafogo Alves Botelho** e meu irmão **Vinicius Alves Botelho de Mello**, pelo apoio incondicional de sempre, à todos meus familiares que me apoiaram e torceram pela realização de mais essa conquista.

Agradeço à **CAPES**, pelo apoio financeiro através da bolsa. À **UFFRJ**, ao Curso de Pós-Graduação em fitotecnia, ao curso de Licenciatura em Ciências Agrícolas, 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**, pela orientação, paciência, estímulos e ensinamentos, assim como a vivência de profissional exemplo, dedicado e comprometido.

Ao Professor **Luiz Carlos Sarmiento Estrella**, pelo companheirismo e pelas valorosas orientações técnicas e pessoais, fundamentais para a minha formação.

Ao professor **Leonardo de Oliveira Medici** pela co-orientação e apoio incondicional, ao professor **Marinaldo F. Pinto** pelo apoio, ajuda e comprometimento com o trabalho.

À **Embrapa Agrobiologia**, principalmente ao Pesquisador **José Guilherme Marinho Guerra** pelo apoio e ensinamentos, a **Dione Galvão** pelo apoio, ao **pessoal de apoio e de campo** da “Fazendinha Agroecológica–km 47”.

Ao pesquisador **Luiz Aguiar** da **Pesagro-RJ** pela atenção e ajuda no manejo fitossanitário durante o período do experimento.

A todos os colegas do grupo **GPASSA**, em especial **Aldir Carlos Silva**, **Daniela Pinto Gomes**, **Bruno César Lellis Conceição**, **Gabriel Cássia Fortuna**, sem os quais não teria a menor possibilidade de realização desse trabalho.

Aos colegas de trabalho, **Roberto Pinheiro**, **Ramilton Ribeiro Ricardo**, **Victor Furtado**, **Fernando Henrique A. Ferreira**, pela ajuda e por acompanharem como bolsista dos projetos do **GPASSA**.

Aos amigos do **CTUR**, em especial **Gabriel Lima dos Santos**, **Admilson Silva Marques Junior**, **Lucas Costa de Almeida**, **Breno Baêta Soares**, que sem a ajuda e disposição seria impossível realizar o experimento.

Aos colegas do **CTUR**, **Sandra**, **Liliane**, **Milena**, **Euclides**, **Waldemir Alves Figueiredo**, pela dedicação e disposição.

Aos amigos de turma e faculdade, em especial a **Gabriel Cássia Fortuna**, **João Fernandes Fogel**, **Roberto Walirson Barboza de Souza Marinho** e **Tomaz Ribeiro Lanza**, amigos e irmãos, a quem devo poucas e boas.

A todos, **MUITO OBRIGADO!**

RESUMO

MELLO, Gabriel Alves Botelho. **Cultivo orgânico da cebola, submetido à adubação orgânica e lâminas de irrigação aplicadas automaticamente.** 2015. 53 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica-RJ, 2015.

A aplicação de diferentes lâminas de irrigação e doses de adubo orgânico podem promover alterações nas variáveis de produção da cultura da cebola. Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito de doses de adubação orgânica (torta de mamona) por cobertura e lâminas de irrigação aplicada por um acionador automático de irrigação (AAI) na produção orgânica da cebola (*Allium cepa* L.). O experimento foi conduzido no período de junho a outubro de 2014 na Fazenda Agroecológica km 47 (Sistema Integrado de Produção Agroecológica - SIPA), localizado entre as coordenadas 22°45' S e 43°41' W, no município de Seropédica-RJ. O delineamento experimental adotado foi de blocos completos casualizados, distribuídos em esquema fatorial 4 x 3, com 12 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos foram caracterizados pela aplicação de quatro lâminas de irrigação (L1, L2, L3 e L4) e três doses de adubo orgânico: 300 g m⁻², 200 g m⁻² e ausência de torta de mamona. As variáveis de produção avaliadas foram produtividade total de bulbos (PTB), massa média fresca de bulbos (MMFB), teor de matéria seca dos bulbos (TMSB), produtividade massa seca de bulbo (PMSB), diâmetro médio de bulbos (DMB), os bulbos foram separados em sete classes de diâmetro transversal. Foi determinado também o teor de sólidos solúveis totais (TSST) 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 e teste Tukey, para os fatores lâmina de irrigação e doses de adubo orgânico. O fator lâmina de irrigação influenciou significativamente os valores da PTB, MMFB, PMSB e DMB que variaram, respectivamente, de 19,42 a 31,95 Mg ha⁻¹, de 61,12 a 83,30 g, de 1,73 a 2,59 Mg ha⁻¹ e de 4,52 a 5,13 mm. As variáveis TMSB, TSST e EUA não foram influenciadas pela lâmina de irrigação, as quais apresentaram valores de 7,9 a 8,6 %, de 14,6 a 16,7 °BRIX e de 83,1 a 105,5 kg ha⁻¹ mm⁻¹. O fator adubo orgânico aplicado em cobertura não exerceu influência em nenhuma das variáveis de produção, sendo esse fato, decorrente, possivelmente da adubação usada no plantio das mudas e pelo nível elevado fertilidade do solo da área experimental. Concluiu-se que o cultivo orgânico da cebola é promissor nas condições edafoclimáticas da região da Baixada Fluminense, e a automação em sistema de microirrigação é capaz de propiciar conteúdo de água no solo adequado ao longo do ciclo de cultivo da cebola. Os maiores desempenhos produtivos da cultura foram evidenciados com as maiores lâminas de água aplicadas.

Palavras-chave: Tensiometria; Produção agroecológica; Microirrigação.

ABSTRACT

MELLO, Gabriel Alves Botelho. **Organic cultivation of onion, submitted to organic fertilizer and irrigation water depths applied automatically.** 2015. 53 p. Dissertation (Master Science in Plant Science). Institute of Agronomy, Department of Plant Science, Federal Rural University of Rio de Janeiro. Seropédica-RJ, 2015.

The application of different irrigation and fertilizer doses can promote changes in onion crop production variables. The aim of this study was to evaluate the effect of organic fertilizer levels (castor bean) coverage and blades irrigation applied by an automatic starter irrigation (AAI) in organic production of onion (*Allium cepa* L.). The experiment was conducted in the period June to October 2014 in Fazendinha Agroecológica 47 km (Integrated System Agroecological Production - ISAP), located between the coordinates 22°45` S and 43°41` W in the municipality of Seropédica-RJ. The experimental design was a randomized complete block in a factorial scheme 4 x 3, with 12 treatments and 5 repetitions. The treatments were characterized by applying 4 irrigation levels (L1, L2, L3 and L4) and three doses of organic fertilizer: 300g / m², 200 g / m² and lack of castor bean. The evaluated production variables were total productivity bulbs (TPB), fresh weight of bulbs (FWB), dry matter content of the bulbs (DMCB), dry matter productivity bulb (DMPB), average diameter bulbs (ADB); the bulbs were divided into seven cross-sectional diameter classes. It was also determined the total soluble solids (TSS) and efficiency of water use (EWU). The data were tabulated and submitted to analysis of variance and means were evaluated with the help of regression and Tukey test for the blade factor irrigation and fertilizer doses. The water depth factor significantly influence the values of TPB, FWB, DMPB and ADB ranging, respectively, 19.42 to 31.95Mg ha⁻¹ of 61.12 to 83.30 g, the 1.73 2.59 t ha⁻¹ and the 4.52 to 5.13mm. The DMCB variables, TSS and the EWU were not affected by water depth, which showed values from 7.9 to 8.6%, from 14.6 to 16.7 ° BRIX and 83.1 to 105.5kg ha⁻¹ mm⁻¹. Organic fertilizer applied in coverage factor did not influence in any of the production variables, and this fact, as a result, possibly fertilization used in planting the seedlings and the high fertility of the soil level of the experimental area. We conclude that the organic cultivation of onion is promising in the environmental conditions of the Baixada Fluminense region and automation in micro-irrigation system is able to provide water content suitable soil along the onion crop cycle. The larger productive performances of culture were shown with larger water depths applied voltages.

Keywords: Tensiometry; Agroecological production; Microirrigation.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Croqui geral do experimento demonstrando as parcelas com diferentes tratamentos, disposição das linhas de microirrigação, tensiômetros e sistemas de aquisição de dados (*datalogger*).....11
- Figura 2.** Esquema de instalação do acionador automático para irrigação (AAI).....11
- Figura 3.** AAI instalado na parcela L1 na fase I (emissores de vazão $4L\ h^{-1}$ e espaçados a 0,15 m).....12
- Figura 4.** (A) Tensiômetros acoplados a transdutores de pressão e cabos manga. (B) Sistema de aquisição de dados e cartão de memória.....14
- Figura 5.** Disposição dos tensiômetros e “*dataloggers*” nos blocos 2, 3 e 4.....15
- Figura 6.** Dados meteorológicos ocorridos durante o ciclo de cultivo da cebola: (A) Temperatura do ar; (B) Umidade relativa do ar.....19
- Figura 7.** Dados climáticos ocorridos durante o ciclo de cultivo da cebola (A): Radiação solar (R_s) e (B): Precipitação (PPT) e precipitação acumulada (PPTac).....19
- Figura 8.** Valores de tensão de água no solo obtidos através da automação dos tensiômetros a 0,1; 0,2 e 0,3 m de profundidade para lâmina de irrigação (L1) + precipitação (PPT) durante o ciclo de desenvolvimento da cebola na.....21
- Figura 9.** Valores de tensão de água no solo obtidos através da automação dos tensiômetros a 0,1; 0,2 e 0,3 m de profundidade para lâmina de irrigação (L2) + precipitação (PPT) durante o ciclo de desenvolvimento da cebola.....22
- Figura 10.** Valores de tensão de água no solo obtidos através da automação dos tensiômetros a 0,1; 0,2 e 0,3 m de profundidade para lâmina de irrigação (L3) + precipitação (PPT) durante o ciclo de desenvolvimento da cebola..... 22
- Figura 11.** Valores de tensão de água no solo obtidos através da automação dos tensiômetros a 0,1; 0,2 e 0,3 m de profundidade para lâmina de irrigação (L4) + precipitação (PPT) durante o ciclo de desenvolvimento da cebola.....23
- Figura 12.** Valores de tensão de água no solo na profundidade de 0,2 m no momento em que o sistema de irrigação foi acionado pelo AAI, durante o ciclo de desenvolvimento da cebola.....24
- Figura 13.** Produção de biomassa seca de planta durante o desenvolvimento da cultura da cebola em função do fator lâmina de água aplicada (L1, L2, L3 e L4), submetida ao manejo orgânico nas condições da Baixada Fluminense.....25

Figura 14. Produção de biomassa seca de folha durante o desenvolvimento da cultura da cebola em função do fator lâminas de irrigação (L1, L2, L3 e L4), submetida ao manejo orgânico nas condições da Baixada Fluminense.....	27
Figura 15. Produção de biomassa seca de bulbos durante o desenvolvimento da cultura da cebola em função do fator lâminas de irrigação (L1, L2, L3 e L4), submetida ao manejo orgânico nas condições da Baixada Fluminense.....	27
Figura 16. Análise de regressão linear para variável produção total de bulbo em função dos fatores lâmina de água aplicada e adubação orgânica em cobertura (300 g m^{-2}) a 5 % de probabilidade.....	29
Figura 17. Análise de regressão linear para variável produção total de bulbo em função dos fatores lâmina de água aplicada e adubação orgânica em cobertura (200 g m^{-2}) a 5 % de probabilidade.....	29
Figura 18. Análise de regressão linear para variável produção total de bulbo em função dos fatores lâmina de água aplicada e adubação orgânica em cobertura (0 g m^{-2}) a 5 % de probabilidade.....	30
Figura 19. Análise de regressão linear na variável diâmetro médio de bulbo em função do fator lâmina de água aplicada a 5 % de probabilidade.....	31
Figura 20. Distribuição do percentual de bulbos em classes de diâmetro em função das lâminas de irrigação aplicadas (L1, L2, L3 e L4).....	31
Figura 21. Produtividade total (PT) e comercial (PC) em função do fator lâmina de água aplicada no cultivo da cebola em sistema de cultivo agroecológico e preparo de solo mínimo.....	32
Figura 22. Análise de regressão linear da variável massa média fresca de bulbos de cebola em função do fator lâmina de água aplicada.....	33
Figura 23. Valores médios de teor de massa seca de bulbo em função do fator lâmina de água aplicada na cultura da cebola.....	34
Figura 24. Análise de regressão linear da variável produtividade de massa seca de bulbos de cebola em função do fator lâmina de água aplicada.....	35
Figura 25. Valores médios da variável TSST em função dos fatores doses de adubo orgânico (300 g, 200 g e sem Torta de mamona (STM)) e lâmina de água aplicada durante 104 dias de cultivo.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental.....	9
Tabela 2. Densidade do solo D_s (g.cm^{-3}), teor de argila, areia, silte (g.kg^{-1}) e classe textural do solo estudado.....	9
Tabela 3. Proporção (%) da área sombreada (PAS) e coeficiente de localização (KL) no ciclo de cultivo da cebola de Junho a Setembro de 2014.....	14
Tabela 4. Teores N, P, K, Ca e Mg nos adubos orgânicos.....	16
Tabela 5. Classificação da cebola pelo diâmetro.....	17
Tabela 6. Lâminas líquidas (irrigação + precipitação acumulada) durante o ciclo de cultivo de cebola em manejo orgânico de produção.....	24
Tabela 7. Produtividade total de bulbos (Mg ha^{-1}) nas diferentes lâminas de irrigação + precipitação pluviométrica total e doses de adubação orgânica aplicada em cobertura.....	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 <i>Allium cepa</i> L.....	2
2.2 O sistema orgânico e adubação na cultura da cebola.....	3
2.3 Exigências edafoclimáticas da cebola.....	4
2.4 O cultivo mínimo no preparo do solo.....	4
2.5 O uso da água na agricultura.....	5
2.6 Sistemas de automação para irrigação.....	6
2.7 Monitoramento do estado da água no solo a partir da tensiometria.....	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1 Caracterização da área experimental.....	9
3.2 Caracterização do solo.....	9
3.3 Monitoramento agroclimático.....	10
3.4 Caracterização do experimento e procedimentos adotados.....	10
3.4.1 Preparo da área.....	10
3.4.2 Delineamento experimental.....	10
3.4.3 O sistema de irrigação e lâminas aplicadas.....	11
3.4.4 Período de estabelecimento de mudas.....	13
3.4.5 Período de desenvolvimento da cultura.....	13
3.4.6 Cálculo das lâminas de irrigação.....	13
3.4.7 Monitoramento do estado da água do solo na área de estudo.....	14
3.5 Reservatório de água para o experimento.....	15
3.6 Semeadura e transplântio.....	15
3.7 Adubação orgânica.....	15
3.8 Controle de pragas	16
3.9 Controle de espécies espontâneas.....	16
3.10 Dinâmica de crescimento da cultura.....	17
3.11 Determinação do °Brix.....	17
3.12 Eficiência do uso de água.....	17
3.13 Variáveis de produção avaliadas.....	17
3.14 Análises estatísticas.....	18
3.15 Dados metrológicos.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1 Monitoramento da tensão de água no solo.....	21
4.2 Lâminas de irrigação aplicadas.....	24
4.3 Dinâmica de crescimento da cultura.....	25
4.3.1 Produção de biomassa seca da planta, folha e bulbo.....	25
4.5 Avaliação do desempenho produtivo da cebola.....	28
4.5.1 Produtividade total de bulbos.....	28
4.5.2 Diâmetro médio de bulbos e produtividade comercial.....	30
4.5.4 Massa média fresca de bulbos.....	33
4.5.4 Produtividade e teor de massa seca de bulbos.....	34
4.5.5 Determinação do °Brix.....	35
4.5.6 Eficiência do uso da água.....	36
5. CONCLUSÃO.....	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
7 ANEXO.....	49

1. INTRODUÇÃO

A cebola ocupa uma posição de destaque entre os vegetais bulbosos, tendo, portanto, uma grande importância econômica no mundo (El Balla et al., 2013). A área colhida é de cerca de 4 milhões de ha com rendimentos superiores a 85 milhões de toneladas e uma produtividade de 20 mil kg ha⁻¹ em 2013, sendo a China e a Índia os principais países produtores (FAOSTAT, 2015).

No Brasil, a produção ultrapassou 1,5 milhão de toneladas em 2014 (FAOSTAT, 2014), fazendo com que esta cultura ocupe a terceira posição em importância econômica (EPAGRI, 2013). A cebolicultura é uma atividade praticada principalmente por pequenos agricultores e sua importância econômica se fundamenta não apenas em demandar grande quantidade de força de trabalho, mas também em fixar os pequenos agricultores na zona rural (Costa et al., 2002b).

Devido a sua grande importância, as áreas passíveis de serem agricultáveis pela cultura da cebola expandiram-se em todo o mundo, sendo necessária a otimização dos sistemas de irrigação de várias regiões, principalmente em locais áridos e semiáridos. A utilização de algum sistema de irrigação no cultivo da cebola é considerada um instrumento essencial para elevar a produtividade da mesma, desde que manejada corretamente. Alguns estudos foram realizados para caracterizar um adequado nível de irrigação para a cebola, mas o manejo da água de irrigação varia de acordo com a condição do solo, do clima e com tipo de sistema de irrigação. Shock et al. (1998); Chopade et al. (1998); Martin de Santa Olalla et al. (2004) trabalhando com irrigação por gotejamento indicaram que os melhores rendimentos ocorreram quando o solo estava constantemente úmido.

A associação de tratos culturais adequados juntamente com irrigação e adubação influencia diretamente a produtividade da cultura da cebola, influenciando o estágio de maturidade das plantas e na colheita, interferindo também o tamanho, a qualidade, a porcentagem de brotação, a massa total dos bulbos, bem como outros fatores produtivos (Finger & Casali, 2002).

O mercado de produtos orgânicos é impulsionado pela demanda de consumidores preocupados com qualidade, saúde, questões ambientais e preservação (Tavella et al., 2010). A área plantada de produtos orgânicos no Brasil é de cerca de 750 mil hectares, contando com mais de 10 mil produtores e aproximadamente 13 mil unidades de produção (Brasil, 2015). Aliado a isso, existe a necessidade de promover o manejo adequado da área com a finalidade de promover a fertilidade do solo e, conseqüentemente, a nutrição das plantas após a substituição de adubos químicos.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes lâminas de irrigação e de doses de torta de mamona no crescimento e na produtividade de bulbos de cebola, em sistema orgânico de produção nas condições edafoclimáticas da Baixada Fluminense.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Allium cepa* L.

A cebola é consumida “in natura” e desidratada, principalmente devido ao seu sabor, aroma e pungência (Kopsell & Randle, 1997). É uma das culturas mais cultivadas e consumidas no mundo, sendo considerada economicamente a segunda hortaliça de maior importância (Oliveira et al., 2009). É a terceira mais produzida no Brasil (Marouelli et al., 2005; Vilas Boas et al., 2011).

Praticamente toda área plantada com a cultura da cebola no Brasil está sendo irrigada, com exceção da região Sul. A área irrigada está sendo ampliada em virtude do incremento de novas tecnologias aliadas aos menores riscos de perdas na produção. Assim, produtores em São Paulo e Minas Gerais têm conseguido, com irrigação, produtividades de 40 e 60 Mg ha⁻¹ (Marouelli et al., 2005), respectivamente, bem acima da média nacional de 28,24 Mg ha⁻¹ (IBGE, 2014).

Por ser uma cultura sem assentamento de indivíduos relatadas em condição silvestre, não se sabe o local exato de origem da cebola, ao contrário de outras espécies (Boiteux & Melo, 2004). A maioria dos autores indica que o provável local de origem seja no oriente, principalmente pelos trabalhos do geneticista Vavilov (1949), que sugeriu serem o Irã e o Paquistão as prováveis regiões endêmicas da cebola. A justificativa para tal sugestão é o fato de suas características morfológicas e fisiológicas de adaptação da cebola a solos pobres, rasos e com falta de água, característicos da Ásia central. A própria formação de bulbos é uma forma de adaptação da cebola, que armazena água para sobrevivência em condições de estiagem e seca prolongada.

A cebola apresenta níveis variáveis de serosidade nas folhas dificultando a perda de água e possui folhas quase que totalmente verticais, minimizando sua superfície de exposição solar nas horas mais quentes do dia (Filgueira, 2007). Além disso, resiste ao transplante, mesmo quando é retirado quase todo o sistema radicular; promove também o fechamento estomático em condições de pequena deficiência hídrica evitando a transpiração excessiva. As folhas apresentam formato cilíndrico, o que repercute em menor superfície transpirativa. Possui baixa densidade radicular facilitando a melhor exploração dos solos rasos, além de reduzir a atividade fotossintética e transpirativa em condições de estresse hídrico (Dogliotti et al., 2011).

2.2 O sistema orgânico e adubação na cultura da cebola.

O sistema orgânico ou agroecológico para o cultivo de cebola ainda não é uma realidade consolidada (Vidigal et al., 2002), mas pode ser muito viável desde que se disponha de material orgânico suficiente para fornecer todos os nutrientes necessários ao crescimento das plantas.

Em 20 de agosto de 2012, a Presidente da República publicou o decreto nº 7.794, que instituiu a Política Nacional de Produção Orgânica e Agroecológica 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”.

Ricci et al. (2014) destacam que o cultivo orgânico de cebola vem aumentando devido à expansão da demanda dos consumidores, possivelmente pelo aumento da população e da renda dos consumidores. No entanto, para o sistema orgânico de cebola ser viável, algumas limitações devem ser superadas, sendo as mais relevantes à insuficiência de fertilizantes

orgânicos que forneçam os nutrientes necessários ao crescimento das plantas, o controle de espécies invasoras, o controle fitossanitário e a falta de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas das distintas regiões (Wordell Filho et al., 2006; Gonçalves et al., 2008; Vidigal et al., 2010). A produtividade da cebola orgânica pode atingir níveis semelhantes aos do cultivo convencional (Gonçalves & Wamser, 2007), mas com o uso menor de insumos e custo mais baixos na produção, porém com maior necessidade de força de trabalho devido à necessidade da realização de capinas manual. Gonçalves & Silva (2003) sugerem ser possível substituir a adubação mineral pela orgânica com consequências na produção e qualidade do produto obtido. Como a maioria das plantas cultivadas, a cebola é uma cultura que necessita de solos com elevada fertilidade para ter alta produtividade, e alguns autores tem relatado respostas positivas à utilização de adubos; minerais e orgânicos (May et al., 2007; Resende & Costa, 2008; Cecílio Filho et al., 2009).

A quantidade e qualidade de cebola produzida geralmente ocorrem em função das aplicações de nitrogênio, da irrigação, da época de colheita, das cultivares do sistema de cultivo (Kopsell & Randle, 1997). Rodrigues & Casali (1998) indicam que o composto orgânico contribui para a melhoria das condições físicas do solo, melhorando a bulbificação. Kurtz & Ernani (2010) observaram que a aplicação de Zn ao solo aumentou a produtividade de cebola cultivada em um Cambissolo Háplico Tb distrófico. Paula et al. (2009) em cultivo orgânico realizado em um solo Argissolo Vermelho Amarelo obtiveram produtividade de 54,95 Mg ha⁻¹. Belfort et al. (2006), trabalhando com 16 cultivares, obtiveram produtividades médias de 24,27 Mg ha⁻¹ em sistema convencional e de 26,03 Mg ha⁻¹ para cebola produzida em sistema orgânico. Castro et al. (2005), destaca que uma das principais dificuldades enfrentadas pela agricultura orgânica reside no aporte de nutrientes aos sistemas produtivos, principalmente o nitrogênio.

O adubo orgânico, neste contexto, deve apresentar elevado teor de nutrientes e capacidade para disponibilizar os nutrientes em velocidade compatível com a demanda da cultura. A torta de mamona é um dos adubos orgânicos que possui esta especificidade. Campos et al. (1963) relatam o efeito positivo da utilização de torta de mamona na adubação da cultura da cebola. Severino et al. (2004) demonstraram que a velocidade de mineralização da torta de mamona, medida pela respiração microbiana, é cerca de seis vezes maior que a do esterco bovino e quatorze vezes maior que a do bagaço de cana.

Vilela et al. (2005) observaram preferências dos consumidores pela ótima qualidade do produto, diversificação de tipos varietais e produtos diferenciados, como os produzidos em sistemas orgânicos e agroecológicos.

2.3 Exigências edafoclimáticas da cebola.

De acordo com sua resposta fisiológica e ecológica, a cebola é uma espécie pouco competitiva e apresenta adaptação a condições de estresse (Dogliotti et al., 2011).

Sua arquitetura foliar cilíndrica e vertical não possibilita a espécie uma boa competitividade com plantas daninhas, e seu sistema radícula subsuperficial, de baixa densidade contribui com isto, seus estômatos fecham e a fotossíntese cessa com uma pequena diminuição relativa do potencial hídrico de sua folha (Dogliotti et al., 2011). Por outro lado a planta de cebola parece ser capaz de sobreviver por longos períodos de veraneio, o que corroboram com sua bulbificação prematura em resposta ao estresse hídrico oriundo da falta de água (Brewster, 1990).

O processo de bulbificação evoluiu provavelmente como uma adaptação para sobreviver ao verão seco e quente de sua provável área de origem. Seu bulbo é um órgão envolvido por folhas secas e permite uma maior resistência a espécie e, quando formado, entra em dormência e germina logo que recebe umidade. O fotoperíodo é o fator único e

limitante para a formação do bulbo, pois atua na espécie como um estímulo para início de sua bulbificação. Outro importante fenômeno que colabora é a temperatura média durante o ciclo de cultivo, além da competição com outras plantas vizinhas que acelera formação do órgão, o que indica que a cebola é uma planta que possui uma estratégia não concorrente, mas de tolerância ao estresse.

A cultura da cebola, sendo sensível ao fotoperíodo, exige uma quantidade mínima de luz para bulbificar. Em geral, em dias com menos de 10 horas de luz, a cebola permanece sem bulbificar, mesmo após longos períodos de crescimento (Oliveira et al., 2004).

A maioria dos autores destaca que as cultivares de cebola são agrupadas em quatro grupos de acordo com as exigências em fotoperíodo para bulbificação: 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 h, respectivamente, para dar início à formação de bulbos. De acordo com Oliveira et al. (2004), as cultivares mais comuns no Brasil são DC e DI, devido às condições de fotoperíodo serem limitantes para as cultivares DL e DML. As cultivares de DI são mais adaptadas à região Sul do país.

O florescimento da cebola é condicionado principalmente pelo efeito de baixas temperaturas, mas em cultivos que busquem a produção de bulbos, esta fase do ciclo da cultura é evitada, pois só se justifica em plantios que visam a produção de sementes como produto final. De modo geral, plantas ou bulbos expostos às temperaturas abaixo de 10 °C durante duas a três semanas são induzidos ao florescimento.

2.4 O Cultivo mínimo no preparo do solo

Um sistema de cultivo pode ser definido como um conjunto de operações agrícolas visando à manipulação física, química e biológica do solo (Varella, 1999; Santos, 2006), de tal modo que estas condições do solo estejam adequadas ao desenvolvimento das plantas cultivadas (Gupta & Larson, 1982).

Embora os sistemas de cultivo provejam condições favoráveis ao crescimento e produção das plantas cultivadas, a intensa mobilização do solo e o movimento de veículos e máquinas, geralmente pesados, durante a instalação da cultura, têm contribuído para a formação de camadas compactadas, principalmente sob a ação dos agentes climáticos tais como chuvas e ventos, que agravam as perdas de nutrientes por erosão, quando o solo não é manejado corretamente e protegido por alguma cobertura vegetal (Lanças, 1998; Primavesi, 2002). Silveira (1988) enfatiza que em várias regiões é necessário substituir os sistemas de cultivo com excessivo uso de implementos para mobilização do solo por sistemas que visem um cultivo mínimo e que favoreçam o máximo a manutenção de resíduos vegetais na camada superficial do solo, promovendo melhor taxa de infiltrações e retenção de água, melhor estruturação, porosidade, conteúdo e distribuição de matéria orgânica no solo.

Os sistemas de preparo de solo são classificados em convencional, mínimo e direto. O sistema convencional consiste no preparo primário do solo mediante uma ou duas arações, seguido do preparo secundário por meio de gradagens.

O sistema de cultivo mínimo tem como finalidade a redução das operações agrícolas necessárias ao preparo do solo para a semeadura e transplântio das mudas. No sistema de plantio direto, a semeadura, ou transplântio das mudas, é realizada em solo com presença da vegetação que antecede ao cultivo, sem prévia mobilização da camada arável do solo. O termo cultivo mínimo subentende necessariamente um revolvimento superficial, ou utilização de algum tipo de implemento agrícola no preparo do solo.

A redução das operações de preparo do solo no cultivo mínimo visa à diminuição da compactação causada pelo tráfego de máquinas e redução no combustível, reparos e manutenção de máquinas, os quais serão tanto menores quanto menor for o número de

máquinas envolvidas nas operações agrícolas de preparo (Primavesi, 2002). Existem basicamente três maneiras de preparo de solo pelo sistema de cultivo mínimo: a escarificação, gradagem pesada ou leve e o preparo com enxada rotativa ou encanteirador.

Sistemas de manejo conservacionista do solo como o plantio direto e o cultivo mínimo, têm sido preconizados porque possibilitam maior retenção de umidade no solo, entre outras condições desejáveis, em virtude do não revolvimento e da manutenção de cobertura morta sobre o solo (Kochhann & Selles, 1991).

Contudo, Silva et al. (2015) avaliando o desempenho agrônômico de alface orgânica influenciada pelo sombreamento, época de plantio e preparo do solo no na condição do Norte do Brasil não observaram diferença nas diferentes formas de preparo do solo no que concerne a produtividade total. Gabriel Filho et al. (2000) também não encontram diferenças entre técnicas de preparo no cultivo da mandioca. Os autores observaram que a produção média foi de 10,95 e 9,45 Mg ha⁻¹ no cultivo mínimo e preparo convencional do solo respectivamente.

2.5 O uso da água na agricultura.

A água é a substância mais abundante encontrada nas plantas, sendo permanentemente detectável nas relações dinâmicas entre solo, planta e atmosfera (Klaus, 2004). No entanto, sob as condições de campo, o suprimento de água pode ser às vezes inadequado para satisfazer o desenvolvimento das culturas por completo. A importância da água é permanente durante todo o ciclo da planta, embora possam ser reconhecidos períodos críticos de maior dependência em diferentes vegetais.

Dentre os diversos usos dos recursos hídricos e de solos, a agricultura irrigada se destaca por utilizar 59 % de água em suas atividades (ANA, 2012), e apesar deste grande consumo, a agricultura irrigada tem proporcionado índices mais elevados na produção de alimentos, quando comparada à agricultura de sequeiro (Paz et al., 2000; Parizi, 2007).

A irrigação em áreas de cultivo é responsável por cerca de 40 % dos alimentos produzidos no mundo (Coelho et al., 2005; Paulino et al., 2011), e os vários usos múltiplos existentes correspondem por 70% do consumo da água doce (Calzadilla et al., 2010; Carvalho & Oliveira, 2012; Batista et al., 2013). Os maiores consumos são atribuídos ao cultivo em áreas extensivas, em que, além do recurso água, são investidos outros insumos (Stark et al., 1983). A demanda por alimentos e o consumo de água pela agricultura irão continuar aumentando nas próximas décadas (Fraiture et al., 2007), sendo este um dos possíveis entraves do processo de desenvolvimento de uma sociedade. Desse modo, a constante diminuição da disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos em uma localidade pode se tornar mais um dos graves fatores que prejudicam o desenvolvimento socioeconômico de um país, tornando-se um fator limitante ao crescimento de uma região.

Na produção agrícola, a irrigação é uma técnica muito importante, e utilizada em alguns locais do planeta, disputa diretamente a água com a indústria e o provimento público, tornando-se motivo de muita preocupação devido ao demasiado volume utilizado (Chopart et al., 2007; Queiroz et al., 2008). O crescente aumento populacional agrupado a um eminente acréscimo da renda familiar e às mudanças dos costumes alimentares possivelmente proporcionará um aumento de 70 a 90% na demanda por alimentos, e sem melhorias na eficiência do uso da água na agricultura, o uso deste recurso utilizado na agricultura irrigada tende a crescer na mesma ordem de magnitude.

No Brasil, um hectare irrigado tem uma produção física equivalente a três hectares de sequeiro e de sete em produção econômica (ANA, 2004). Esses dados remetem a importância da irrigação no contexto de produção de alimentos. Estima-se que o Brasil possua uma área de 29,6 milhões de hectares com potencial de uso de algum tipo de sistema de irrigação. Atualmente, deste potencial evidenciado somente 19,6 % está sendo explorado, o que

corresponde a uma área de 5,8 milhões de hectares (ANA, 2013). Quando se faz referência à otimização desse recurso hídrico, é comum a utilização do termo “produtividade da água”, que é definido por Molden et al. (2007) como: “a relação entre os benefícios líquidos de colheita, silvicultura, pesca, pecuária, e sistemas agrícolas mistos, pela quantidade de água necessária para produzir esses benefícios”.

Portanto, aumentar a produtividade da água significa, em termos agronômicos, produzir mais alimentos sem que isso gere uma demanda proporcionalmente maior pela mesma (Gonçalves, 2013). Assim, para obter um bom manejo em sistema agrícola irrigado é necessário realizar alguma estratégia na forma de fornecimento e aplicação de água ao solo, bem como diferentes formas de monitoramento que possam orientar estas ações, como a utilização de dados meteorológicos, do conteúdo de água do solo ou ainda em informações relacionadas ao processo de transpiração vegetal, como destaca Jones (2007).

2.6 Sistemas de automação para Irrigação

Os sistemas de irrigações tradicionais demandam o uso de muita força de trabalho para serem operados, necessitando de um ou mais trabalhadores para essa função, além do acionamento da irrigação ser manual e geralmente irregular, o que pode provocar irrigação excessiva, causando a lixiviação e percolação ou irrigações deficientes, que provocam estresse hídrico a planta (Medice, 1997).

É possível notar que na agricultura irrigada tem ocorrido um avanço no processo de utilização na automatização de sistemas de irrigação, o que tem promovido o uso de sistemas integrados e com o auxílio de redes de comunicação, hora homem, hora máquina, que dão assistência aos operadores na gerência de resolver problemas que por ventura ocorram (Batista, 2012). A automatização dos sistemas de irrigação pode evitar a aplicação excessiva de água, minimizar a mão de obra empregada no acionamento, auxiliar na estimativa das lâminas de água aplicadas durante o cultivo de muitas culturas de tal modo que a automação promova vantagens, maximizando e desonerando a produção vegetal (Queiroz, 2007).

Há diferentes formas de automatizar a irrigação e o uso de temporizadores (timers) pode ser eficaz (Alencar et al., 2007). No entanto, esses temporizadores necessitam de algum método indireto de estimativa de lâmina de água e na maioria das tecnologias desse viés utilizam-se materiais especificamente desenvolvidos, tornando-os dispendiosos e pouco disponíveis. Além das estimativas de quantidade de água a ser aplicada pelo sistema de irrigação que deve ser previamente definido em função das necessidades hídricas da cultura, outra questão que aparece é a época de irrigação, o intervalo entre as mesmas, comumente denominado de turno de rega (Carvalho & Oliveira, 2012).

Em sistemas de irrigação automatizados, utilizando a tecnologia SMS (sensores de umidade do solo), o fornecimento de água às plantas é realizado por meio da manutenção do conteúdo de água do solo num intervalo desejado, mantendo o solo numa umidade adequada ao crescimento ótimo da planta (Muñoz-Carpena & Duques, 2005). Medici (1997) e Macedo et al. (2010) enfatizam que na automatização de um sistema de irrigação, é necessário que se faça um bom planejamento e uma programação correta para que o sistema promova os benefícios esperados.

Muitos autores têm relatados os benefícios da utilização de sistemas automatizados na irrigação em relação aos sistemas clássicos. Boutraa et al. (2011) verificaram maiores rendimentos na produção de plantas de trigo irrigadas usando a automação quando comparadas com plantas manualmente irrigadas. Clark et al. (1994) e Muñoz-Carpena et al. (2005) constataram economia de água ao utilizarem tensiômetros para a automação da irrigação visando produção agrícola no Estado da Flórida (EUA). Gomes et al. (2014) verificaram eficiência do uso da água em dois anos de experiência de $18,67 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para

o cultivo de cenoura em monocultivo e de $18,26 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para o cultivo de cenoura em consórcio com alface utilizando um controlador automático de irrigação que responde ao potencial matricial de água do solo. Batista et al. (2013) trabalhando com o mesmo controlador obteve rendimento na cultura da alface para massa fresca e seca de 301,8 e 10,9 g por planta, respectivamente quando o controlador foi ajustado para operar a 9,0 kPa. Nogueira et al. (2002) destacam que o uso da Reflectometria no Domínio do tempo (TDR) é uma opção promissora na automação de sistemas de irrigação e monitoramento da umidade do solo. Ribeiro (2014) utilizando a TDR no manejo de diferentes lâminas aplicadas via microirrigação na cultura da cebola em manejo agroecológico sem cobertura morta, observou eficiência do uso da água máxima de $140,67 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Duques et al. (2003) e Duques & Scholberg (2005) trabalhando com a TDR encontraram economia de água da ordem de 11% e 50%, sem diminuir os rendimentos de milho doce e pimentão verde, respectivamente. No entanto esses equipamentos necessitam de calibração e manutenção frequentes, fazendo com que o uso da técnica não elimine a mão de obra humana por completo no manejo da irrigação, principalmente quando se usa tensiômetros (Cardenas-Lailhacar, 2006).

Há vários dispositivos comerciais sendo empregados na automação de sistema de irrigação, como exemplo o Irrigas@ que é um equipamento simples, robusto, de baixo custo e informa ao agricultor o melhor momento de irrigar o solo (Calbo & Silva, 2001). No entanto, este aparelho apresenta custo elevado na condição que permita o acionamento automático da irrigação. Por outro lado, o aparelho denominado acionador simplificado para irrigação (AAI) de baixo custo (Medici et al., 2010) utilizados por Batista et al. (2013) e Gomes et al. (2014) vem se mostrando eficiente na automação da irrigação, possuindo, desta forma, enorme potencial para uso na agricultura, principalmente em cultivos de pequenas áreas como é o caso da agricultura familiar.

2.7 Monitoramento do estado da água no solo a partir da Tensiometria.

A medição do estado da água na planta ou no solo é fundamental em qualquer experiência que estuda os efeitos do uso de água e de seca em vegetais. Tais medições são essenciais e constituem o primeiro passo no sentido de facilitar a repetição de experiências (Jones, 2007). Embora seja difícil estimar a quantidade de água no solo e na planta, existem várias metodologias capazes de realizar esse monitoramento adequado.

Uma medida básica que pode ser usada para calibração de outros métodos disponíveis para medir a umidade do solo diretamente é a medição gravimétrica. Há uma grande variedade de abordagens e instrumentos para a medição direta e indireta da umidade do solo, estes têm sido extensivamente demonstrados (Gardner et al., 2001; Kirkham, 2004) e incluem sondas de nêutrons e uma ampla gama de capacitância ou sensores electromagnéticos, incluindo a Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR), sondas capacitivas e sondas de resistência. Outra abordagem que podemos destacar é a tensiometria, que mede a tensão de a água útil retida no solo, assim como outras técnicas menos funcionais, mas que garantem um monitoramento adequado da umidade do solo.

Praticamente todos os métodos empregados na determinação ou estimativa da umidade possibilitam a estimativa da lâmina de água a ser aplicada pela irrigação por meio do produto entre água disponível útil e a profundidade do sistema radicular da cultura em questão (Folegatti et al., 2004). A água disponível no perfil é dada pela diferença da umidade na capacidade de campo, em volume, com umidade atual do solo.

O tensiômetro foi desenvolvido por Gardner em 1922 e são equipamentos que medem a tensão ("força") com que a água é retida pelo solo e fornecem medidas indiretas de umidade do solo a qual afeta diretamente a absorção de água pelas plantas (Carvalho & Oliveira, 2012). Na quantificação desta umidade faz-se necessário ter conhecimento da curva

característica de retenção de água do solo que, por sua vez, permite relacionar o potencial matricial (ψ_m) com a umidade. E estudos realizados por uma grande parte de autores apontam esta metodologia como uma excelente forma no monitoramento do estado da água nos solos. Campbell & Mulla (1990) enfatizam que de todos os métodos disponíveis para conhecimento dos potenciais de água no solo em irrigação, o tensiômetro é talvez o mais utilizado.

Os tensiômetros disponíveis no mercado são os tensiômetros de punção, que necessitam de tensímetros analógicos ou digitais para realização das medições. Também podem ser encontrados os tensiômetros com vacuômetros e os tensiômetros de mercúrio. Os com vacuômetros de Bourdon tem sua instalação e manutenção de forma mais fácil e são de mais fácil instalação e manutenção também são mais seguros do ponto de vista ambiental.

A parte sensível do tensiômetro é a cápsula porosa que funciona como uma membrana semipermeável. Ela permite a livre passagem de água e íons, mas não de ar e partículas de solo. Teoricamente, os tensiômetros só podem realizar medidas até 1 atm, aproximadamente 100 kPa. Entretanto, na prática, seu intervalo de leituras vai de $\psi_m = 0$ (solo saturado) a $\psi_m = 0,75$ atm, ou seja, 75 kPa, atingindo somente uma parte da “água útil do solo” (em solos arenosos, cobre quase 70 % da água útil e, em solos argilosos aproximadamente 40 %). Acima desses valores o ar penetra através dos poros da cápsula (Carvalho & Oliveira, 2012). Assim, os tensiômetros podem ser recomendados para o manejo da irrigação na maioria das plantas cultivadas a campo ou sob o cultivo protegido. Para que o tensiômetro apresente desempenho satisfatório, é indispensável observar uma série de cuidados e procedimentos simples no preparo, instalação, operação, manutenção e armazenamento. As leituras dos tensiômetros devem ocorrer diariamente e, se possível, logo nas primeiras horas da manhã.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O trabalho foi conduzido no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), denominado Fazendinha Agroecológica Km 47, localizada entre as coordenadas 22°45' S e 43°41' W, a 33,0 m de altitude do nível do mar, no município de Seropédica-RJ. O SIPA é fruto de uma parceria entre a Embrapa-Agrobiologia, a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e Pesagro-Rio. A fazendinha foi criada em 1993 e é um espaço para pesquisa científica, ensino e socialização dos conhecimentos em agroecologia e produção orgânica. A região possui clima Aw segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 24,5 °C e precipitação média de 1213 mm (Carvalho et al., 2006).

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, textura franco-arenosa com relevo suave ondulado, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006).

3.2 Caracterização do solo

Seguindo proposta metodológica da Embrapa (1997) foram realizadas análises químicas e físicas de amostra de solo da área experimental. Para avaliação do nível de fertilidade foram coletadas amostras compostas em duas camadas (0-0,15 e 0,15-0,30 m), que foram levadas ao laboratório de ciclagem da Embrapa-Agrobiologia (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental

Características químicas	Profundidade	
	0 -0,15 m	0,15 – 0,3 m
pH	6,27	6,59
Al (cmolc.dm ⁻³)	0,00	0,00
Ca (cmolc.dm ⁻³)	3,75	2,32
Mg (cmolc.dm ⁻³)	1,61	1,12
K (mg.dm ⁻³)	120	76
P (mg.dm ⁻³)	54	12

Análise realizada de acordo com (Embrapa - Nogueira & Souza, 2005).

As análises físicas foram realizadas a partir de amostras indeformadas para determinação da densidade do solo e deformadas, para determinação de textura, coletadas nas camadas de 0–0,10; 0,10–0,20 e 0,20–0,30 m e foram encaminhadas ao laboratório de física do solo da Embrapa-Solos (Tabela 2).

Tabela 2. Densidade do solo Ds (g cm⁻³), teor de argila, areia, silte (g kg⁻¹) e classe textural do solo estudado.

Profundidade	Ds	Argila	Areia	Silte	Classe Textural
0 – 0,1 m	1,39	13	68	15	Franco-arenosa
0,1 – 0,2 m	1,46	16	73	12	Franco-arenosa
0,2 – 0,3 m	1,49	18	75	10	Franco-arenosa

Análise realizada de acordo com (Embrapa 1997).

3.3 Monitoramento agroclimático

O monitoramento agroclimático foi realizado a partir dos dados obtidos na estação meteorológica instalada dentro da área do SIPA. A estação contém sensores de radiação solar global incidente (piranômetro Kipp & Zonen, mod. SP-LITE-L), velocidade e direção do vento (anemômetro, 033001-L RM YOUNG), e temperatura e umidade relativa do ar (Vaisala, mod. HMP45C-L), um pluviógrafo (Global water, GL400-1-1), além de uma caixa de aço galvanizado, onde está instalado um sistema de aquisição e armazenamento de dados (micro-datalogger Campbell Scientific, mod. CR23X), programado para coletar dados a cada segundo e armazenar as médias e/ou totais a cada 30 min.

3.4 Caracterização do experimento e procedimentos adotados

Disponibilizou-se uma área de 345 m² para execução do experimento. A cultivar de cebola (*Allium cepa* L.) adotada para o cultivo foi a Alfa Tropical, desenvolvida pela Embrapa-Hortaliças, que se mostrou adaptada às condições da região em trabalhos realizados anteriormente no SIPA (Paula et al., 2003).

3.4.1 Preparo da área

O solo da área experimental foi preparado adotando-se a técnica de cultivo mínimo, sendo realizado apenas o levantamento do canteiro, com auxílio de moto encanteirador com enxada rotativa, acoplado a um trator. Essa etapa foi realizada uma semana antes do transplântio das mudas.

3.4.2 Delineamento experimental

O desenho do experimento constou de doze tratamentos distribuídos em delineamento de blocos casualizados (DBC), dispostos no esquema fatorial 4 x 3, com cinco repetições, sendo os tratamentos formados por lâminas de irrigação (L1, L2, L3 e L4) e três doses de adubo orgânico (torta de mamona) aplicados em cobertura (Ausência, 200 e 300 g m⁻²).

Cada parcela experimental apresentou uma área de 1,0 m², sendo estas parcelas espaçadas entre si com 0,30 m de bordadura (Figura 1). Na parcela aplicou-se a lâmina de irrigação respectiva, uma dose de adubo orgânico (esterco bovino) caracterizada como adubação de base e uma dose de adubo orgânico (torta de mamona) parcelada conforme os tratamentos propostos e aplicadas sobre cobertura em suas respectivas datas de adubação.

As parcelas apresentaram quatro linhas de plantio da cebola e duas linhas de gotejamento. O espaçamento adotado para a cultura foi o de 0,25 m entre linhas e 0,1 m entre plantas, totalizando-se 40 plantas por parcelas. Foram consideradas úteis as plantas colhidas nas linhas centrais, totalizando 16 plantas por parcela.

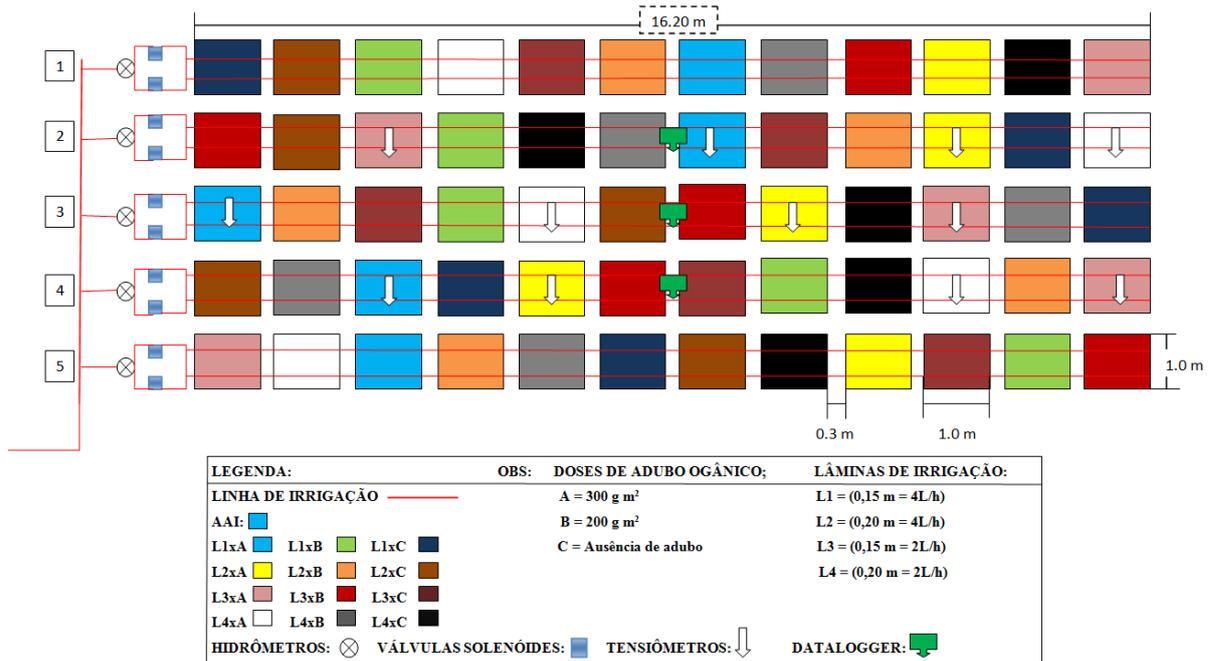


Figura 1. Croqui geral do experimento demonstrando as parcelas com diferentes tratamentos, disposição das linhas de microirrigação, tensiômetros e sistemas de aquisição de dados (*datalogger*).

3.4.3 Sistema de irrigação e lâminas aplicadas

O método de irrigação adotado foi a microirrigação (Frizzone et al., 2012), sendo utilizado o sistema de gotejamento para o fornecimento de água durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura.

Para o manejo da irrigação adotou-se um sistema automático de baixo custo denominado "Acionador simplificado para irrigação" (AAI) (Medici et al., 2010). O AAI é constituído por uma cápsula cerâmica porosa (vela de filtro), que na sua extremidade é conectada a um tubo flexível (mangueira de nível) a uma peça denominada pressostato (Figura 2). O sistema é totalmente preenchido com água para a formação de um vácuo entre os dois componentes do acionador e, após sua montagem, o AAI é instalado ao campo em determinada profundidade. Esta profundidade leva em conta a zona de maior densidade radicular e de exploração da cultura de interesse.

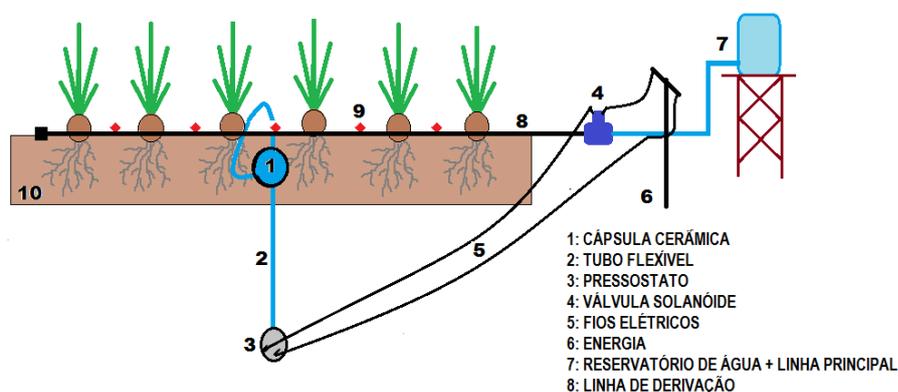


Figura 2. Esquema de instalação do acionador automático para irrigação (AAI).

O princípio de funcionamento do AAI está relacionado ao equilíbrio entre a cápsula porosa (vela) e o solo, quando a evaporação do solo e transpiração vegetal ocorre e o conteúdo de água no perfil do solo torna-se mais baixo, gerando a formação de uma tensão dentro da cápsula. Isto ocorre porque o movimento da água dentro da vela tende para o solo. O fluxo de água da vela para o solo gera uma “força”, ou tensão, que é transmitida pelo tubo flexível até o pressostato. Mediante tal tensão, o diafragma que se encontra desarmado dentro do pressostato é acionado, e um condutor (fio de 2,5 mm) estabelece um circuito elétrico permitindo a condução da eletricidade para a válvula solenoide, que funciona como um “registro de início de linha” automático. Com a corrente elétrica estabelecida, a válvula solenoide torna possível a passagem da água para o sistema de irrigação (Batista et al., 2013; Gomes et al., 2014).

Assim a água é fornecida por meio do sistema de microirrigação o qual umedece o perfil do solo. Quando a água entra em contato e flui para o interior da cápsula porosa faz com que a tensão dentro da vela seja anulada, estabelecendo dessa forma uma pressão no pressostato que irá cortar a corrente elétrica da válvula solenoide, interrompendo a irrigação.

Desta forma, o próprio potencial da água no solo irá comandar o processo de fornecimento de água às plantas, evitando-se o estresse hídrico ou a aplicação excessiva de água, quando ajustados adequadamente (Medice et al., 2010). O esquema na Figura 2 ilustra os principais componentes envolvidos na automação da irrigação, manejados pelo AAI, assim como seu processo de montagem.

As diferentes lâminas de irrigação foram obtidas por meio de emissores modelo “iDrop normal” da Irritec, com vazões nominais de 2,0 e 4,0 L h⁻¹, em diferentes espaçamentos. A lâmina L1 foi obtida adotando gotejadores de 4,0 L h⁻¹ e espaçamento entre emissores de 0,10 e 0,15 m, respectivamente, nas fases I (do transplântio a 22 DAT) e II (de 23 a 92 DAT). Para lâmina L2, foi utilizado o mesmo gotejador, com espaçamentos de 0,15 e 0,20 m, respectivamente, nas fases I e II. Na lâmina L3, foi utilizado gotejador de 2,0 L h⁻¹, espaçados entre si de 0,1 (fase I) e 0,15 m (fase II). Finalmente, a lâmina L4 foi obtida com o gotejador de 2,0 L h⁻¹, espaçados respectivamente de 0,15 e 0,20 m. A combinação de vazão e espaçamentos de emissores proporcionou a aplicação de lâminas que variaram de 39% (L4), 50% (L3) e 77% (L2) em relação à lâmina L1 (100%). Da fase I para II, também houve aumento do desnível entre o pressostato e a vela (de 0,40 para 0,60 m).

Os AAIs foram instalados nas parcelas referentes à maior lâmina de irrigação (L1) e com maior dose aplicada em cobertura do adubo orgânico (Figura 3).



Figura 3: AAI instalado na parcela L1 na fase I (emissores de vazão 4L h⁻¹ e espaçados a 0,15 m).

A instalação do AAI na maior lâmina de irrigação teve por finalidade aplicar menores volumes de água nas demais parcelas (tratamentos) e, conseqüentemente, manter o perfil com maiores tensões de água no solo. Isso foi obtido por meio do arranjo do espaçamento e a vazão dos emissores nas linhas de microirrigação.

3.4.4 Período de estabelecimento das mudas

Durante o período de aclimação das mudas, a irrigação foi realizada pelo próprio sistema de microirrigação sob o manejo do AAI. Durante essa primeira fase, a cápsula porosa (vela de filtro) do AAI foi instalada a 0,1 m de profundidade e o desnível entre a cápsula porosa e o pressostado foi o de 0,4 m, objetivando manter a camada superficial 0,1 m de profundidade com tensões próximas a 4 a 16 kPa em todas as parcelas. Esta fase teve a duração de 22 dias e as lâminas totais de irrigação aplicadas para cada tratamento foram 45,5; 27,3; 19,6 e 13,7 mm, respectivamente, para L1, L2, L3 e L4. Assim, durante todo o ciclo da cultura foram aplicados os tratamentos propostos com relação às diferentes lâminas de irrigação.

3.4.5 Período de desenvolvimento da cultura

A partir do 23^o dia após o transplante (DAT), o sistema de irrigação por gotejamento composto por duas linhas laterais por canteiro foi ajustado para os espaçamentos de 0,15 e 0,2 m, para as duas vazões de gotejadores, a vela do AAI foi colocada a 0,20 m profundidade e o desnível entre pressostato e a vela aumentado para 0,60 m.

3.4.6 Cálculo das lâminas de irrigação

Para obtenção das lâminas diárias de irrigação aplicadas em cada tratamento (L1, L2, L3 e L4) durante o ciclo de desenvolvimento da cebola, realizaram-se coletas diárias de volumes de água nos hidrômetros instalados em cada um dos blocos.

As lâminas aplicadas em cada tratamento foram decorrentes do número e vazão dos emissores presentes na linha lateral de cada uma das parcelas experimentais. Assim, o cálculo das lâminas diárias levou em conta a quantidade e a vazão dos emissores em cada parcela e o coeficiente de localização (KL) que foi obtido pela proporção (%) da área sombreada (PAS) (Keller & Bliesner, 1990) Eq.4.

$$KL = 0,10 \sqrt{PC} \quad (4)$$

em que:

PC = Porcentagem de área sombreada (PAS) ou porcentagem de área molhada (PAM).

A PAS representa uma relação entre a área sombreada pela cultura e a área total da cultura (Mantovani et al., 2009). A estimativa da PAS foi realizada com base no acompanhamento visual diário a campo. Na Tabela 3 são apresentadas os valores de PAS e KL considerados no cultivo da cebola durante o ciclo de desenvolvimento desta espécie.

Para determinação da vazão em cada parcela multiplicou-se o número de emissores (NE) pela vazão do emissor (QE) e dividindo-se a vazão da parcela (QP) pela vazão total (QT) de emissores do bloco e multiplicando-se essa vazão pelo volume total diário do hidrômetro (VTDH) coletado. Desta forma, obtém-se o volume diário da parcela (VDP).

O cálculo das lâminas diárias (LD) foi obtido a partir da divisão do volume diário da parcela (VDP) pela área da parcela (AP).

Tabela 3. Proporção (%) da área sombreada (PAS) e coeficiente de localização (KL) no ciclo de cultivo da cebola de Junho a Setembro de 2014.

DAT	PAS	KL
01 - 23	0,30 - 0,50	0,55 - 0,71
24 - 45	0,55 - 0,75	0,74 - 0,87
46 - 69	0,80 - 0,90	0,89 - 0,95
70 - 91	0,85 - 0,75	0,92 - 0,87

3.4.7 Monitoramento do estado da água do solo na área de estudo

O monitoramento do potencial matricial do solo se deu pelo método da tensiometria (Camargo et al., 1982). Para o acompanhamento das tensões de água no solo utilizou-se tensiômetros de punção instalados abaixo de uma das linhas laterais de microirrigação, em três profundidades (0,1; 0,2 e 0,3 m), sendo três tensiômetros por parcela de cada tratamento proposto, num total de 36 tensiômetros e três parcelas por tratamentos de lâmina de irrigação e na maior dose de adubação orgânica de cobertura.

Os tensiômetros de punção foram acoplados a transdutores de pressão (mod. MPX 5100 DP), e conectados por um fio (cabo manga 3 vias, 26 WAG) à um sistema de aquisição de dados (“datalogger”), de acordo com Camargo et al., 2012, construído exclusivamente para o experimento (Figura 4). As leituras feitas por esse sistema aconteceram a cada 10 segundos, e os dados de tensão foram armazenados em um cartão de memória.

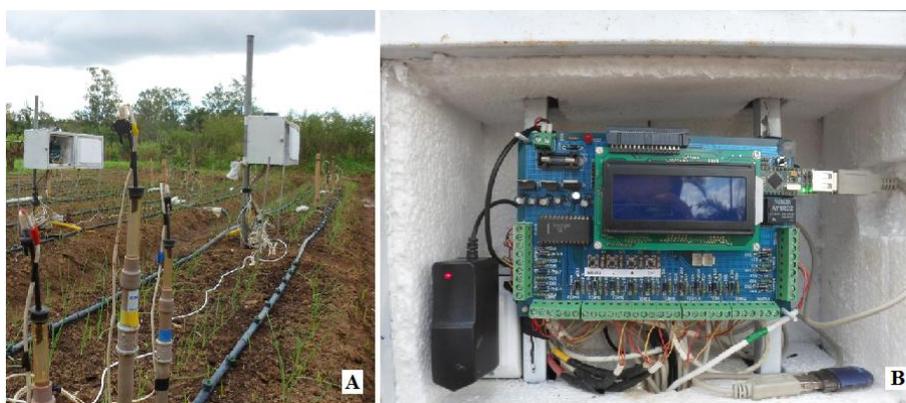


Figura 4. (A) Tensiômetros acoplados a transdutores de pressão e cabos manga. (B) Sistema de aquisição de dados e cartão de memória.

Os dados foram então descarregados em um microcomputador a cada três dias para posterior avaliação dos resultados. Camargo et al. (2012) utilizando esse sistema de aquisição de dados e automação dos tensiômetros concluiu que foi possível monitorar as tensões de água no solo em tempo real e de forma contínua, além de saber com precisão quando foi irrigado e o tempo de cada irrigação realizada.

Na Figura 5 é ilustrada a disposição dos tensiômetros e “dataloggers” usados durante o experimento para o monitoramento das tensões e armazenamento dos dados.



Figura 5. Disposição dos tensiômetros e “dataloggers” nos blocos 2, 3 e 4.

3.5 Reservatório de água para o experimento

O abastecimento de água para a área do experimento se deu por meio de uma plataforma construída aproximadamente a 47 m de distância da área de cultivo, com uma estrutura de 5 m de altura. Constando também de um reservatório de 1000 L.

A condução da água até a área do experimento ocorreu através de tubulação de PVC branco de rosca de 2 polegadas enterrados a 0,2 m. O provimento da água ao experimento foi feito por gravidade.

A água que abastece o reservatório é proveniente de um açude, cujo bombeamento é executado por uma bomba submersa acionada de forma automática, em função do nível de água no reservatório (Gomes, 2012).

3.6 Semeadura e transplântio

No dia 07/05/2014 foi realizada a semeadura da cebola em bandejas de poliestireno expandido com 288 células, sendo utilizadas três sementes por células.

O substrato que preencheu as bandejas foi desenvolvido nas instalações do SIPA. O substrato é formado de composto orgânico cuja formulação é formada de vermicomposto, carvão vegetal e torta de mamona respectivamente nas proporções de 80, 17,5 e 2,5 %. O volume consumido de substrato para o preenchimento das bandejas é cerca de 3 L.

As bandejas com as mudas permaneceram em estufa até o transplântio das mudas. Durante este tempo efetivou-se aos 23 DAS (dias após a semeadura) o desbaste de mudas, seguida de uma adubação de cobertura com 10g de torta de mamona por bandeja, aos 25 da DAS, e uma aplicação de Calda bordaleza aos 35 da DAS, devido ao aparecimento de pequenas lesões decorrentes da doença “Mal das Sete Voltas” causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides f. sp. cepae*, doença comum na cultura da cebola e disseminada em todo território nacional.

O Transplântio das mudas foi realizado aos 53 DAS, sendo realizado na parte da manhã, sendo utilizadas aproximadamente 560 mudas por canteiro num total de 5 blocos.

3.7 Adubação orgânica

A adubação orgânica no experimento ocorreu em duas etapas: uma adubação inicial (adubação de base) distribuída imediatamente em todos os tratamentos e duas doses de torta de mamona aplicadas parceladamente após a DAT (dias após o transplântio) em cobertura e

entre as duas linhas de plantio da cultura da cebola. A aplicação de torta de mamona foi feita abaixo das linhas laterais de microirrigação.

A adubação com esterco aconteceu aos cinco DAT. A aplicação do esterco bovino curtido se deu empregando-se a dose de 1,0 kg m⁻² de matéria seca na superfície do canteiro, seguido de incorporação do mesmo na camada mais superficial do solo, acerca de 0,05 m de profundidade.

A adubação com a torta de mamona deu-se nas doses de 200 e 300 g m⁻², que equivalem a 136,60 e 204,90 kg N ha⁻¹ respectivamente, sendo parceladas em duas épocas. As aplicações foram feitas aos 30 e 50 DAT como preconizado por Filgueira (2007).

Na Tabela 4 são apresentados os teores dos elementos químicos essenciais contidos nos adubos orgânicos empregados no experimento.

Tabela 4. Teores N, P, K, Ca e Mg nos adubos orgânicos.

Elementos químicos	Fonte de adubação	
	Esterco bovino	Torta de mamona
	Teor de elementos (g.kg ⁻¹)	
Ca	9,45	5,40
K	14,50	14,00
Mg	7,70	6,10
N	18,40	68,30
P T	4,27	9,41

Análise realizada de acordo com (Embrapa - Nogueira & Souza, 2005).

3.8 Controle de pragas

O manejo fitossanitário de pragas durante o ciclo de desenvolvimento da cultura esteve de acordo com o preconizado pelas normas da produção orgânica.

O monitoramento ocorreu diariamente, tendo como parâmetro o diagnóstico visual. O controle de doenças foi efetuado manualmente retirando-se as partes das plantas com sintomas de doença, sendo este procedimento executado dependendo da incidência e severidades da doença.

Também foram realizadas aplicações de calda bordaleza semanalmente para prevenção e controle de eventuais doenças fúngicas como a “Mancha-Púrpura” (*Alternaria porri*) e “Mal das Sete Voltas” (*Colletotrichum gloeosporioides f. sp. cepae*).

3.9 Controle de espécies espontâneas

As espécies vegetais de ocorrência espontânea na área tiveram controle manual por meio das capinas seletivas. As capinas aconteceram semanalmente nos primeiros 30 DAT para evitar a competição com a cultura da cebola. O controle mostrou-se imprescindível nesta fase de desenvolvimento, tendo em vista que as plântulas recentemente transplantadas possuem folhas muito pequenas e são facilmente sombreadas.

3.10 Dinâmica de crescimento da cultura

Para avaliação da dinâmica de crescimento da cultura da cebola foi adotado o método de análise funcional de crescimento, a partir da retirada de uma amostra destrutiva de planta por parcela experimental em diferentes datas (Benincasa, 2003).

As coletas iniciaram-se aos 40 da DAT como destacado por Kumar et al. (2007). As plantas foram coletadas em intervalos de 16 dias até aos 104 DAT. As amostras de plantas foram levadas ao laboratório, sendo determinado em cada coleta a quantidade de massa seca de plantas (MSP), massa seca de bulbo (MSB) e massa seca de folha (MSF). As amostras das plantas foram acondicionadas em sacos de papel, acomodados em sacos plásticos, para diminuir a transpiração durante o trajeto do campo ao laboratório.

Para obtenção dos dados de MSP, MSB e MSF dividiu-se a planta em três partes folha, bulbo e raiz. As amostras de parte da planta foram colocadas para secagem em estufa de ventilação forçada com temperatura de 70 °C até que as mesmas obtivessem massa constante, após a secagem foi realizada a pesagem em balança de precisão.

3.11 Determinação de °Brix

A determinação do teor de sólidos solúveis totais (TSST) foi realizada extraindo-se o caldo dos bulbos de cebola, sendo utilizado um refratômetro de mão para determinação do percentual de °Brix .

Para determinação do TSST adotou-se a escolha dos bulbos, coletando-se dois bulbos de cebola por parcela. Os bulbos de cebolas foram divididos ao meio com o auxílio de uma faca, conforme sugerido por Baptistine (2013).

O extrato coletado de cada bulbo de cebola foi colocado no visor do refratômetro de mão e logo após efetuou-se a leitura do °Brix.

3.12 Eficiência do uso de água

Para o cálculo de eficiência do uso de água (EUA) foi adotado o a método proposto por Stanhill (1986), em que a EUA foi estimada a partir da razão entre a produtividade de bulbos de cebola, produção de bulbos (PB) (kg ha^{-1}) e água aplicadas (IW), em mm.

3.13 Variáveis de produção avaliadas

As variáveis analisadas foram a produtividade estimada pela produtividade total dos bulbos (PTB) (Mg.ha^{-1}), massa fresca dos bulbos (MFB) (g), teor de matéria seca dos bulbos (TMSB) (%), produtividade da massa seca de bulbos (PMSB) (Mg.ha^{-1}), diâmetro médio de bulbos (DMB) (mm), distribuídas em classes de acordo com as normas adotadas pela CEAGESP (2001), cuja classificação se deu a partir da determinação dos diâmetros transversais das classes zero a V (Tabela 5). Também foram avaliados o teor de sólidos solúveis Totais (TSST) °BRIX (%) e eficiência do uso da água (EUA).

Tabela 5. 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)

3.14 Análises estatísticas

Os dados foram tabulados e submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando diferenças entre os tratamentos foram detectados no nível de 5% de probabilidade, as médias foram comparadas pela de regressão, realizando-se análise envolvendo o fator lâmina de irrigação pelo ANAVA.

3.15 Dados meteorológicos

Nas Figuras 6 e 7 são apresentados, respectivamente, os valores de temperaturas média, máxima e mínima, umidades relativas máximas, mínimas e médias do ar, radiação solar global (Rs), precipitação (PPT) e precipitação acumulada (PPTac) durante os 104 dias de cultivo no campo.

A temperatura média no período de estudo foi de 22,6 °C. A variação média ocorrida foi de 16,3 a 30,2 °C, próximas às encontradas por Ribeiro (2014) (14,8 a 32,2 °C) em estudo desenvolvido no SIPA. Resende et al. (2007) destacam que temperaturas em torno de 15,5 a 21,1°C promovem a formação de bulbos melhores e maior produção.

Os dados de temperatura demonstram que o cultivo ocorreu em condições próximas as propícias para o bom desenvolvimento da cultura em boa parte do ciclo, mas foram verificados valores críticos de temperatura nos dias 06 de setembro e 05 de outubro (11,6 e 11,3 °C - mínimo) e em 11 de setembro e 11 de outubro (37,2 e 38,5 °C - máximo) respectivamente. Esses valores extremos de temperatura do ar aconteceram na fase de enchimento de bulbos, fase muito sensível a estresses, podendo ter provocado alguma influência indesejada nas variáveis de produção.

Souza & Resende (2002) consideram que as temperaturas críticas de interferência no desenvolvimento da cultura da cebola se situam abaixo de 10 °C e acima de 32 °C. Altas temperaturas promovem a bulbificação acelerada, enquanto que exposição das plantas por períodos prolongados a temperaturas muito baixas pode induzir o florescimento prematuro, *bolting*, situação altamente indesejável para a produção comercial de bulbos.

A umidade relativa média do ar variou de 44 a 96,5% durante o ciclo, com valor médio diário de 72,9%. Umidade relativa do ar elevada favorece a incidência de doenças foliares, que poderão aumentar os custos de produção e comprometer a produção da cultura (Resende et al., 2007). Gonçalves et al. (2004) relatam que a ocorrência de míldio é correlacionada com condições climáticas de alta umidade do ar e temperaturas amenas.

As condições de temperatura do ar e umidade relativa registradas durante o ciclo de cultivo da cebola favoreceram a ocorrência de doenças fúngicas (*Colletotrichum gloeosporioides f. sp. Cepae* e *Alternaria porri*). Os elevados valores de umidade relativa do ar que alcançaram 100 % na maioria dos dias associados a altas temperaturas, possivelmente foram determinantes na ocorrência de doenças durante o período experimental. Neste sentido houve necessidade de se fazerem aplicações semanais de calda bordaleza e práticas de rogging, retirando partes contaminadas com patógenos das plantas infectadas.

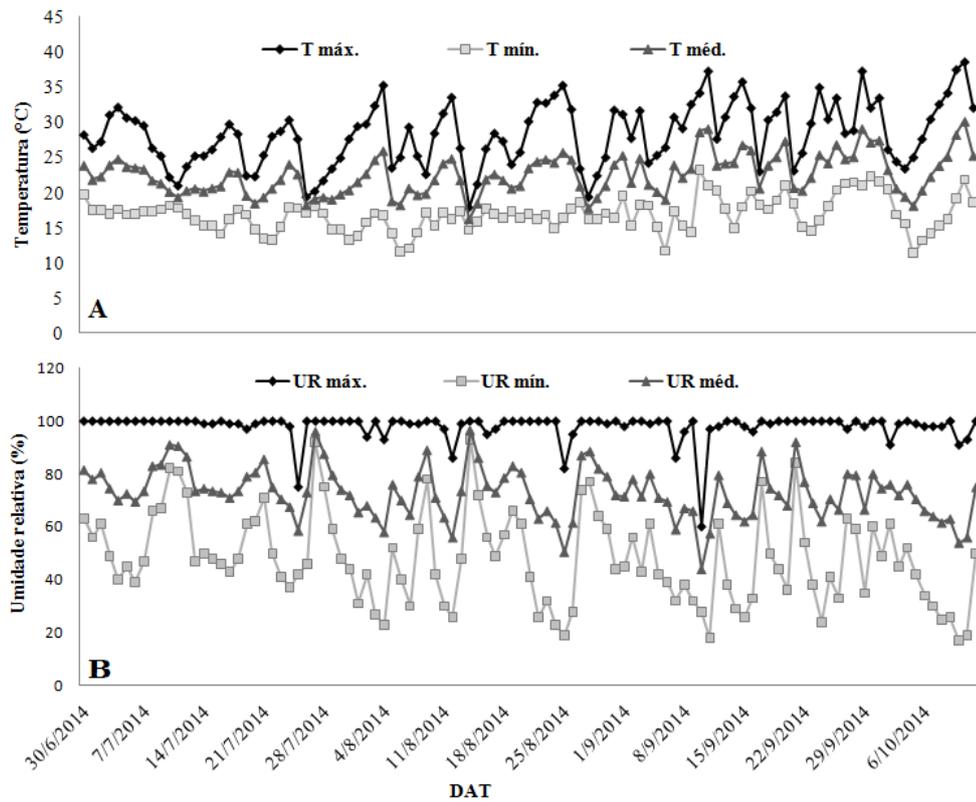


Figura 6. Dados meteorológicos ocorridos durante o ciclo de cultivo da cebola: (A) Temperatura do ar; (B) Umidade relativa do ar.

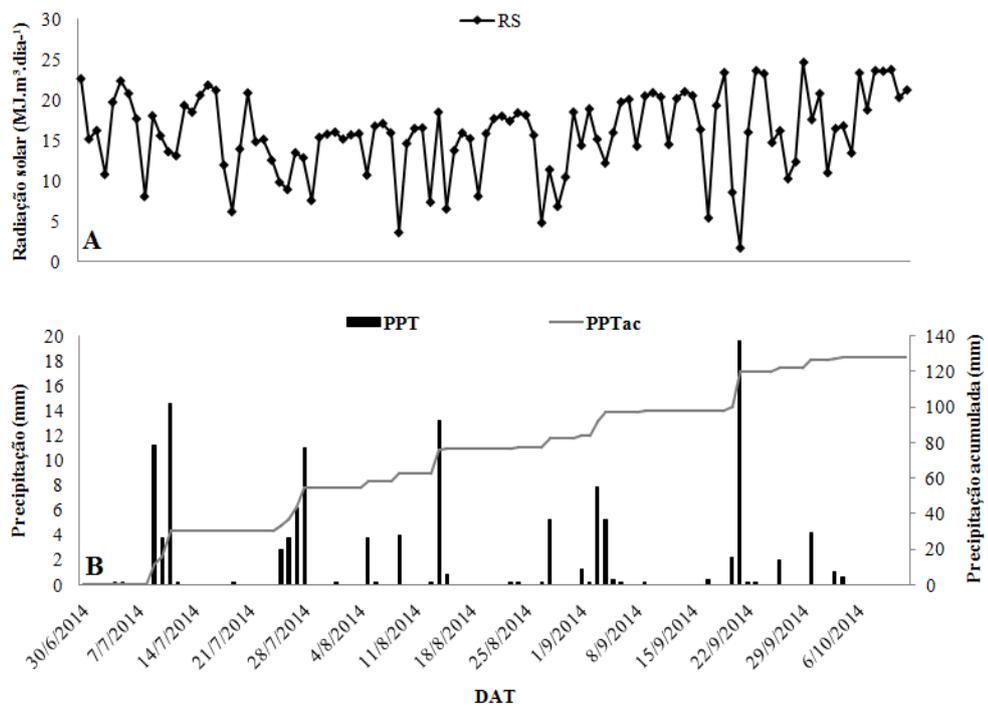


Figura 7. Dados climáticos ocorridos durante o ciclo de cultivo da cebola (A): Radiação solar (Rs) e (B): Precipitação (PPT) e precipitação acumulada (PPTac).

Os valor médio de radiação solar global (Rs) durante o ciclo da cultura foi de 15,9 MJ m⁻². Nos períodos de ocorrência de chuvas e fotoperíodo curto, a Rs variou de 1,8 a 17,6 MJ.m⁻², enquanto nos dias mais secos e quentes a Rs aumentou progressivamente até o valor máximo de 24,6 MJ.m⁻², em 29/09. Após esse pico, a Rs manteve-se em torno do valor médio até a colheita.

As precipitações aconteceram em 35 dias do ciclo e acumulou 128 mm ao fim do experimento. Ribeiro (2014) registrou precipitação acumulada de 217,6 mm durante o ciclo de cebola na mesma área experimental. As maiores lâminas diárias registradas foram de 19,4 mm, no final da fase de enchimento de bulbos (21/09), e 14,6 mm, no início de desenvolvimento das mudas (11/07).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Monitoramento da tensão de água no solo

Nas Figuras de 8 a 11 encontram-se os valores de tensão de água no solo, para as diferentes lâminas de irrigação e precipitações pluviométricas ocorridas durante o cultivo da cebola.

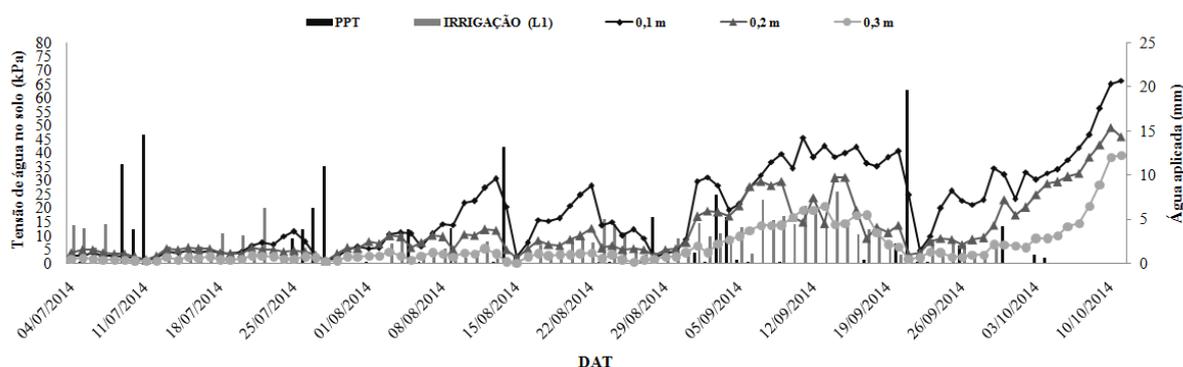


Figura 8. Valores de tensão de água no solo obtidos através da automação dos tensiômetros a 0,1; 0,2 e 0,3 m de profundidade para lâmina de irrigação (L1) + precipitação (PPT) durante o ciclo de desenvolvimento da cebola na.

Nos primeiros 22 DAT (30/06 a 21/07), as tensões de água no solo procedente da aplicação da maior lâmina de irrigação (L1) e precipitações ocorridas promoveram nas diferentes profundidades as mesmas leituras de tensão, variando de 0,66 a 6,53 kPa (Figura 8). Este comportamento ocorreu devido à condição inicial de umidade do solo no momento do transplante das mudas e aos eventos de chuva associado às irrigações do AAI, oriundas da fase I de instalação.

Após esse período de aclimação das mudas verificou-se que as tensões de água no solo a 0,1 e 0,2 m apresentaram tendência de crescimento. Os maiores picos de tensão registrados para esse período, fase de crescimento vegetativo (22/07 a 23/08), foram de 30,76 kPa para 0,1 m e de 12,6 kPa para 0,2 m. As tensões na profundidade de 0,3 m mantiveram-se na faixa registrada durante a fase de aclimação das mudas (de 0,71 a 5,8 kPa). Os valores de tensão na profundidade de 0,3 m indicam, possivelmente, a ocorrência de perdas por percolação, neste período de desenvolvimento da cultura, visto que as raízes nessa fase não atingem essa profundidade do solo. Assim toda água que ficou retida nesta camada de 0,3 m não foi utilizada pela cultura.

Dos 57 aos 81 DAT (24/08 a 17/09) (fase de enchimento dos bulbos), a tensão de água no solo apresentou seus maiores valores, equivalendo a 42,44; 31,22 e de 20,83 kPa respectivamente nas profundidades de 0,1; 0,2 e 0,3 m. Nesse período, foram aplicadas as maiores lâminas de irrigação. Nessa fase, as tensões na profundidade de 0,2 m ficaram, em alguns dias, abaixo e bem próximas às registradas a 0,3 m. Carrijo et al. (1990) relatam que a faixa de tensão da água no solo na região de maior concentração de raízes para a cebola é de 15 a 45 kPa, valores que são tomados como limites para a manutenção de teores que satisfaçam a necessidade hídrica da cultura. Tensões menores devem ser utilizadas nos estádios mais exigentes em água, como início da bulbificação e crescimento dos bulbos (Doorenbos & Pruitt, 1977; Whitters & Vipond, 1977).

A maior lâmina precipitada foi observada em 20/09. Em decorrência disso, as tensões de água no solo, em todas as profundidades avaliadas, assemelharam-se às observadas na fase

de aclimação das mudas. Após o corte da irrigação, aos 92 DAT (29/09), as tensões de água no solo apresentaram uma tendência crescente até a colheita.

Na Figura 9 (lâmina L2) é possível notar que o comportamento dos valores de tensão de água no solo foi semelhante aos observados para a L1, sendo pequenas as diferenças para essa lâmina na fase de aclimação das mudas. Na fase de crescimento vegetativo, que durou até aos 56 DAT (23/08), foram observados valores de tensão de 38,52 kPa para 0,1 m de profundidade e de 17,5 kPa para 0,2 m, sendo estes valores maiores que os verificados para lâmina L1. Na profundidade de 0,3 m os registros mostraram os mesmos valores de tensão da lâmina L1, sugerindo que também pode ter ocorrido percolação nesse período.

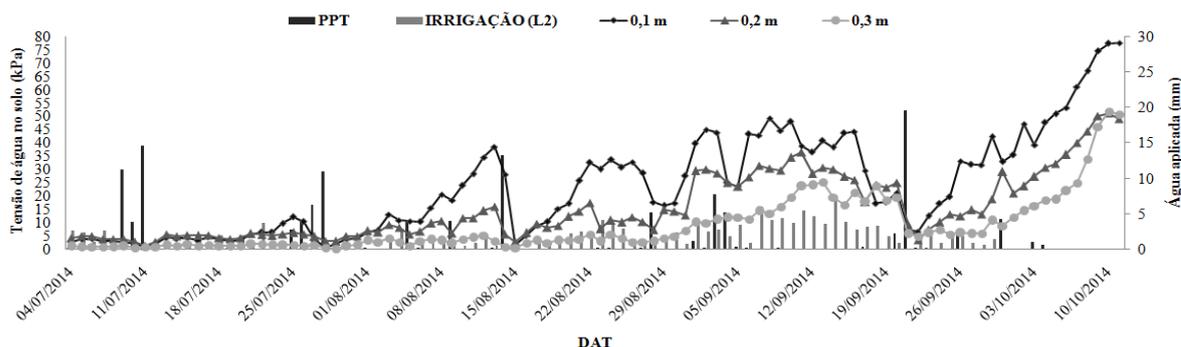


Figura 9. Valores de tensão de água no solo obtidos através da automação dos tensiômetros a 0,1; 0,2 e 0,3 m de profundidade para lâmina de irrigação (L2) + precipitação (PPT) durante o ciclo de desenvolvimento da cebola.

Para fase de enchimento de bulbos no período de 57 a 91 DAT (24/08 a 28/09) os valores de tensão foram de 49,30; 36,6 e 25,3 kPa, nas profundidades 0,1; 0,2 e 0,3 m, respectivamente. Esses valores estão acima dos verificados para o mesmo período na lâmina L1, e podem justificar a diferença significativa encontrada na produtividade total de bulbos entre estas lâminas (Tabela 7). Deste período até a colheita, as tensões apresentaram a mesma tendência da lâmina L1.

Para a lâmina L3 (Figura 10), a tensão de água no solo sofreu variações semelhantes às observadas nas lâminas L1 e L2. Os maiores picos de tensão verificados na fase de crescimento vegetativo (22/07 a 23/08) foram de 40,79 kPa, para 0,1 m de profundidade, e de 18,74 kPa, para 0,2 m, e também estão acima dos registrados nas lâminas L1 e L2.

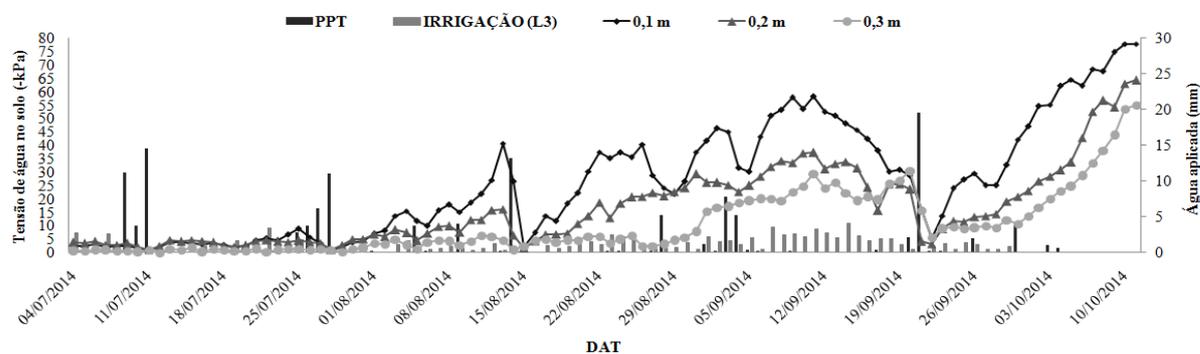


Figura 10. Valores de tensão de água no solo obtidos através da automação dos tensiômetros a 0,1; 0,2 e 0,3 m de profundidade para lâmina de irrigação (L3) + precipitação (PPT) durante o ciclo de desenvolvimento da cebola.

No período de enchimento dos bulbos (24/08 a 28/09) os maiores valores de tensão foram de 58,15; 37,23 e 29,63 kPa respectivamente para as profundidades de 0,1 m, 0,2 m e 0,3 m. Logo, acima do observado nas lâminas L1 e L2. No entanto, notou-se padrão semelhante ao verificado nas lâminas L1 e L2 para o restante do ciclo.

Na Figura 11 ilustra-se o comportamento das tensões de água no solo decorrente da aplicação da menor lâmina de água (L4). Todavia, é possível observar as mesmas tendências semelhantes às demais lâminas, principalmente na fase de aclimação das mudas.

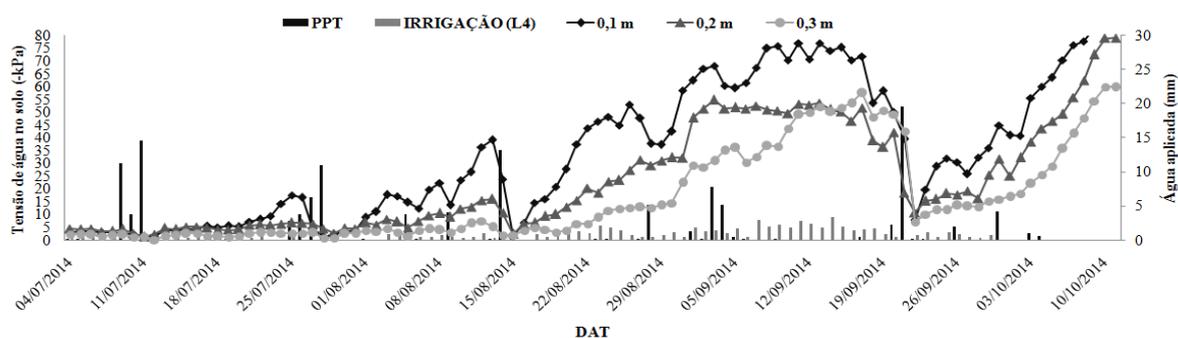


Figura 11. Valores de tensão de água no solo obtidos através da automação dos tensiômetros a 0,1; 0,2 e 0,3 m de profundidade para lâmina de irrigação (L4) + precipitação (PPT) durante o ciclo de desenvolvimento da cebola.

Na fase de crescimento vegetativo (22/07 a 23/08) os picos de tensão foram de 43,81 kPa, para 0,1 m de profundidade e de 20,17 kPa para 0,2 m.

Encontraram-se maiores valores de tensão de água no solo na fase de enchimento de bulbos (24/08 a 28/09), tendência observada em todas as lâminas, e que possivelmente tenha ocorrido pela ausência de chuvas no período e valores de temperatura do ar altos durante boa parte do dia. Para a lâmina L4, os picos nessa fase foram de 76,91; 53,44 e de 52,25 kPa, respectivamente nas profundidades 0,1; 0,2 e 0,3 m. Essas tensões são maiores que as verificadas nas demais lâminas de irrigação, sendo uma das possíveis justificativas para a baixa produção total e comercial evidenciada nessa lâmina (Tabela 7).

Na Figura 12 são apresentadas as tensões de água no solo em alguns momentos de acionamento do AAI. O acionador foi instalado na parcela com maior lâmina de água (L1) aplicada e maior dose de adubo orgânica empregada, e com desnível de 0,4 m, na fase I, e de 0,6 m, na fase II. Vale ressaltar que o desnível entre cápsula porosa e o pressostato caracteriza as condições de funcionamento do acionador.

Teoricamente, a tensão de acionamento do equipamento AAI é igual, em módulo, ao desnível do pressostato (Médici et al., 2010). Assim, para o menor desnível, o acionamento do dispositivo é mais frequente quando comparado a desníveis maiores.

Os resultados de tensão de água no solo durante o estágio de crescimento vegetativo (22/07 a 23/08) variou de 5,28 a 15,14 kPa e estão dentro da faixa apresentada por Médici et al. (2010), que trabalhando com o ASI em um Argissolo Vermelho, observaram que o nível de tensão máxima de água mantido com este sistema automático é muito pequeno (4 a 13 kPa) e poderia ser útil para alcançar o máximo rendimento para muitas espécies vegetais. No entanto, na fase de enchimento dos bulbos (24/08 a 28/09) as leituras de tensão estão bem acima do módulo de desnível e da faixa de tensão apresentada por estes autores, com picos de tensão de 18,32 e 22,18 kPa, respectivamente nos dias 07 e 21 de setembro. A possível explicação para essa diferença entre leituras do tensiômetro e tensão que o AAI deveria manter no solo pode estar na diferença entre a porosidade das cápsulas utilizadas para a construção dos ASI e dos tensiômetros comerciais, além das leituras de tensão de água no

solo não serem realizadas diretamente na cápsula porosa do AAI. Desta forma, não se pode afirmar que as tensões obtidas pelo tensiômetro representam a real tensão na capsula porosa do ASI. Estudos com ASI devem continuar sendo realizados para melhor explicar seu funcionamento e aperfeiçoar o equipamento.

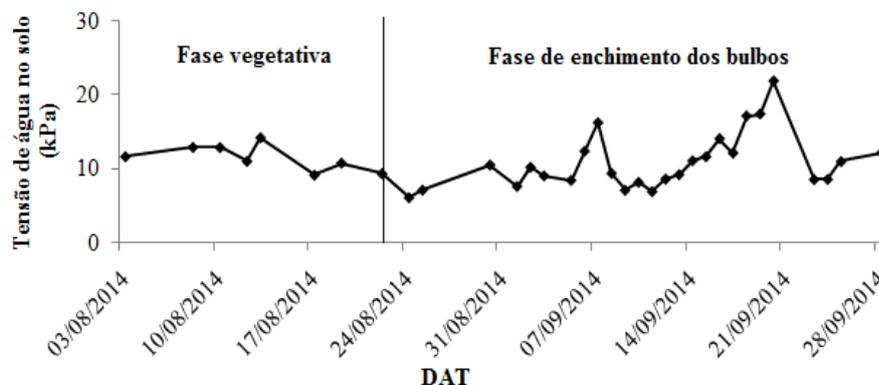


Figura 12. Valores de tensão de água no solo na profundidade de 0,2 m no momento em que o sistema de irrigação foi acionado pelo AAI, durante o ciclo de desenvolvimento da cebola.

4.2 Lâminas de irrigação aplicadas

A cebola é pouco tolerante à deficiência de água no solo, sendo a exigência dependente da fase fenológica, o que exige adequada disponibilidade e manutenção de umidade no solo para o ótimo desenvolvimento vegetativo e produção da cultura. Dessa forma, torna-se essencial o adequado manejo da irrigação, a fim atender as exigências momentâneas da cultura (Vilas Boas et al., 2011).

Marouelli et al. (2005) consideram que a demanda total de água necessária para satisfazer a cultura da cebola é dependente das condições climáticas e do ciclo da cultivar, podendo variar de 350 a 650 mm. A Tabela 6 apresenta os valores de lâminas de irrigação manejados pelo AAI acrescido da precipitação pluviométrica acumulada ocorrida no período de estabelecimento das mudas e desenvolvimento da cultura durante os 104 dias de cultivo da cebola.

Tabela 6. Lâminas líquidas (irrigação + precipitação acumulada) durante o ciclo de cultivo de cebola em manejo orgânico de produção.

Fases	Lâminas de irrigação (mm)			
	L1	L2	L3	L4
Estabelecimento das mudas	45,52	27,31	19,60	13,66
Desenvolvimento da cultura	148,19	123,28	75,31	61,64
Precipitação acumulada	128	128	128	128
Total	321,81	278,59	224,91	204,14

A lâmina média diária de irrigação aplicada nos tratamentos L1, L2, L3 e L4, respectivamente foram 2,15; 1,67; 1,05 e 0,84 mm dia⁻¹. Os valores de água aplicados durante o ciclo estão de acordos com os de Ribeiro (2014), mas abaixo dos apresentados por Marouelli et al. (2005) e Costa et al. (2002a). Os autores relatam que o consumo hídrico total necessário para satisfazer as necessidades da cultura nas regiões Sul e Sudeste variam de 350

a550 mm. Na região Norte de Minas Gerais, Araujo et al. (1997) indicaram um consumo médio entre 500 a 670 mm de água durante todo o ciclo da cultura, correspondendo a uma lâmina de água entre 4 e 5 mm dia⁻¹.

Gomes et al. (2014), ao utilizarem o controlador AAI regulado para começar a operar a uma tensão de água no solo de, aproximadamente, 5,0 kPa, registraram 338 e 278 mm de lâmina total, respectivamente, para o cultivo da alface em monocultivo e consorciado com cenoura na região de Seropédica-RJ. Gonçalves et al. (2013), trabalhando com o mesmo controlador de irrigação AAI, com cápsula porosa do AAI instalada a 0,2 m de profundidade e verificando dois modos de operação 3,0 e 9,0 kPa no acionamento da irrigação, aplicaram respectivamente 94 e 55 mm de lâmina de água.

Apesar de haver umas diferenças relativas na duração dos ciclos dessas culturas, percebe-se que o acionador AAI consegue atender a demanda hídrica das plantas cultivadas, utilizando volumes de água relativamente baixos, mantendo a umidade do solo sempre próxima à capacidade de campo dependendo do modo de operação e da instalação.

Por se tratar de um sistema automatizado e de baixo custo e que responde às variações metrológicas locais, os resultados obtidos mostram que o AAI foi capaz de satisfazer o consumo de água demandado pela cultura da cebola, mesmo aplicando lâminas abaixo das preconizadas em outros artigos científicos.

4.3 Dinâmica de crescimento da cultura

4.3.1 Produção de biomassa seca da planta, folha e bulbo

A partir da determinação da produção de biomassa seca de planta (BSP) tornou-se possível observar a ocorrência de diferenças em função do fator lâmina de água aplicada durante os 88 e 104 DAT. No entanto não foi observado efeito significativo para o fator adubação orgânica de cobertura em nível de 5 % de probabilidade pela análise de variância (Tabelas A e B, Anexo A). Dessa forma, optou-se em apresentar o desempenho de acúmulo de BSP em função do fator lâmina de água aplicada.

Na Figura 13 apresenta-se a dinâmica de acúmulo BSP durante os 104 dias de cultivo da cebola submetidos à diferentes lâminas de água em sistema orgânico de produção.

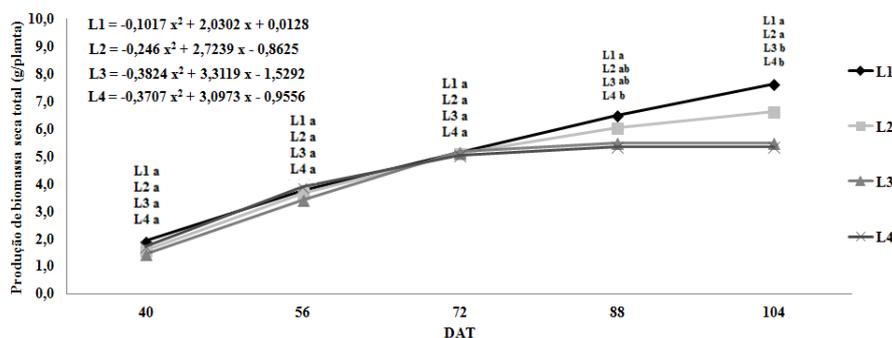


Figura 13. Produção de biomassa seca de planta durante o desenvolvimento da cultura da cebola em função do fator lâmina de água aplicada (L1, L2, L3 e L4), submetida ao manejo orgânico nas condições da Baixada Fluminense.

As médias de BSP seguidas de uma mesma letra minúscula nas DAT não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

A dinâmica de acúmulo de BSP da cebola não diferiu entre as lâminas de água aplicadas (L1, L2, L3 e L4) até os 72 DAT. Esse comportamento é explicado pelas semelhantes tensões de água no solo durante esse período (Figura 8, 9, 10 e 11).

Por outro lado aos 88 DAT foram observados efeitos significativos da aplicação das diferentes lâminas de água no acúmulo de BSP, em que L1 difere de L4, sendo esta diferença mantida até o fim do ciclo (104 DAT). As lâminas L1 e L2 apresentaram comportamento de acúmulo de BSP semelhante, mas diferindo das lâminas L3 e L4, que também não apresentaram diferenças entre si. Kumar (2007) trabalhando com diferentes níveis de água aplicados via microaspersão na cultura da cebola observou efeito semelhante em cultivo na região de Punjab, Índia nos anos de 2004 e 2005 para a dinâmica de acúmulo de BSP.

Os resultados de BSP para as diferentes lâminas de água aos 72 (5,5 g.planta⁻¹) e 88 DAT (6,3 g.planta⁻¹) estão acima dos encontrados por Vidigal et al. (2010) que analisando o crescimento e absorção de nutrientes pelas plantas de cebola cultivada no verão por semeadura direta e por transplantio de mudas no Norte de Minas Gerais (cv. Alfa tropical) obtiveram aos 73 e 88 DAT, peso seco de planta de 1,3 e 3,5 g planta⁻¹, respectivamente.

Não foram detectadas diferenças quanto ao acúmulo de biomassa seca de folha (BSF) em função das diferentes lâminas de água aplicada, e a partir da adubação orgânica de cobertura e interação desses fatores durante os 104 dias de cultivo (Figura 14) (Tabela C, Anexo A). Este comportamento está associado à incidência de doenças foliares durante todo o ciclo de desenvolvimento da cebola. As principais doenças responsáveis por estes problemas foram “Mal das Sete Voltas”, causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides f. sp. Cepae* e “Mancha Púrpura”, causada pelo fungo *Alternaria porri*. Por se tratar de doenças que provocam o amarelecimento e secagem das folhas e pelo manejo adotado na cultura seguir os preceitos da agricultura orgânica, necessitou-se fazer a retirada destas partes afetadas, o que provocou a diminuição do peso seco da parte aérea durante as coletas na avaliação da dinâmica de crescimento da BSF. Esta perda de aparato fotossintetizante durante todo ciclo pode ter ocasionado problemas na relação fonte dreno acarretando perdas de produtividade na cultura em todos os tratamentos.

Vidigal et al. (2010) obtiveram peso seco de parte aérea de 3,1 g planta⁻¹ aos 129 DAT, valor superior aos encontrados no presente estudo. A maior BSF foi verificada aos 72 DAT com 3,0 g planta⁻¹, inferior à obtida por Vidigal et al. (2010), com 5,3 g planta⁻¹, aos 104 da DAT.

Até os 72 DAT, o acúmulo de BSF foi aumentando gradativamente, e após essa DAT as coletas que sucederam apresentaram menores acúmulos de BSF. Tal fato pode ser explicado pela ocorrência de doenças foliares como já relatado e, do mesmo modo, pelo processo de perda de folha (senescência foliar) característicos dessa cultura que se iniciou aproximadamente aos 88 da DAT. De acordo Brewster (1994) a uma redução atribuída à translocação de fotoassimilados e de outros compostos para o bulbo, no período de maturação do bulbo, quando nas plantas de cebola, ocorrem o murchamento e secamento das folhas.

A variação da biomassa seca de bulbo (BSB) para as diferentes lâminas está apresentada na Figura 15. Até os 72 DAT não houve efeito significativo na cultura pela aplicação das diferentes lâminas de água como constatado nas outras variáveis de crescimento acompanhadas. Por outro lado a partir dos 88 DAT foram verificados efeitos significativos e interação entre fator lâmina de água e DAT (Tabela D e E, Anexo A).

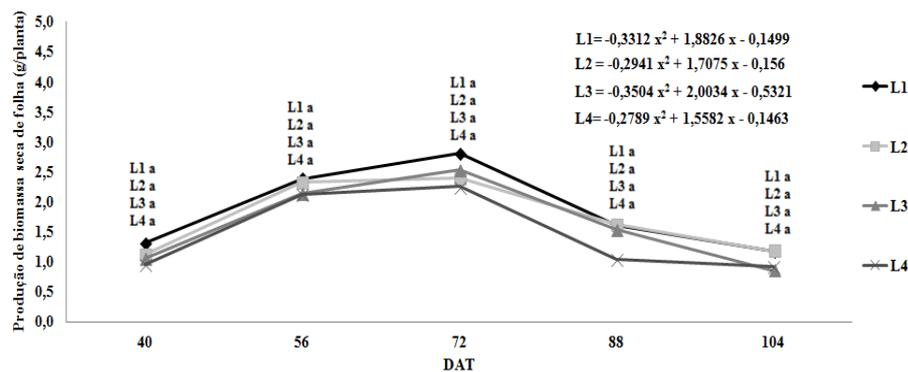


Figura 14. Produção de biomassa seca de folha durante o desenvolvimento da cultura da cebola em função do fator lâminas de irrigação (L1, L2, L3 e L4), submetida ao manejo orgânico nas condições da Baixada Fluminense.

As médias de BSF seguidas de uma mesma letra minúscula nas DAT não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

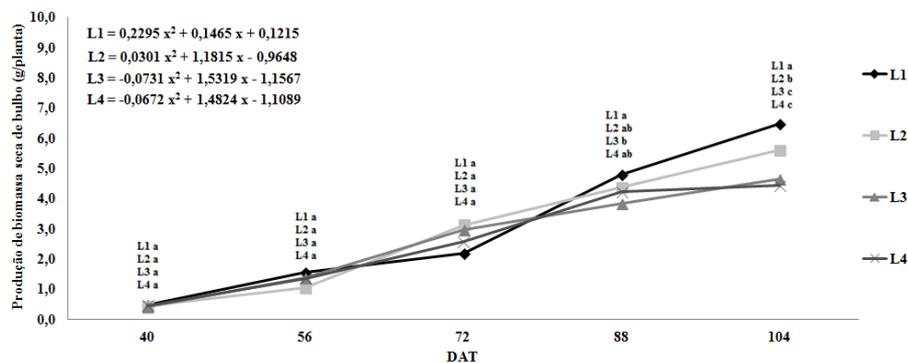


Figura 15. Produção de biomassa seca de bulbos durante o desenvolvimento da cultura da cebola em função do fator lâminas de irrigação (L1, L2, L3 e L4), submetida ao manejo orgânico nas condições da Baixada Fluminense.

As médias de BSB seguidas de uma mesma letra minúscula nas DAT não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey

A partir dos 88 e aos 104 DAT (25/08 e 11/10, respectivamente) foram verificadas as diferenças significativas no peso de BSB entre as lâminas de água aplicadas. Essa diferença significativa verificada entre as médias indica a relação da BSB com a quantidade de água aplicada.

Kumar et al. (2007) também observou estas diferenças de peso de BSB em seu trabalho em dois anos de cultivo com a cultura da cebola aplicando diferentes lâminas de irrigação com base na evaporação do tanque Classe A. Comportamento semelhante foi observado por outros autores para diferentes culturas (Chopade et al., 1998; Shock et al., 2000; Martin Santa Olalla et al., 2004).

Vidigal et al. (2010), na colheita dos bulbos de cebola, obtiveram 6,84 g por planta para peso seco de bulbos, estando de acordo com os encontrados no presente trabalho na maior lâmina de água aplicada (L1).

4.5 Avaliação do desempenho produtivo da cebola

5.5.1 Produtividade total de bulbos

Foram alcançadas produtividades totais de bulbos (PTB) de cebola de 21,55; 22,48; 26,95 e 31,95 Mg ha⁻¹ nos tratamentos de maior dose de adubo orgânico (300 g) e lâminas de irrigação L4, L3, L2 e L1 respectivamente (Tabela 7). A produtividade média nacional em sistema convencional é de 28,54 Mg ha⁻¹ (IBGE, 2014), considerando quase que em sua totalidade áreas de preparo de solo e manejo fitossanitário convencionais, além do uso excessivo dos recursos naturais, principalmente água.

Tabela 7: Produtividade total de bulbos (Mg ha⁻¹) nas diferentes lâminas de irrigação + precipitação pluviométrica total e doses de adubação orgânica aplicada em cobertura.

Lâmina de água (mm)	Doses de adubação orgânica (g m ⁻²)		
	300	200	0
L1: 321,81	31,95 Aa	27,73 Ab	26,10 Ab
L2: 278,59	26,95 Bb	26,10 Bb	25,28 Ab
L3: 224,91	22,78 Bb	22,69 Bb	19,51 Bb
L4: 204,14	19,85 Bb	19,42 Bb	21,53 Bb

As médias de PTB seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas linhas e letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Vale ressaltar que as PTB de cebola do presente estudo foram obtidas no preparo de cultivo mínimo do solo e em manejo orgânico. Esse tipo de preparo do solo, com o mínimo de mobilização, é uma técnica agrícola que pode contribuir para diminuir a perda de água no solo (Rydberg, 1990) e melhorar suas propriedades físicas, como densidade, resistência à penetração ao longo do tempo pelas raízes (Kayombo & Lal, 1993 e Hall et al., 1994) contribuindo também com a longevidade produtiva da área. Da menor para a maior lâmina de água aplicada (de 204,14 para 321,81mm), obteve-se aumento médio de 29,13 % na PTB.

Santos et al. (2012) avaliaram o efeito de duas coberturas mortas (palha de Bambu e de *Grilicídia sp* na produtividade da cebola (cv. Alfa tropical) em sistema orgânico de produção na Fazendinha do Km 47 em Seropédica-RJ, e obtiveram 26,49 e 25,04 Mg ha⁻¹, respectivamente. Avaliando o efeito de diferentes doses de torta de mamona (sem torta de mamona, 100 e 200 g), os autores também não encontraram resposta significativa para os diferentes tratamentos e atribuíram esse fato à elevada fertilidade do solo na área experimental e à utilização de 10 Mg ha⁻¹ de esterco bovino curtido, aplicado como adubação de base, proporcionando um estoque de nutrientes suficientes para que a cebola se desenvolvesse sem qualquer carência nutricional.

Avaliando dez cultivares de cebola na Fazendinha do Km 47 em sistema orgânico de produção nas condições da Baixada Fluminense (Seropédica-RJ), Ricci et al. (2014) alcançaram, com a cultivar Alfa tropical, 24,09 Mg ha⁻¹ de PTB. Ribeiro (2014) também na Fazendinha do Km 47 alcançou PTB de 39,9 Mg ha⁻¹ em sistema de cultivo orgânico sem cobertura morta, manejando a irrigação pela técnica da TDR. Mas ambos os trabalhos foram realizados com preparo convencional do solo.

Avaliando a produtividade da cebola em cultivo mínimo no sistema convencional e orgânico na região de Ituporanga-SC em dois anos de cultivos, Menezes Júnior et al. (2014) obtiveram diferença significativa entre a produtividades de bulbos de cebola em sistema convencional (31,09 e 20,62 Mg ha⁻¹) e cultivo orgânico (19,92 e 11,43 Mg ha⁻¹),

respectivamente nos anos de 2011 e 2012. No entanto, Gabriel Filho et al. (2000) não encontraram diferenças significativas nas diferentes técnicas de preparo do solo em cultivo de mandioca.

Para a PTB a análise de variância apresentou resultado significativo para fator lâmina de água aplicada e interação entre lâmina e doses de adubo orgânico, em nível de 5% de probabilidade (Tabela A e B, Anexo B). Estes resultados vão de encontro com os apresentados por Ribeiro (2014) que obteve diferença significativa a 1 % de probabilidade para o fator lâmina de água aplicada.

Nas Figuras 16, 17 e 18 são apresentados os resultados da análise de regressão obtidos para PTB em função do fator lâmina de água aplicada e da interação entre adubação e lâmina de água (Tabela A, Anexo C).

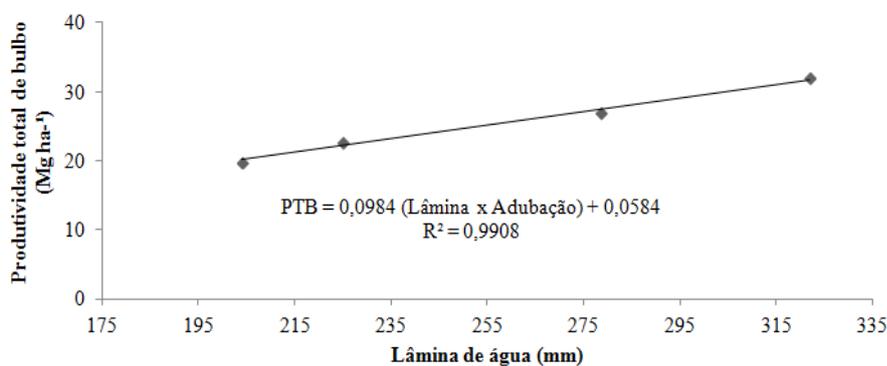


Figura 16: Análise de regressão linear para variável produção total de bulbo em função dos fatores lâmina de água aplicada e adubação orgânica em cobertura (300 g m⁻²) a 5 % de probabilidade.

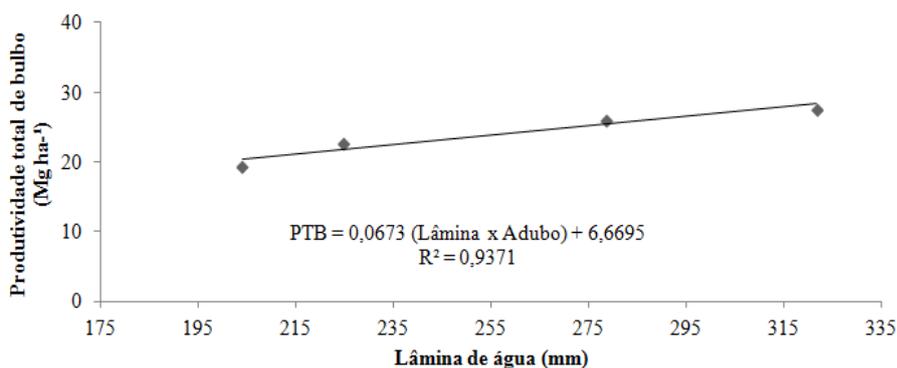


Figura 17: Análise de regressão linear para variável produção total de bulbo em função dos fatores lâmina de água aplicada e adubação orgânica em cobertura (200 g m⁻²) a 5 % de probabilidade.

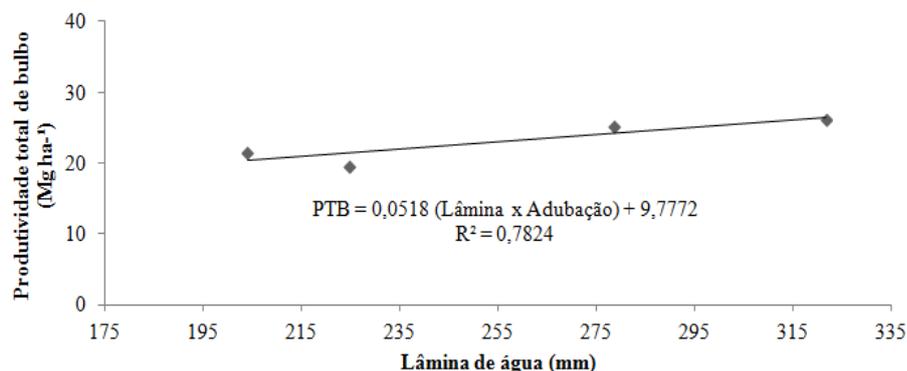


Figura 18: Análise de regressão linear para variável produção total de bulbo em função dos fatores lâmina de água aplicada e adubação orgânica em cobertura (0 g m^{-2}) a 5 % de probabilidade.

Os resultados obtidos por Jiménez et al. (2010) e Ribeiro (2014) indicaram ajuste de modelo polinomial de segunda ordem no rendimento de bulbos em função de diferentes lâminas de irrigação aplicada. Jiménez et al. (2010) atribuíram o resultado obtido à má aeração do solo e lixiviação de nutrientes, quando há excesso no conteúdo de umidade no solo.

Avaliando o desempenho de cultivares de cebola em função do manejo da irrigação por gotejamento com seis níveis críticos de tensões de água no solo (15, 25, 35, 45, 60 e 75 kPa), Vilas Boas et al. (2011) alcançaram produtividade média (PTB) de $36,19 \text{ Mg ha}^{-1}$, sendo o valor máximo obtido para a tensão de 15 kPa ($50,21 \text{ Mg ha}^{-1}$). Houve resposta linear ($p < 0,01$) do modelo de regressão ajustado e um decréscimo na produtividade total de bulbos em resposta ao aumento de tensões de água no solo. Coelho et al. (1996), utilizando microaspersão no cultivo da cebola (*cv.* IPA-6) no município de Parnaíba, Norte do Piauí, e estudando três regimes de irrigação com base no potencial matricial de água no solo (6,0 a 8,5 kPa no regime I; 7,0 a 10,0 kPa no regime II e 10 a 28 kPa no regime III) aplicaram lâminas de 465, 396 e 339 mm e obtiveram PTB de 28,59; 23,31 e $9,05 \text{ Mg ha}^{-1}$, respectivamente.

Os resultados obtidos e apresentados por diversos autores indicam o efeito positivo no cultivo da cebola quando a umidade do solo é mantida em níveis adequados.

4.5.2 Diâmetro médio de bulbos e produtividade comercial

O diâmetro de bulbos de cebola é uma importante característica para avaliação da produtividade comercial de bulbos de cebola. Neste estudo, a análise de variância apresentou resposta significativa, em nível de 5% de probabilidade, do diâmetro médio de bulbo (DMB) para o fator lâmina de água aplicada. Para o fator dose de adubo orgânico bem como para a interação entre os fatores não foram encontradas diferenças significativas (Tabela C, Anexo B).

Silva et al. (1991) e Costa et al. (2000) relatam que a preferência do consumidor nacional é pelos bulbos com diâmetro transversal de 40 a 80 mm. Ricci et al. (2014) enfatiza que as classes 2 (diâmetro entre 35 e 50 mm) e 3 (diâmetro entre 50 e 60 mm), são consideradas de boa aceitação comercial e conforme a portaria n° 529, de 18 de Agosto de 1995 do Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária (MAARA), bulbos com diâmetro inferior a 35 mm são considerados não comerciais.

Os valores médios de DMB apresentaram resposta significativa pela regressão linear, em nível de 5% de probabilidade (Tabela B, Anexo C), sendo 99,27% da variação ocorrida no DMB, em função das lâminas de água aplicadas, de acordo com o modelo de regressão

ajustado. Da menor para a maior lâmina aplicada, houve um acréscimo incremento de 5% no DMB.

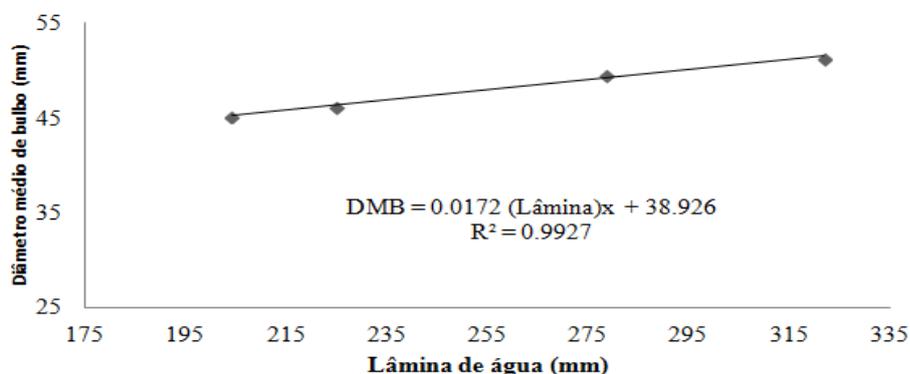


Figura 19. Análise de regressão linear na variável diâmetro médio de bulbo em função do fator lâmina de água aplicada a 5 % de probabilidade.

Os resultados de DMB estão de acordo com Kumar et al. (2007), que manejando a irrigação pela evaporação do tanque Classe A, em Punjab-Índia, encontraram resposta significativa nos diferentes níveis de irrigação. Ribeiro (2014), avaliando a produtividade de cebola em cultivo agroecológico sob diferentes lâminas de irrigação e cobertura morta do solo em Seropédica-RJ também verificou diferenças significativas no DMB. Ao avaliarem duas estratégias de manejo da irrigação, Enciso et al. (2009) não observaram diferenças no rendimento e qualidade para diferentes classes de diâmetro (pequeno, médio e muito grande) de bulbos de cebola.

Ribeiro (2014) encontrou resposta significativa para o diâmetro médio de bulbo de cebola em resposta as diferentes lâminas de irrigação aplicadas, sendo seu modelo de ajuste a regressão polinomial de 2ª ordem, a 1% de probabilidade, nas condições sem e com cobertura morta do solo. De acordo com o autor, o ajuste encontrado é justificado pela aplicação de uma lâmina acima de 100 % da ETc que possivelmente pode ter mantido o solo numa condição acima da capacidade de campo, provocando prejuízos à cultura pela falta de aeração no solo.

Na Figura 18 são apresentados os percentuais de bulbos em cada classe de diâmetro em função dos níveis de irrigação.

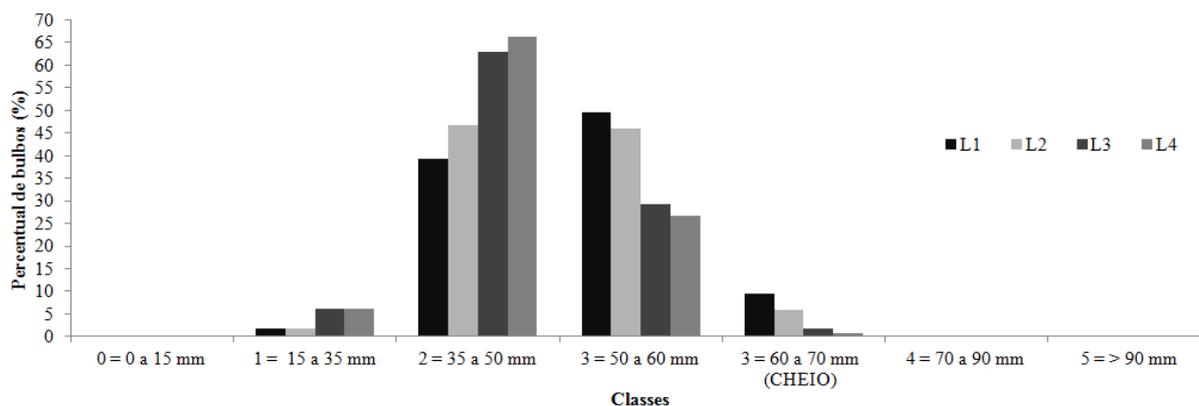


Figura 20. Distribuição do percentual de bulbos em classes de diâmetro em função das lâminas de irrigação aplicadas (L1, L2, L3 e L4).

Não foram encontrados bulbos enquadrados na classe 0 para nenhuma das lâminas aplicadas. Na classe 1, as lâminas L1 e L2 proporcionaram 1,67% de bulbos e as lâminas L3 e L4, 6,25%. Na classe 2 (bulbos com diâmetro de 35 a 50 mm), a L1 apresentou o menor percentual (39,6%), seguida da L2 (46,7%), L3 (62,9%) e L4 (66,3%). Com aplicação de maiores lâminas, houve maior ocorrência de bulbos enquadrados nas classes 3 e 3 cheio, para L1 (49,6% e 9,6%), L2 (45,8% e 5,8%), L3 (29,2 e 1,2%) e L4 (26,0 e 0,8%). Estes resultados demonstram que houve maior percentagem de bulbos enquadrados nas classes 2 e 3.

Resultados semelhantes foram obtidos por Paula et al. (2003), Santos et al. (2012) e Ricci et al. (2014) em estudo realizado na Baixada Fluminense, quando a maior proporção de bulbos colhidos sob cultivo orgânico foi enquadrada nas classes 2 e 3. Ribeiro (2014) observou maior percentual de bulbos enquadrados nas classes 3 e 3 cheio, para as lâminas de 320,5 mm e sem cobertura (SC) e 285,0 mm com cobertura (CC). Nos tratamentos de maior lâmina os maiores percentuais de bulbos foram obtidos nas classes 3 e 3 cheios e os menores percentuais na classe 4 nas lâminas de irrigação de 372,7 mm (SC) e 351,4 mm (CC) com bulbos distribuídos nas classes 3 (SC: 26,8 e CC: 31,8%), 3 cheio (SC: 15,9 e CC: 27,1%) e classe 4 (SC: 5,7 e CC: 9,5%).

Kumar et al. (2007) observam que o percentual de bulbos maiores (de maior valor comercial) diminui com a redução da lâmina de água aplicada. Os autores atribuem este padrão de resposta à variação da tensão da água no solo, uma vez que menores tensões de água no solo favorecem um melhor conforto hídrico das plantas. Kruse et al. (1987), Shock et al. (1998, 2000), Martin de Santa Olalla et al. (2004) e Enciso et al. (2009) também verificaram este padrão de resposta em seus trabalhos com irrigação no cultivo de cebola.

Na Figura 19 são apresentados os resultados de produtividade média comercial (PC) e total (PT) obtidos no presente estudo. As maiores produções comerciais (28,47 e 25,31 Mg ha⁻¹) foram obtidas, respectivamente, para L1 e L2. As menores PC foram verificadas em L3 (21,43 Mg ha⁻¹) e L4 (20,06 Mg ha⁻¹).

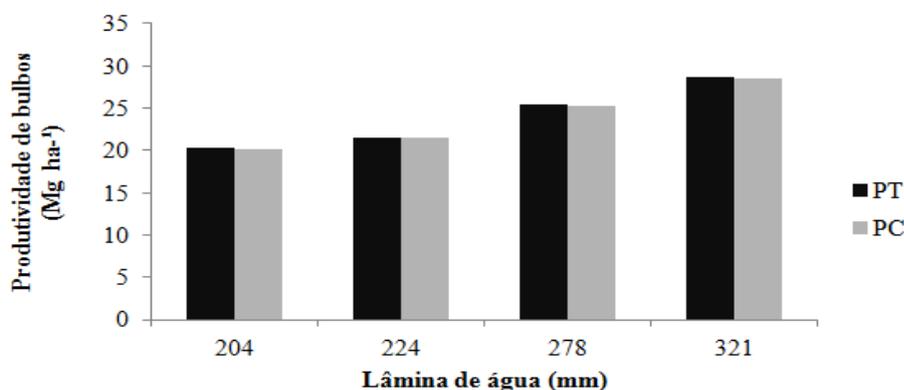


Figura 21. Produtividade total (PT) e comercial (PC) em função do fator lâmina de água aplicada no cultivo da cebola em sistema de cultivo agroecológico e preparo de solo mínimo.

Estudando o efeito da produtividade da cebola em cultivo mínimo, em sistema orgânico e convencional com aplicação biofertilizantes, Menezes Júnior et al. (2014) obtiveram produtividades comercial e total de respectivamente, 19,65 e 20,41 Mg ha⁻¹.

Cultivando cebola submetidas às diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio, com e sem adubação molibdica, Baptistine (2013) obteve produtividades comerciais de 45,6 Mg ha⁻¹ e 38,90 Mg ha⁻¹, respectivamente, com e sem adubação molibdica, adotando dose de nitrogênio de 229,8 kg ha⁻¹ e reposição de lâmina de água a 100 % da evapotranspiração da

cultura. O preparo do solo e manejo fitossanitário, no entanto, foram de sistemas convencionais de produção.

4.5.4 Massa média fresca de bulbos

Os valores de massa média fresca de bulbos (MMFB) foram de 83,30; 70,23; 61,60 e 61,12 g para as lâminas L1, L2, L3 e L4, respectivamente, com variação de -18,8% da maior para a menor lâmina. Pela análise de variância houve resposta significativa ($p < 0,05$) para o fator lâmina de água aplicada na MMFB (Tabela D, Anexo B). Esse resultado corrobora com os encontrados por Ribeiro (2014). Para o fator adubo orgânico e para interação entre fatores o resultado não foi significativo.

Pela Figura 20, observa-se que 94,19 % das variações ocorridas na MMFB em função das diferentes lâminas de água aplicadas são explicadas pelo modelo de regressão linear. Ribeiro (2014) obteve regressão polinomial de segunda ordem para MMFB nas condições de manejo com cobertura morta e sem cobertura morta nas diferentes lâminas estudadas.

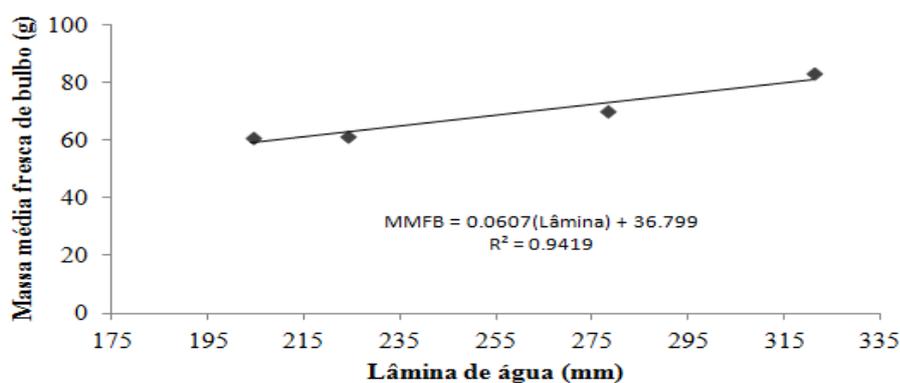


Figura 22. Análise de regressão linear da variável massa média fresca de bulbos de cebola em função do fator lâmina de água aplicada.

Estudando o efeito de cinco tensões da água no solo (15, 25, 35, 45, 60 e 75 kPa) no desenvolvimento e produção de duas cultivares de cebola irrigadas por gotejamento, Vilas Boas et al. (2012) obtiveram resposta linear ($p < 0,01$) para MMFB comercial. Kumar et al. (2007) avaliaram os efeitos de quatro níveis de irrigação em cebola, correspondentes à evaporação do tanque classe A (0,6; 0,8; 1,0 e 1,2 EV) no clima semiárido de Punjab na Índia. Em dois anos consecutivos, os autores observaram que a MMFB comercial foi influenciada positivamente pelas lâminas de irrigação aplicadas e encontraram valores máximos de 51,05 e 52,12 g respectivamente, em 2004 e 2005, ambos para a lâmina de irrigação associada a 1,2 EV.

O valor de média geral para MMFB obtido foi de 69,1 g, abaixo dos encontrados por Ribeiro (2014) que utilizando a mesma cultivar (Alfa Tropical) e obteve média geral de 82,7 g. Araujo et al. (2004) encontraram variação de 100 a 136 g para MMFB. Ricci et al. (2014) obtiveram MMFB máxima de 90,3 g cultivando dez cultivares de cebola em sistema orgânico. Silva et al. (1991) e Costa et al. (2000) enfatizam que a preferência do consumidor nacional é por bulbos de 80 a 100 g.

Por se tratar de um sistema com cultivo mínimo submetido ao manejo orgânico, os resultados encontrados, mesmo que abaixo dos recomendados, são aceitáveis e demonstram um bom desempenho produtivo da cebola nas condições edafoclimáticas da região. Por ter sido empregado o manejo orgânico de produção, este resultado mostra ser satisfatório, uma

vez que o cultivo se torna mais complexo e com maiores riscos de redução de produtividade por pragas e doenças quando comparado ao sistema convencional de cultivo (Ribeiro, 2014).

4.5.4 Produtividade e teor de massa seca de bulbos

O conteúdo de massa seca é uma característica importante da qualidade do produto, principalmente para a indústria de processamento. Quanto maior o teor de matéria seca, menor a quantidade de energia exigida para o processo de desidratação (SOARES et al., 2004). Na Figura 21 são apresentados os valores de teor de massa seca de bulbos (TMSB), sendo de 7,9 % para a maior lâmina aplicada (L1) e de 8,6 % para menor lâmina (L4). Essa pequena diferença encontrada entre a maior e menor lâmina proporcionou, pela análise de variância, efeito não significativo ($p < 0,05$) para os dois fatores avaliados (Tabela E, Anexo B), corroborando com o resultado encontrado por Ribeiro (2014).

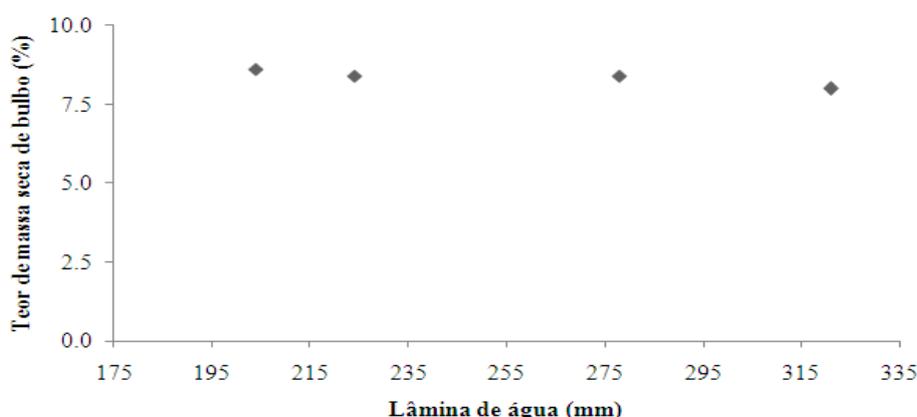


Figura 23. Valores médios de teor de massa seca de bulbo em função do fator lâmina de água aplicada na cultura da cebola.

Cultivando cebola sob oito lâminas de irrigação com déficit hídrico controlado, Martin de Santa Olalla et al. (2004) obtiveram TMSB variando de 9,6 a 12%. Avaliando a produtividade de cebola em cultivo orgânico, utilizando composto à base de dejetos de suínos, Vidigal et al. (2010) obtiveram TMSB variando de 9,9% (testemunha) a 10,8%, para a maior dose de composto (60 Mg ha^{-1}), além do efeito não significativo obtido pela análise de regressão.

A Figura 22 apresenta o resultado da análise de regressão para produtividade de massa seca de bulbo (PMSB), em função do fator lâmina de água aplicada, de acordo com análise de variância ($p < 0,05$) (Tabela D, Anexo A). O máximo valor para PMSB foi de $2,59 \text{ Mg ha}^{-1}$.

Este resultado está abaixo do encontrado por Baptistine (2013) que alcançou PMSB de $5,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ com aplicação de $162,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio e reposição de 150% da evapotranspiração da cultura (ETc) na presença de molibdênio. O autor obteve ainda 3,7 e $4,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ de PMSB aplicando $208,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio, respectivamente, com reposição de 100% da ETc e sem aplicação de molibdenio, e reposição de água de 150% da ETc sem aplicação de molibdenio.

Martin de Santa Olalla et al. (2004) não observaram diferenças significativas ($p < 0,05$) no rendimento de matéria seca dos bulbos com lâminas variando de 585,4 a 754,3 mm, em clima semi-árido de Albacete-Espanha. A PMSB variou de 6,46 a $8,18 \text{ Mg ha}^{-1}$ e correspondeu, respectivamente, a TMSB de 9,6 a 12%. Portanto, o aumento nas quantidades de água aplicadas na cultura da cebola promove acréscimo na PMSB como se observa nesses estudos e no presente trabalho.

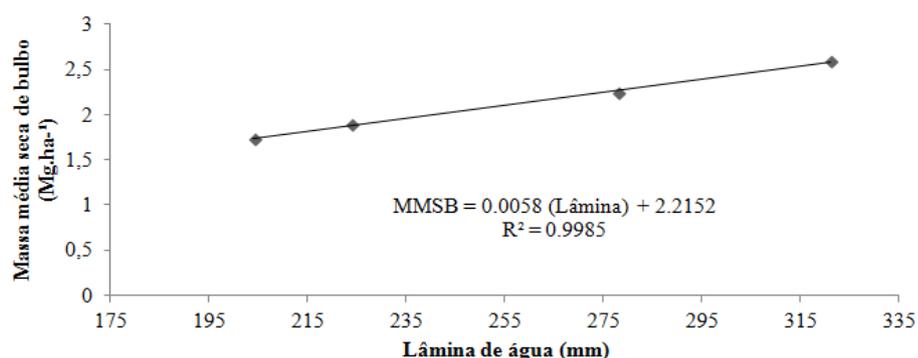


Figura 24. Análise de regressão linear da variável produtividade de massa seca de bulbos de cebola em função do fator lâmina de água aplicada.

4.5.5 Determinação do °Brix

Chitarra & Chitarra (2005) destacam que os sólidos solúveis são as substâncias dissolvidas em determinado solvente que, no caso dos alimentos, é a água; estas 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.

Nesse estudo a média geral do teor de sólidos solúveis totais (TSST) foi de 15,7 °Brix, estando acima das encontradas por Ribeiro (2014) (11,5 °Brix) avaliando a mesma cultivar (Alfa tropical) em sistema agroecológico de produção. Araújo et al. (2004) alcançaram 10,7; 11,7 e 11,7 °Brix, respectivamente, para as cultivares de cebola Alfa São Francisco, IPA 11 e IPA 10, em sistema orgânico de produção. Os valores constatados por Vilas Boas et al. (2011) foram de 10,7 e 10,9 °Brix, respectivamente, para as cultivares de cebola Optima F1 e Alfa tropical.

O TSST em bulbos de cebola pode variar de 5 a 20% (Carvalho, 1980). Moretti & Durigan (2002) e Lima et al. (2011) enfatizam que a pungência é conferida pelo ácido pirúvico e é maior quanto maior for o teor de sólidos solúveis totais. Entretanto, quanto mais pungente mais limitante é o seu consumo fresco. Vilas Boas et al. (2011) relatam que a análise dos sólidos solúveis é um importante parâmetro para a agroindústria, tendo em vista sua associação com a pungência (combinação entre sabor e odor).

A Figura 23 destaca os valores de TSST em função das lâminas de água aplicadas e doses de adubo orgânico. Pela análise de variância TSST apresentou probabilidade de 23,3% para o fator lâmina de irrigação e de 70,1% para o fator dose de torta de mamona, não sendo, portanto, encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) para os dois fatores avaliados (Tabela G, Anexo A). Os resultados encontrados a respeito de °Brix em função de lâminas de água aplicadas são variados.

Ribeiro (2014) que ao estudar a influência de diferentes lâminas de irrigação com e sem cobertura morta em Seropédica-RJ não encontrou diferenças significativas. Baptestine (2013), que trabalhando com cebola em Viçosa-MG e aplicando doses de nitrogênio e lâminas de água com e sem a aplicação de molibdênio, também não observaram diferenças significativas para as duas metodologias em relação ao °Brix. No entanto, Vilas Boas et al. (2011) estudando os efeitos de cinco tensões da água no solo (15, 25, 35, 45, 60 e 75 kPa) nas variáveis de produção de duas cultivares de cebola irrigadas pelo sistema de gotejamento em Lavras-MG, obtiveram diferenças significativas ($p < 0,01$) para os TSST. Enciso et al. (2009), cultivando cebola nas safras 2005/2006 e 2006/2007 em clima semi-árido no Texas-USA e avaliando os efeitos de seis lâminas de irrigação no rendimento e TSST de bulbos, obtiveram

resultado não significativo ($p < 0,05$) para a safra 2005/2006. Os valores médios nos dois ciclos variaram, respectivamente, de 7,6 a 9,2 e de 7,1 a 7,8 °BRIX.

Kumar et al. (2007) verificaram respostas significativas em 2004 e não significativas em 2005, para TSST, ao cultivarem cebola em diferentes níveis de irrigação na Índia. Chopade et al (1998) e Orta & Ener (2001) também observaram diferenças significativas para a variável TSST. Os autores atribuem às variações ocorridas no TSST em função da irrigação podendo ser causadas provavelmente, pela demanda de água da cultura e pela maior eficiência de uso dos nutrientes com disponibilidade ótima de umidade no solo.

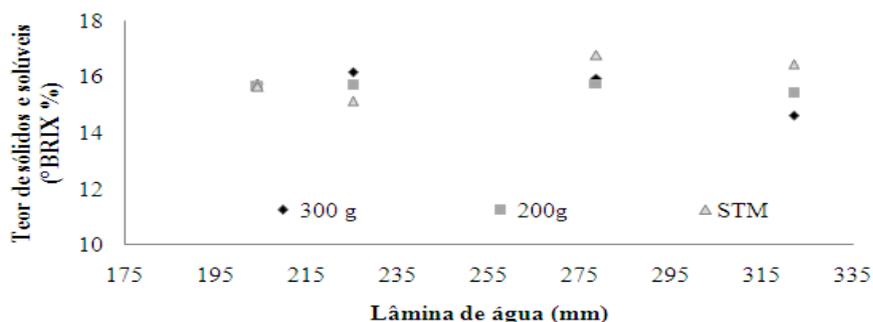


Figura 25. Valores médios da variável TSST em função dos fatores doses de adubo orgânico (300 g, 200 g e sem Torta de mamona (STM)) e lâmina de água aplicada durante 104 dias de cultivo.

4.5.6 Eficiência de uso da água

O resultado obtido pela análise de variância na variável eficiência do uso de água (EUA) em função do fator lâmina de água aplicada não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) (Tabela H, Anexo B).

O resultado da análise de variância não está de acordo com os observados por Ribeiro (2014), que cultivando agroecologicamente a mesma cultivar em Seropédica-RJ sob diferentes lâminas de irrigação e cobertura morta verificou resposta significativa para as diferentes lâminas de irrigação e cobertura. O autor também cultivando a cebola sem cobertura morta observou pela análise de regressão que 86,29 % das variações ocorridas foram explicadas pelo modelo de segunda ordem e constatou que o acréscimo de 1mm reduz a EUA em $0,24 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Por outro lado, Vilas Boas et al. (2011) avaliando a cultura da cebola submetida a diferentes tensões de água no solo observou resposta linear para análise de regressão. Sakar et al. (2008) avaliando diferentes índices de irrigação para caracterizar o uso de água padrão para microaspersão em cultivo de cebola em duas regiões e em dois anos na Índia, observaram EUA de $47,7$ a $72,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ com lâminas de irrigação de 212,6 a 114,9 mm respectivamente.

Kumar et al. (2007) avaliando a resposta da cultura em diferentes níveis de água na região de Punjab, Índia em dois anos de cultivo observou que a EUA foi maior no tratamento T2 nos dois anos de cultivo com EUA de 90,56 e 101,99 % com lâminas de irrigação de 342,87 e 315,11 mm nos anos de 2004 e 2005 respectivamente, e a EUA mínima de 82,18 e 94,01 % para as lâminas de 275,32 e 257,15 mm no tratamento T1 respectivamente em 2004 e 2005. Os resultados encontrados por Kumar et al. (2007) mostram que dependendo das condições climáticas da região e do manejo empregado, os menores níveis de água aplicados podem originar as maiores EUA.

Os resultados de Vilas Boas et al. (2011) indicam haver um aumento da EUA com o decréscimo das tensões de água no solo. Estes autores observaram valor máximo de EUA

(105,19 kg ha⁻¹ mm⁻¹) na tensão de água no solo em 75 kPa com lâmina de 261,2 mm e valor mínimo de EAU (88,9 kg ha⁻¹ mm⁻¹) com a tensão em 15 kPa e lâmina de 609,4 mm.

Alguns trabalhos publicados com a cultura da cebola e outras hortaliças e olerícolas têm demonstrado que a EUA aumenta com o decréscimo da lâmina de água aplicada e/ou com o acréscimo das tensões de água no solo (Marouelli et al., 2003; Oliveira Neto, 2009; Sá et al., 2005; Silva, 2011). No entanto, Oliveira Neto (2009) ressalta que além da otimização do uso dos recursos hídricos e naturais também deve ser levado em consideração outros fatores como a quantidade e qualidade da produção das culturas e 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.

5. CONCLUSÃO

As lâminas de água aplicadas pelo “Accionador automático de irrigação” influenciaram as variáveis de produção da cebola na produtividade total de bulbos (PTB), massa média fresca de bulbos (MMFB), produtividade de massa seca de bulbos (PMSB) e diâmetro médio de bulbos (DMB).

Os desempenhos da cultura da cebola, assim como a dinâmica de crescimento da cultura foram favorecidos pela aplicação de maiores lâminas de água.

A aplicação das lâminas de água manejadas automaticamente pelo “Accionador automático de irrigação”, não acarretou em diferenças na eficiência de uso da água (EUA) na cultura da cebola em sistema orgânico de produção.

O uso do “Accionador automático de irrigação” associado ao sistema de irrigação por gotejamento foi capaz de satisfazer as necessidades hídricas da cultura da cebola em sistema orgânico de produção nas condições edafoclimáticas da Baixada Fluminense.

O fator adubação orgânica aplicado em cobertura não influenciou no desempenho das variáveis de produção e na dinâmica de crescimento da cebola, nas condições edafoclimáticas estudadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Agricultura irrigada: estudos técnicos preliminares. Brasília, DF. 107p, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. Brasília, 2013.

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2012. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe. Edição especial. Brasília: ANA, 215p, 2012.

ALENCAR, C.A.B; CUNHA, F.F.; RAMOS, M.M.; SOARES, A.A.; PIZZILOLO, T.A.; OLIVEIRA, R.A. Análise da automação em um sistema de irrigação convencional fixo por miniaspersão. Engenharia na Agricultura, v.15, n.2, p. 109-118, 2007.

ARAÚJO, J. F.; COSTA, N. D.; LIMA, M. A. C. DE; PEDREIRA, C. M.; SANTOS, C. DOS; LEITE, W. M. Avaliação de genótipos de cebola em cultivo orgânico. Horticultura Brasileira, v.22, p.420-424, 2004.

ARAUJO, M. de T.; PEREIRA, L.S.; SILVA, H.R.; MASCARENHAS, M.H.T. Cultivo da cebola. Brasília: EPAMIG / EMBRAPA / CODEVASF. Folder, 1997.

BAPTESTINI, J.C.M. Produção de cebola submetida a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio com adubação de molibdênio. 2013. 89p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Instituto de Tecnologia, Departamentos de Engenharia, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG.

BATISTA, S.C.O. Estudo técnico e econômico de um dispositivo visando à automação de sistemas de irrigação a partir do monitoramento do conteúdo de água no solo. 2012. 44p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamentos de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica-RJ.

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 (Print) , v. 11, p. 485-489, 2013.

BELFORT, G.; NAKADA, P.G.; SILVA, D.J.H.; DANTAS, G.G.; SANTOS, R.R.H. Desempenho de cultivares de cebola nos sistemas orgânico e convencional em Minas Gerais. Horticultura Brasileira 24: 206-209, 2006.

BENINCASA, M.M.P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 41p. 2003.

BOITEUX, L.S.; MELO, P.C.T. Taxonomia e origem. In: EMBRAPA HORTALIÇAS. Sistema de produção de cebola (*Allium cepa* L.). Brasília: Embrapa-CNPq. Sistemas de Produção, 5, ISSN 1678 - Versão Eletrônica, 2004. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/cebola/index.htm>>. Acesso em: 07 out. 2006.

BOUTRAA, T.; AKHKHA, A.; ALSHUAIBI, A.; ATTA, R. Evaluation of the effectiveness of an automated irrigation system using wheat crops. *Agriculture and Biology Journal of North America*, p.80-88, 2011.

BRASIL. Ministério do meio ambiente. **Semana dos alimentos orgânicos acontece em todo país**. Brasília, 26 de maio de 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2015/05/semana-dos-alimentos-organicos-acontece-em-todo-pais>>. Acesso em: 08 fev. 2016.

BREWSTER, J. L. *Onions and other vegetable Alliums*. Wallingford: UK.CAB International. 236p, 1994.

BREWSTER, J.L. The influence of cultural and environmental factors on the time of maturity of bulb onion crops. *Acta Horticulturae* 267, 289–296, 1990.

CALBO, A.G.; SILVA, W.L.C. Irrigas: novo sistema para o controle da irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11, 2001, Fortaleza. Anais. Fortaleza: ABID, p.177-182, 2001.

CALZADILLA, A.; REHDANZ, K.; TOL, R.S.J. The economic impact of more sustainable water use in agriculture: A computable general equilibrium analysis. *Journal of Hydrology*, n.384, p.292-305, 2010.

CAMARGO, A.P.; GROHMANN, F.; CAMARGO M.B.B. Tensiômetro simples de leitura direta. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v.17, n.12, p.1963-1972, 1982.

CAMARGO, A.P.; SARETTA, E.; PINTO, M.F.; ALMEIDA, A.C.S.; BORTREL, T.A. Sistema microprocessado para aquisição e armazenamento de dados. X Congresso Latino americano y del Caribe de Ingeniería Agrícola e XLI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Londrina-PR, Brasil, 1-8p, 2012.

CAMPBELL, G.S.; MULLA, D.J. Measurement of soil water content potential. In: STWART, B.A.; NILSEN, D.R., Ed. *Irrigation of agricultural crops*. Madison: ASA, p. 127-141, 1990. (Agronomy Monography, 30).

CAMPOS, R.H.; PRADO, O.T.; VENTURINI, W.R. Sistema de aplicação de torta de mamona e fertilizantes minerais na adubação da cebola. *Bragantia* 22: 259-265, 1963.

CARDENAS LAILHACAR, B. Sensor-based automation of irrigation of Bermuda grass. University of Florida, Gainesville, 224p, 2006. (M.S. Thesis).

CARRIJO, O.A.; MAROUELLI, W.A.; OLIVEIRA, C.A.S.; SILVA, W.L.C. Produção de cebola sob diferentes regimes de umidade no solo. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 8, n. 1, p. 38, 1990.

CARVALHO, D.F. Planejamento e manejo da água na agricultura irrigado/ Daniel da Fonseca de Carvalho, Luiz Fernando Coutinho de Oliveira. Viçosa-MG, Ed. UFV 240p, 2012.

CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.D.; 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 Agrometeorologia, v.14, p.97-105, 2006.

CARVALHO, V. D. Características nutricionais, industriais e terapêuticas da cebola. Informe Agropecuário, v.6, p.71-78, 1980.

CASTRO, C.M.; ALMEIDA, D.L.; RIBEIRO, R.L.D.; CARVALHO, J.F. Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. Pesquisa Agropecuária Brasileira 40: p. 495- 502, 2005.

CECÍLIO FILHO, A.B.; MAY, A.; PÔRTO, D.R.Q.; BARBOSA, J.C. Crescimento da cebola em função de doses de nitrogênio, potássio e da população de plantas em semeadura direta. Horticultura Brasileira 27: 49-54, 2009.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2.ed. revisada e ampliada. Lavras: UFLA, 785p, 2005.

CHOPADE , S.O.; BANSODE, P.N.; HIWASE, S.S. Studies on fertilizer and water management to onion. PKV Res. J. 22, 44–47, 1998.

CHOPART, J.L.; MÉZINO, M.; AURE, F.; MÉZO, L.L.E.; MÉTÉ, M.; VAUCLIN, CLARK, G.A.; STANLEY, C.D.; MAYNARD, D.N. Tensiometer control vs. tomato crop coefficients or irrigation scheduling. St. Joseph, MI: ASAE. ASAE Meeting Paper, p.94-2118, 1984.

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.

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

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

COSTA, N.D; LEITE, D.L; SANTOS, C.A.F.; FARIA; CANDEIA, J.A; VIDIGAL, S.M. Cultivares de cebola. Informe Agropecuário 23: 20-27, 2002b.

DOGLIOTTI, S.; COLNAGO, P.; GALVÁN, G.; ALDABE, L. Bases Fisiológicas Del crecimiento y desarrollo de los principales cultivos hortícolas: Tomate (*Lycopersi cumsculentum*), Papa (*Solanun tuberosum*) y Cebolla (*Allium cepa* L.). Universidad de la República Del Uruguay. Curso de Fisiología de los Cultivos: Módulo Horticultura, Facultad de Agronomía–Universidad de La República, 2011.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. Guidelines for predicting crop water requirements. Roma: FAO. 144p, 1977. (Irrigation and Drainage Paper, 24).

DUKES, M.D. & SCHOLBERG, J.M. Soil moisture controlled subsurface drip irrigation on sandy soils. *Applied Engineering in Agriculture*, v. 21, n.1, p.89-101, 2005.

EL BALLA, M. M. A.; HAMID, A.A.; ABDELMAGEED, A.H.A. Effects of time of water stress on flowering, seed yield and seed quality of common onion (*Allium cepa* L.) under the arid tropical conditions of Sudan. *Agricultural Water Management*, v. 121, p. 149–157, 2013.

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

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

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA-EPAGRI. 2013. Sistemas de produção para cebola: Santa Catarina (4ª revisão). Florianópolis: Epagri. 106p. (Sistemas de Produção, 46).

FAO. FAOSTAT, 2014. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>. Acessado em Junho 2016.

FAO. FAOSTAT. Static Division , (2015). 2013 data [online]. Production/Crops. Retrieved May 1, 2015 from: Disponível em: http://faostat3.fao.org/browse/Q/*E. Acessado em Junho 2016

FILGUEIRA F.A.R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção de hortaliças / Fernando Antônio Reis Filgueira. -3 ed. rev. E ampl.Viçosa, MG: Ed. UFV, 255-258p., 421p, 2007.

FINGER, F. L.; CASALI, V. W. D. Colheita, cura e armazenamento de cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 218, p. 93-98, 2002.

FOLEGATTI, M.V.; SILVA T.J.A.; CASARINE, O. O manejo da irrigação como elemento essencial na utilização racional dos recursos hídricos. In: THAME, L.C.M. (Ed). A cobrança pelo uso da água na agricultura. Embu, SP: IQUAL Editora, p.213-219, 2004.

FRAITURE, C.; WICHELNS, D.; ROCKSTROM, J.; KEMP-BENEDICT, E. Looking ahead to 2050: scenarios of alternative investment approaches. In: Molden, D. (Ed.), *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. International Water Management Institute, London, Earthscan and Colombo, Chapter 3, 2007.

FRIZZONE, J.A.; FREITAS, P.S.L.; REZENDE, R.; FARIA, M.A. Microirrigação: gotejamento e microaspersão / José Antonio Frizzone et al. Maringá-PR: Eduem, 356p. 2012 : graf., tabs. (algumas color.).

GABRIEL FILHO, A.; PESSOA, A. C.S.; STROHHAECKER, L.; HELMICH J.J. Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilha e aveia preta. *Ciência Rural*, Santa Maria- RS, v.30, n.6, p.953-957, 2000.

GARDNER, C.M.K.; ROBINSON, D.; BLYTH, K.; COOPER J.D. Soil water content. In: SMITH, K.A.; MULLINS, C. eds. Soil and environmental analysis: physical methods. 2nd edn. New York, NY: Marcel Dekker, 1–64, 2001.

GOMES, D.P.; CARVALHO, D. F.;ALMEIDA, W.S.; MEDICI, L.O; GERRA J.G.M. Organic carrot-lettuce intercropping using mulch and different irrigation levels International Journal of Food, Agriculture and Environment, Vol.12 (1): 323-328, 2014.

GOMES, D.P.; CARVALHO, D. F.;ALMEIDA, W.S.; MEDICI, L.O; GERRA J.G.M. GONÇALVES P.A.S.; WAMSER, G.H. Produção orgânica com agricultores familiares. Revista Brasileira de Agroecologia 2: 63-68, 2007.

GONÇALVES, F.V. Manejo da irrigação com Irrigás®, tanque classe A e um sistema automático de baixo custo no cultivo orgânico de alface. Seropédica-RJ: UFRRJ 50f, 2013. (Dissertação de mestrado).

GONÇALVES, P.A.S.; BOFF, P.; ROWE, E. Referenciais tecnológicos para a produção de cebola em sistemas orgânicos. Florianópolis, 21p. 2008. (Boletim Técnico, 142).

GONÇALVES, P.A.S.; SILVA, C.R.S. Impacto da adubação orgânica sobre a incidência de tripés em cebola. Horticultura Brasileira 21: 459-463, 2003.

GONÇALVES, P.A.S.; SILVA, C.R.S.; BOFF. P. Incidência do míldio em cebola sob adubação mineral e orgânica. Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 22, n. 3, p. 538-542, jul-set. 2004.

GUPTA, S.C.; LARSON, W.E. Modeling soil mechanical behavior during tillage. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY. Predicting tillage effects on soil physical properties and processes. Madison : Soil Science Society of America, p.151-178, 1982.

HALL, D.J.M.; MEKENZIE, D.C.; MACLEOD, D.A. Amelioration of a Hardsetting Alfisol through deep mould board ploughing, gypsum application and Double cropping. I. Soil physical and chemical properties. Soil & Tillage Research., Amsterdam, v.28, p.253-270, 1994.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2014. Confronto das safras (Rendimento médio) de 2014 e 2015 Brasil-Fevereiro de 2012.

http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspalspa_201502_6shtm. Acesso em 16/03/2015.

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.

JONES, H.G. Monitoring plant and soil water status: established and novel methods revisited and their relevance to studies of drought tolerance. Journal of Experimental Botany, Vol. 58, No. 2, pp. 119–130, 2007.

KAYOMBO, B.; LAL, R. Tillage systems and soil compaction in Africa. Soil & Tillage Research, Amsterdam, v.27, p.35-72, 1993.

KELLER, J.; BLIENER, R.D. Sprinke and trickle irrigation. New York: Chapman & Hall, 1990.

KIRKHAM, M.B. Principles of soil and plant water relations. Burlington, MA: Elsevier Academic Press, 2004.

KLAUS, R. Solo Planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações/ Klaus Reichardt; Luis Carlos Timm. 1 ed. Brasileira – Barueri, SP: Manole. p.87-89, 1940-2004.

KOCHHANN, R.A.; SELLES, F. O solo no sistema de manejo conservacionista. In: FERNANDES, J.M.; FERNANDEZ, M.R.; KOCHHANN, R.A. et al. Manual de manejo conservacionista do solo para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Passo Fundo: EMBRAPA CNPT/CIDA. p. 9-20, 1991. (Documentos, 1).

KOPSELL, D.E.; RANDLE, W.M. Onion cultivars differ in pungency and quality changes during storage. Hort Science 32: 1260-1263, 1997.

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.

KURTZ, C.; ERNANI, P.R. Produtividade de cebola influenciada pela aplicação de micronutrientes. Revista Brasileira de Ciências de Solo 34: 133-142, 2010.

LANÇAS, K.P. Subsolador: desempenho em função de formas geométricas de hastes, tipos de ponteiros e número de hastes. Botucatu, universidade estadual paulista-UNESP, 171p, 1998.

LIMA, C.B.A.; OLIVEIRA, G.M.; SANTOS, I.M.S.; BISPO, R.C.; SANTOS, C.A.F. Produtividade da cebola dentro e fora de evapotranspirômetros. Horticultura Brasileira. v. 29, n. 2. Jul. 2011.

MACEDO, A.B.M.; MIRANDA, F.R.; FILHO, R.R.G.; TEXEIRA, A.S.; CAVALCANTE, J.A.H.; ARAUJO, H.F. Desempenho de um sistema de irrigação automatizado através da tensão de água no solo. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v.4, n.2, p.78–81, 2010.

MAROUELLI, W.A.; CALBO, A.G.; CARRIJO, O.A. Viabilidade do uso de sensores do tipo Irrigas® para o manejo da irrigação de hortaliças cultivadas em substratos. Horticultura Brasileira, v.21, n.2, p. 286, 2003.

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

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

MAY, A.; CECÍLIO FILHO, A.B.; PORTO, D.R.Q.; VARGAS, P.F.; BARBOSA, J.C. Produtividade de híbridos de cebola em função da população de plantas e da fertilização nitrogenada e potássica. *Horticultura Brasileira* 25: 53-59, 2007.

MEDICI, L.O. Acionador automático de sistemas de irrigação. *Revista da Propriedade Industrial*, Rio de Janeiro, n.1399, s.p. 1997.

MEDICI, L.O.; ROCHA, H.S.; CARVALHO, D.F.; PIMENTEL, C.; AZEVEDO, R.A.A. 2010. Automatic controller to water plants. *Scientia Agricola*, v.67, n.6, p.727-730, 2010.

MENEZES, JÚNIOR F.O.G.; GONÇALVES, P.A.S; VIEIRA NETO, J. Produtividade da cebola em cultivo mínimo no sistema convencional e orgânico com biofertilizantes. *Horticultura Brasileira* 32: 475-481, 2014.

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

MUÑOZ-CARPENA, R. & DUKES, M.D. Automatic irrigation based on soil moisture for vegetable crops. Rep. ABE356, Institute of Food and Agricultural Sciences, Univ. of Florida, Gainesville, 2005.

NOGUEIRA, L.C.; DUKES, M.D.; HAMAN, D.Z.; SCHOLBERG, J.M.; CORNEJO, C. Data acquisition and irrigation controller based on CR10X datalogger and TDR sensor. *Proceedings Soil and Crop Science Society of Florida*, n.62, p.38-46, 2002.

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, V.R.; MAROUELLI, W.A.; MADEIRA, N.R. Cebola. In: *Agrometeorologia dos Cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola*, 2009.

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 04/05/2012.

ORTA, A.H.; ENER, M. Irrigation scheduling of onion in Turkey. *J. Biol. Sci.* 1 (8), 735–736, 2001.

OSIRI. A simple decision-making tool for monitoring irrigation of small farms in heterogeneous environments. *Agricultural Water Management*, n.87, p.128-138, 2007.

PARIZI, A.R.C. Efeito de diferentes estratégias de irrigação sob as culturas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.) na região de Santiago, RS. 2007. 125p. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS.

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* 27, 2009.

PAULA, P.D.; RIBEIRO, R.L.D.; GUEDES, R.E.; COELHO, R.G.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. Época de plantio e desempenho de cultivares de cebola sob manejo orgânico no Estado do Rio de Janeiro. *Seropédica: Embrapa Agrobiologia*. 4p. 2003. (Comunicado Técnico, 60).

PAULINO, J.; FOLEGATTI, M.V.; ZOLIN, A.C.; SÁNCHEZ-ROMAN, R.M.; JOSÉ, J.V. Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o censo agropecuário 2006. *Irriga, Botucatu*, v. 16, n. 2, p. 163-176, abril-junho, 2011.

PAZ, V.P.S; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande: v. 4, n.3, p. 465-473, 2000.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais / Ana Primavesi – São Paulo: Nobel. 543f, 351-456p, 2002.

QUEIROZ, T.M. 2007. Desenvolvimento de um sistema automático para irrigação de precisão em pivô central. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2007. 141p. (Tese doutorado).

QUEIROZ, T.M.; BOTREL, T.A.; FRIZZONE, J.A. Desenvolvimento de Software e Hardware para irrigação de precisão usando pivô central. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.28, n.1, p.44-54, jan./mar. 2008.

RESENDE G.M.; COSTA ND. Épocas de plantio e doses de nitrogênio e potássio na produtividade e armazenamento da cebola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 43: 221- 226, 2008.

RESENDE, G.M.; COSTA, N.D.; SOUZA, R.J. 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 15/05/2012.

RIBEIRO, E.C. Produtividade de cebola (*Allium cepa L.*) em cultivo agroecológico sob lâminas de irrigação e cobertura morta do solo. *Seropédica-RJ: UFRRJ*. 2014. 65p, (Dissertação de mestrado).

RICCI, M.S.F.; ALMEIDA, F.F.D.; GUERRA, J.G.; COCHETO JUNIOR, D.G.; RIBEIRO, R.L.D. Cultivo orgânico de cultivares de cebola nas condições da Baixada Fluminense. *Horticultura Brasileira* 32: 120-124, 2014.

RODRIGUES, E.T.; CASALI, V.W.D. Respostas da alface à adubação orgânica. 2 teores, conteúdos e utilização de macronutriente sem cultivares. *Revista Ceres* 45: 437-449, 1998.

RYDBERG, T. Effects of ploughless tillage and straw incorporation on evaporation. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v.17, p.303-314, 1990.

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.

SANTOS, A.D. Efeitos dos manejos orgânico e convencional sobre a biomassa e óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon gozencatus* (DC) Stapf). Campos dos Goytacazes-RJ, 2006. 71p. (Tese Doutorado-Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF).

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* 30: 549-552, 2012.

SARKAR, S.; GOSWAMI, S.B.; MALLICK, S.; NANDA, M.K. Different indices to characterize water use pattern of micro-sprinkler irrigated onion (*Allium cepa* L.). *Agricultural Water Management*, v.95, p. 625–632, 2008.

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*, 5, 2004. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/500/50050105.pdf> Acesso em: 24 de agosto de 2010.

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

SILVA, E.M.N.C.P.; FERREIRA, R.L.F.; RIBEIRO, A.M.A.S.; NETO S.E.A.; KUSDRA, J.F. Desempenho agrônômico de alface orgânica influenciada pelo sombreamento, época de plantio e preparo do solo no Acre. *Pesquisa agropecuária brasileira*. Brasília, v.50, n.6, p.468-474, jun, 2015.

SILVEIRA, G.M. O preparo do solo: implementos corretos. Globo, Rio de Janeiro, p. 243, 1988.

SOARES, V.L.F.; FINGER, F.L.; MOSQUIM, P.R. Influência do genótipo e do estágio de maturação na colheita sobre matéria fresca, qualidade e cura dos bulbos de cebola. *Horticultura Brasileira*, v. 22, p. 18-22, 2004.

SOUZA, R.J.; RESENDE, G.M. Cultura da cebola. Lavras: UFLA. 115 p. Texto Acadêmico, n.2, 2002.

STANHILL, G. Water use efficiency. *Adv. Agron.* 39, 53–85, 1986.

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

TAVELLA, L.B.; GALVÃO, R.O.; FERREIRA, R.L.F.; ARAÚJO NETO, S.E.; NEGREIROS, J.R.S. Cultivo orgânico de coentro em plantio direto utilizando cobertura viva e morta adubado com composto. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v.41, n.4, p.614-618, 2010.

VARELLA, C.A.A. Efeitos dos sistemas de cultivo convencional, mínimo e direto no escoamento superficial nas perdas de solo. Seropédica-RJ / UFRRJ. 1999. 47f. (Dissertação de mestrado).

VAVILOV, N.I. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. *Chronica Botanica Wageningen*, v.13, p.1-364, 1949/50.

VIDIGAL, S. M.; MOREIRA, M. A.; PEREIRA, P. R. G. Crescimento e absorção de nutrientes pelas plantas de cebola cultivada no verão por semeadura direta e por transplântio de muda. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 59-70, Jan./Fev. 2010.

VIDIGAL, S.M.; SEDIYAMA, M.A.N.; PEDROSA, M.W.; SANTOS, M.R. 2010. Produtividade de cebola em cultivo orgânico utilizando composto à base de dejetos de suínos. *Horticultura Brasileira* 28: 168-173.

VIDIGAL, S.M.; PEREIRA P.R.G.; PACHECO, D.D. Nutrição mineral e adubação da cebola. *Informe Agropecuário* 286: 46, 2002.

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.

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, 2011.

VILELA, N.J; MAKISHIMA, N.; OLIVEIRA, V.R.; COSTA, N.D.; MADAIL, J.C.M.; CAMARGO FILHO, W.; BOEING, G.; MELO, P.C.T. Desafios e oportunidades para o agronegócio de cebola no Brasil. *Horticultura Brasileira* 23: 1029-1033, 2005.

WHITHERS; B.; VIPOND, S. Irrigação: projeto e prática. São Paulo: EPU. 339p. 1977.

WORDELL FILHO, J.A.; ROWE, E.; GONÇALVES P.A.S.; DEBARBA, J.F.; BOFF, P.; THOMAZELLI, L.F. Manejo fitossanitário na cultura da cebola. Florianópolis: Epagri. 226p. 2006.

7 ANEXOS

7.1 Anexo A

7.1.1 Análise de Variância da dinâmica de crescimento da cultura

Tabela A: Biomassa seca de planta (g por planta)

Fonte de Variação	G.L	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
Bloco	4	30.433199	7.608300	5.696	0.0002
Lâmina de irrigação	3	29.594835	9.864945	7.385	0.0001
Adubação orgânica	2	0.876508	0.438254	0.328	0.7206
DAT	4	843.788999	210.947250	157.920	0.0000
Lâmina x A. orgânico	6	15.763267	2.627211	1.967	0.0712
Lâmina x DAT	12	38.987801	3.248983	2.432	0.0054
A. orgânico x DAT	8	12.806346	1.600793	1.198	0.3006
Lâmina x A. org. x DAT	24	36.013481	1.500562	1.123	0.3188
Erro	236	315.245956	1.335788		
Total corrigido	299	1323.510392			
CV(%)	25.62				
Média geral	4.5117100				
Número de observações	300				

Tabela B: Desdobramento das lâminas de irrigação dentro de cada nível de DAT na variável biomassa seca de plantas.

Fonte de Variação	G.L	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
Lâmina x DAT	12	38.987801	3.248983	2.432	0.0054
Lâmina dentro da DAT 40	3	1.746258	0.582086	0.436	0.7270
Lâmina dentro da DAT 56	3	1.819365	0.606455	0.454	0.7141
Lâmina dentro da DAT 72	3	0.161827	0.053942	0.040	0.9893
Lâmina dentro da DAT 88	3	12.709207	4.236402	3.171	0.0248
Lâmina dentro da DAT 104	3	52.145980	17.381993	13.013	0.0000
Erro	236	315.245956	1.335788		

Tabela C: Biomassa seca de folha (g/planta)

Fonte de Variação	G.L	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
Bloco	4	2.984695	0.746174	1.540	0.1913
Lâmina de irrigação	3	5.147068	1.715689	3.541	0.0154
Adubação orgânica	2	1.651421	0.825710	1.704	0.1842
DAT	4	105.993802	26.498451	54.686	0.0000
Lâmina x A. orgânico	6	5.680182	0.946697	1.954	0.0731
Lâmina x DAT	12	3.814289	0.317857	0.656	0.7924
A. orgânico x DAT	8	2.400536	0.300067	0.619	0.7613
Lâmina x A. org. x DAT	24	11.193981	0.466416	0.963	0.5168
Erro	236	114.354385	0.484552		
Total corrigido	299	253.220359			
CV(%)	41.75				
Média geral	1.6672667				
Número de observações	300				

Tabela D: Biomassa seca de bulbo (g/planta)

Fonte de Variação	G.L	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
Bloco	4	17.146965	4.286741	5.681	0.0002
Lâmina de irrigação	3	15.736233	5.245411	6.951	0.0002
Adubação orgânica	2	1.001127	0.500563	0.663	0.5161
DAT	4	985.110099	246.277525	326.372	0.0000
Lâmina x A. orgânico	6	3.498562	0.583094	0.773	0.5920
Lâmina x DAT	12	34.912342	2.909362	3.856	0.0000
A. orgânico x DAT	8	8.437871	1.054734	1.398	0.1982
Lâmina x A. org. x DAT	24	26.228326	1.092847	1.448	0.0864
Erro	236	178.083478	0.754591		
Total corrigido	299	1270.155003			
CV(%)	31.74				
Média geral	2.7371100				
Número de observações	300				

Tabela E: Desdobramento das lâminas de irrigação dentro de cada nível de DAT na variável biomassa seca de bulbo.

Fonte de Variação	G.L	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
Lâmina x DAT	12				
Lâmina dentro da DAT 40	3	0.037793	0.012598	0.017	0.9971
Lâmina dentro da DAT 56	3	2.249733	0.749911	0.994	0.3951
Lâmina dentro da DAT 72	3	1.368218	0.456073	0.604	0.6118
Lâmina dentro da DAT 88	3	7.119000	2.373000	3.145	0.0256
Lâmina dentro da DAT 104	3	39.873830	13.291277	17.614	0.0000
Erro	236	178.083478	0.754591		

7.1 Anexo B

7.2.1 Análise de Variância das variáveis de produção

Tabela A: Produtividade total de bulbos (Mg ha⁻¹)

Fonte de Variação	G.L	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
Bloco	4	97.958978	24.489745	3.031	0.0672
Lâmina de irrigação	3	646.225614	215.408538	26.657	0.0000
Adubação orgânica	2	33.886983	16.943492	2.097	0.1350
Lâmina x A. orgânico	6	111.805027	18.634171	2.306	0.0506
Erro	44	355.555607	8.080809		
Total corrigido	59	1245.432209			
CV(%)	11.86				
Média geral	23.9700400				
Número de observações	60				

Tabela B: Desdobramento das lâminas de irrigação dentro de cada nível de Adubo orgânico na variável produtividade total de bulbos.

Fonte de Variação	G.L	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
Lâmina*A. orgânica	6	111.805027	18.634171	2.306	0,0706
Lâmina dentro da dose C	3	247.638388	82.546129	10.215	0.0000
Lâmina dentro da dose B	3	171.745364	57.248455	7.084	0.0005
Lâmina dentro da dose A	3	338.646889	112.882296	13.969	0.0000
Erro	44	355.555607	8.080809		
Total corrigido	59	1245.432209			
CV(%)	11.86				
Média geral	23.9700400				
Número de observações	60				

Tabela C: Diâmetro médio de bulbo (mm).

Fonte de Variação	G.L	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
Bloco	4	80.824015	20.206004	4.415	0.0644
Lâmina de irrigação	3	370.952714	123.650905	27.015	0.0000
Adubação orgânica	2	16.016780	8.008390	1.750	0.1857
Lâmina x A. orgânico	6	53.179873	8.863312	1.936	0.0960
Erro	44	201.395927	4.577180		
Total corrigido	59	722.369309			
CV(%)	4.45				
Média geral	48.0940400				
Número de observações	60				

Tabela D: Massa média fresca de bulbos (g)

Fonte de Variação	G.L	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
Bloco	4	670.653627	167.663407	0.800	0.5317
Lâmina de irrigação	3	4842.214493	1614.071498	7.702	0.0003
Adubação orgânica	2	1024.865053	512.432527	2.445	0.0984
Lâmina x A. orgânico	6	1108.481107	184.746851	0.882	0.5163
Erro	44	9220.415613	209.554900		
Total corrigido	59	16866,6298			
CV(%)	20,96				
Média geral	69,0646				
Número de observações	60				

Tabela E: Teor de massa seca de bulbo (%)

Fonte de Variação	G.L	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
Bloco	4	6.005645	1.501411	0.493	0.7410
Lâmina de irrigação	3	3.529200	1.176400	0.386	0.7635
Adubação orgânica	2	4.929976	2.464988	0.809	0.4518
Lâmina x A. orgânico	6	16.221685	2.703614	0.887	0.5123
Erro	44	134.066532	3.046967		
Total corrigido	59	164.753037			
CV(%)	21.08				
Média geral	8.2803550				
Número de observações	60				

Tabela F: Produtividade de massa seca de bulbos (g)

Fonte de Variação	G.L	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
Bloco	4	6.850658	1.712664	0.963	0.4375
Lâmina de irrigação	3	41.197007	13.732336	7.718	0.0003
Adubação orgânica	2	8.795755	4.397877	2.472	0.0961
Lâmina x A. orgânico	6	19.997061	3.332844	1.873	0.1070
Erro	44	78.283465	1.779170		
Total corrigido	59	155.123946			
CV(%)	25.27				
Média geral	5.2793833				
Número de observações	60				

Tabela G: Teor de sólidos e solúveis, BRIX° (%)

Fonte de Variação	G.L	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
Bloco	4	54.909333	13.727333	5.090	0.0819
Lâmina de irrigação	3	11.954000	3.984667	1.477	0.2337
Adubação orgânica	2	1.929333	0.964667	0.358	0.7013
Lâmina x A. orgânico	6	30.332000	5.055333	1.874	0.1068
Erro	44	118.674667	2.697152		
Total corrigido	59	217.799333			
CV(%)	10.44				
Média geral	15.7366667				
Número de observações	60				

Tabela H: Eficiência do uso de água (kg ha⁻¹ mm⁻¹)

Fonte de Variação	G.L	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
Bloco	4	1540.742273	385.185568	2.800	0.0872
Lâmina de irrigação	3	973.297491	324.432497	2.358	0.0845
Adubação orgânica	2	509.886124	254.943062	1.853	0.1687
Lâmina x A. orgânico	6	1450.761834	241.793639	1.758	0.1302
Erro	44	6052.686323	137.561053		
Total corrigido	59	10527.374045			
CV(%)	12,50				
Média geral	93.8470900				
Número de observações	60				

7.3 Anexo C

7.3.1 Análise de regressão das variáveis de produção

Tabela A: Produtividade total de bulbos (Mg ha⁻¹)

Fonte de Variação	G.L	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
Lâmina de irrigação	3	646.225614	215.408538	26.657	0.0000
Regressão linear	1	645.931477	645.931477	79.934	0.000
Regressão quadrática	1	0.174116	0.174116	0.022	0.884
Regressão cúbica	1	0.120021	0.120021	0.015	0.904
Desvio	0	-0.000000	0.000000	0.000	0.000
Erro	44	355.555607	8.080809		

Tabela B: Diâmetro médio de bulbo (mm)

Fonte de Variação	G.L	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
Lâmina de irrigação	3	370.952714	123.650905	27.015	0.0000
Regressão linear	1	368.104801	368.104801	80.422	0.0001
Regressão quadrática	1	1.573533	1.573533	0.344	0.561
Regressão cúbica	1	1.274380	1.274380	0.261	0.612
Desvio	0	-0.000000	0.000000	0.000	0.000
Erro	44	201.395927	4.5577180		

Tabela C: Massa média fresca de bulbo (g)

Fonte de Variação	G.L	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
Lâmina de irrigação	3	4842.214493	1614.071498	7.702	0.0003
Regressão linear	1	4563.827982	4563.827982	21.79	0.000
Regressão quadrática	1	277.329606	277.329606	1.323	0.256
Regressão cúbica	1	1.056905	1.056905	0.005	0.944
Desvio	0	-0.000000	0.000000	0.000	0.000
Erro	44	9220.415613	209.554900		

Tabela D: Produtividade de massa seca de bulbo (g)

Fonte de Variação	G.L	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
Lâmina de irrigação	3	41.197007	13.732336	7.718	0.0003
Regressão linear	1	41.134058	41.134058	23.120	0.000
Regressão quadrática	1	0.032231	0.032231	0.018	0.894
Regressão cúbica	1	0.030718	0.030718	0.017	0.896
Desvio	0	-0.000000	0.000000	0.000	0.000
Erro	44	78.283465	1.779170		