



RAFAEL FREES GATTO

**PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA CEBOLA
SOB DOSES DE NITROGÊNIO E LÂMINAS DE
IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO**

LAVRAS – MG

2013

RAFAEL FREES GATTO

**PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA CEBOLA SOB DOSES DE
NITROGÊNIO E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Geraldo Magela Pereira

LAVRAS – MG

2013

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Gatto, Rafael Frees.

Produtividade da cultura da cebola sob doses de nitrogênio e lâminas de irrigação por gotejamento / Rafael Frees Gatto. – Lavras : UFLA, 2013.

82 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Geraldo Magela Pereira.

Bibliografia.

1. *Allium cepa* L. 2. Irrigação localizada. 3. Tanque classe A. 4. Adubação nitrogenada. 5. Fertirrigação. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.587

RAFAEL FREES GATTO

**PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA CEBOLA SOB DOSES DE
NITROGÊNIO E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 27 de agosto de 2013.

Dra. Fátima Conceição Rezende UFLA

Dr. Rovilson José de Souza UFLA

Dra. Joelma Rezende Durão Pereira UNILAVRAS

Dr. Geraldo Magela Pereira

Orientador

**LAVRAS – MG
2013**

Aos meus pais, Adalberto e Denise, que sempre estiveram ao meu lado tornando a conclusão dessa etapa de minha vida possível, através de todo amor, ensinamentos, força e paciência. A minha irmã Leticia pela amizade e companheirismo.

Aos meus avôs e avós pelo carinho e amor que ajudaram tudo isto se tornar possível, em especial avó Helena sempre com conselhos importantíssimos para meu melhor.

Aos tios, tias, primos e primas pelo apoio e carinho. Em especial ao meu primo Orlando pelos conselhos e amizade, a minha madrinha Heloisa, tio Carlos e tia Luciana pelas palavras de apoio e presença nos momentos importantes.

Aos amigos de Unai, que apesar de toda a distância sempre estiveram ao meu lado. Em especial aos amigos desde o ensino fundamental Luiz Augusto, Pedro, Marcio, Fabrício, João Gilberto, João Carlos, Bráulio, Renan e Bruno que apesar dos diferentes caminhos tomados continuam sendo amigos que eu sei que posso contar quando preciso.

Aos amigos da UFLA que tornaram esses anos de graduação e mestrado mais fáceis, divertidos e sempre estiveram ao meu lado quando precisei se tornando minha segunda família. Obrigado a todos pela amizade e companheirismo

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Departamento de Engenharia e ao programa de Pós-Graduação Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas pela oportunidade de realização do mestrado.

A todo corpo docente do programa de pós-graduação pelos ensinamentos passados e toda ajuda fora de sala quando preciso.

Ao Prof. Dr. Geraldo Magela Pereira pela orientação, confiança, paciência, amizade, ensinamentos e conselhos que tornaram possível este trabalho.

Aos professores coorientadores, Prof. Dr. Luiz Antonio Lima DEG/UFLA e Prof. Dr. Rovilson José de Souza DAG/UFLA, pela atenção oferecida, ensinamentos, conselhos e apoio na realização deste estudo.

Aos funcionários do Setor de Engenharia de Água e Solo por estarem sempre dispostos a ajudar na condução dos trabalhos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas de produtividade e iniciação científica e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro na realização deste trabalho.

Aos amigos da pós-graduação por toda ajuda, amizade, ensinamentos e companheirismo.

Aos amigos Michael, Pedro, Matheus, Igor, Alberto, Murilo, Douglas, Ana Carla, Letícia, Elvis, João, Reginaldo, Leonardo, Vinicius, Thalles, Bartolomeu, Gláucio, Marcelo, Lucas pelo companheirismo, amizade e ajuda na realização deste trabalho.

Aos bolsistas de iniciação científica, Daniel, Rodrigo e Henrique pelo auxílio na condução e avaliação do experimento.

A todos que, de uma forma ou de outra, ajudaram na concretização deste trabalho.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

RESUMO

Objetivou-se, com este estudo, avaliar o efeito de lâminas de irrigação e de doses de nitrogênio, fornecidas via irrigação por gotejamento, sobre o desenvolvimento e produção da cebola, visando definir a quantidade de água e a dose de nitrogênio que proporciona melhor desenvolvimento de plantas e maior produtividade de bulbos. O experimento foi conduzido em canteiros construídos a “céu aberto”, na área experimental do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (DEG/UFLA), “Setor de Engenharia de Água e Solo”, no período de abril a outubro de 2012. Foi empregado o delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 4 x 4, sendo utilizados 16 tratamentos e três repetições. Os tratamentos constituíram-se de quatro lâminas de irrigação, baseadas na evaporação do tanque Classe A (ECA) (L1 = 50% da ECA; L2 = 100% da ECA; L3 = 150% da ECA e L4 = 200% da ECA), e quatro doses de nitrogênio (N0 = 0 kg ha⁻¹ de N; N1 = 60 kg ha⁻¹ de N; N2 = 120 kg ha⁻¹ de N e N3 = 180 kg ha⁻¹ de N), fornecidas via água de irrigação (fertirrigação). A cultivar utilizada foi a híbrida de cebola Bella Vista, com a colheita sendo realizada quando mais de 60% das plantas se encontravam estaladas. Com os resultados concluiu-se que plantas mais altas, maiores produtividades (total de bulbos e de bulbos comerciais) e maior massa média de bulbos comerciais foram obtidas com a dose de 180 kg ha⁻¹ de N. Com relação às lâminas de irrigação os fatores altura da planta, produtividade de bulbos comerciais e eficiência do uso da água tiveram efeito significativo, com os valores máximos obtidos com a aplicação da lâmina de irrigação de 328,4 mm (50% da ECA). Os fatores produtividade total de bulbos e massa média de bulbos comerciais não tiveram efeito significativo, sendo, portanto a melhor lâmina de irrigação a 328,4 mm (50 % da ECA), pois seriam obtidos os mesmos resultados com menor gasto de água e energia para o bombeamento. A eficiência no uso da água reduziu, linearmente, com o acréscimo das lâminas de irrigação estudadas e com o decréscimo das doses de nitrogênio aplicadas.

Palavras-chave: *Allium cepa* L. Irrigação localizada. Adubação nitrogenada. Fertirrigação.

ABSTRACT

This work had the objective to evaluate the effect of irrigation depth and nitrogen rates, provided by drip irrigation, on the development and production of onion, aiming to define the amount of water and nitrogen rate that provides the achievement of better development of plants and higher bulb yield. The experiment was conducted in plots constructed in the experimental area of the Department of Engineering - Federal University of Lavras (DEG/UFLA), "Department of Water and Soil Engineering ", in the period of April to October 2012. It was used a randomized block design (RBD), in a factorial 4 x 4, used 16 treatments and three replications. The treatments were consisted of four irrigation depths, based on the evaporation of tank Class A (ECA) (L1 = 50% ECA, L2 = 100% ECA; L3 = 150% ECA and L4 = 200% ECA) and four nitrogen rates (N0 = 0 kg ha⁻¹ of N, N1 = 60 kg ha⁻¹ of N; N2 = 120 kg ha⁻¹ of N and N3 = 180 kg ha⁻¹ of N), provided with the irrigation water (fertigation). The variety used was the hybrid onion Bella Vista, with the harvest being carried out when more than 60% of the plants were popped. With the results it was concluded that taller plants, higher yields (total bulbs and commercial bulbs) and largest average commercial bulbs were obtained with the rate of 180 kg ha⁻¹ of N. Regarding the irrigation depths, the factors plant height, commercial bulb yield and efficiency of water use had a significant effect, with maximum values obtained with the application of a water depth of 328.4 mm (50% ECA). The factors total yield and average commercial bulb weight had no significant effect, and therefore the best irrigation depth is of 328.4 mm (50% ECA), because would be obtained the same results with lower water use and energy for pumping. The efficiency of water use decreased linearly with increasing irrigation depths and decrease with the nitrogen rates applied.

Keywords: *Allium cepa* L. Drip irrigation. Nitrogen fertilization. Fertigation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Visão geral do experimento	29
Figura 2	Esquema de uma parcela experimental com o sistema de irrigação implantado.....	33
Figura 3	Controlador Lógico Programável utilizado para realizar as irrigações das parcelas dos tratamentos experimentais.....	35
Figura 4	Parcela no dia da colheita	40
Figura 5	Temperaturas diárias máximas ($T_{m\acute{a}x}$), médias ($T_{m\acute{e}d}$) e mínimas ($T_{m\acute{i}n}$) do ar ocorridas no período do experimento.....	42
Figura 6	Umidades relativas diárias médias ($UR_{m\acute{e}d}$) do ar ocorridas no período do experimento	43
Figura 7	Precipitações mensais ocorridas durante o período de condução do experimento.....	44
Figura 8	Evaporação diária do tanque Classe A, ocorrida durante o experimento	44
Figura 9	Lâminas totais de água aplicadas nos tratamentos L1, L2, L3 e L4, ao longo do ciclo da cultura da cebola	46
Figura 10	Altura da planta (AP) de cebola em função das diferentes lâminas de irrigação aplicadas	49
Figura 11	Altura da planta (AP) de cebola em função das diferentes doses de nitrogênio	50
Figura 12	Produtividade total de bulbos (PTB) de cebola em função das diferentes doses de nitrogênio aplicadas.....	54
Figura 13	Produtividade de bulbos comerciais (PBC) de cebola em função das diferentes lâminas de irrigação aplicadas	58
Figura 14	Produtividade de bulbos comerciais (PBC) de cebola em função das diferentes doses de nitrogênio aplicadas.....	60

Figura 15	Massa média de bulbos comerciais (MMBC) de cebola em função das diferentes doses de nitrogênio aplicadas	64
Figura 16	Eficiência no uso da água (EUA) pela cultura da cebola em função das diferentes lâminas de irrigação aplicadas	68
Figura 17	Eficiência no uso da água (EUA) pela cultura da cebola em função das diferentes doses de nitrogênio aplicadas	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Granulometria e classificação textural do solo utilizado no experimento.....	30
Tabela 2	Resultados da análise química do solo utilizado no experimento.....	31
Tabela 3	Fração de reposição de água de cada tratamento e as correspondentes lâminas de irrigação inicial, de precipitação, de irrigação por gotejamento e totais aplicadas durante a condução do experimento.....	45
Tabela 4	Resumo das análises de variância e de regressão para altura da planta (AP) de cebola sob diferentes lâminas totais de irrigação e doses de nitrogênio	47
Tabela 5	Resumo das análises de variância e de regressão para produtividade total de bulbos (PTB) de cebola sob diferentes lâminas totais de irrigação e doses de nitrogênio	52
Tabela 6	Resumo das análises de variância e de regressão para produtividade de bulbos comerciais (PBC) de cebola sob diferentes lâminas totais de irrigação e doses de nitrogênio	57
Tabela 7	Resumo das análises de variância e de regressão para massa média de bulbos comerciais (MMBC) de cebola sob diferentes lâminas totais de irrigação e doses de nitrogênio	62
Tabela 8	Resumo das análises de variância e de regressão para eficiência no uso da água (EUA) pela cultura da cebola sob diferentes lâminas totais de irrigação e doses de nitrogênio	66

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Aspectos gerais da cultura da cebola	17
2.2	Exigências hídricas da cultura e manejo da irrigação com a utilização do tanque Classe A	20
2.3	Sistema de irrigação por gotejamento	22
2.4	Resposta da cebola à adubação nitrogenada	24
2.5	Fertirrigação	26
3	MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1	Localização e época do experimento	28
3.1.1	Clima	29
3.2	Solo	30
3.2.1	Análises físicas	30
3.2.2	Análises químicas	30
3.2.3	Preparo do solo e canteiros	32
3.3	Variáveis meteorológicas	32
3.4	Delineamento experimental e tratamentos	32
3.5	Sistema e manejo da irrigação	34
3.6	Cultivar empregada	36
3.7	Instalação e condução do experimento	37
3.8	Práticas culturais	37
3.8.1	Adubação	37
3.8.2	Controle de plantas daninhas	38
3.8.3	Controle fitossanitário	38
3.9	Características avaliadas	38
3.9.1	Avaliação do desenvolvimento vegetativo	38
3.9.1.1	Altura da planta	39

3.9.2	Avaliação da produção	39
3.9.2.1	Produtividade total de bulbos.....	40
3.9.2.2	Produtividade de bulbos comerciais.....	40
3.9.2.3	Massa média de bulbos comerciais.....	41
3.9.2.4	Eficiência no uso da água (EUA).....	41
3.10	Análises estatísticas.....	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.1	Caracterização das condições meteorológicas.....	42
4.2	Lâminas de água aplicadas.....	45
4.3	Desenvolvimento vegetativo.....	47
4.3.1	Altura da planta.....	47
4.4	Produção	51
4.4.1	Produtividade total de bulbos.....	52
4.4.2	Produtividade de bulbos comerciais.....	56
4.4.3	Massa média de bulbos comerciais.....	61
4.4.4	Eficiência no uso da água.....	66
5	CONCLUSÃO.....	71
	REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de cebola (*Allium cepa* L.), em 2007, foi de, aproximadamente, 70 milhões de toneladas (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION- FAO, 2010). No Brasil, a cebola é considerada a terceira hortaliça mais importante em termos de valor econômico, ficando atrás apenas da batata e do tomate (GONÇALVES; WORDELL FILHO; KURTZ, 2009). A produtividade média brasileira, em 2011, foi de 23,3 t ha⁻¹. No estado de Minas Gerais, a produtividade média foi de 46,7 t ha⁻¹ (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2012).

A irrigação e a adubação exercem papel fundamental no agronegócio, sendo considerados instrumentos importantes para a modernização da agricultura brasileira e que permitem enormes benefícios, desde que conduzidas dentro de critérios técnicos, sendo práticas essenciais para a obtenção de maiores produtividades e, conseqüentemente, maiores retornos econômicos para os produtores de cebola.

As cultivares híbridas, devido à maior uniformidade de bulbificação, maior capacidade de adaptação por tolerar maior densidade de plantio, e pela maior produtividade em relação às cultivares de polinização livre, têm despertado o interesse de cebolicultores médios e de grande porte.

Com relação à adubação nitrogenada, verificam-se controvérsias na literatura à resposta da cultura da cebola à aplicação de doses de nitrogênio para a obtenção de maiores produtividades. Dessa forma, há necessidade de desenvolvimento de pesquisas, visando à aquisição de mais informações sobre a adubação nitrogenada nessa cultura.

No que diz respeito à técnica da irrigação, a cebola é uma hortaliça sensível ao déficit hídrico, necessitando de boa disponibilidade de água no solo e irrigações frequentes para o seu bom desenvolvimento. No entanto, o excesso de

água, aliado a altas temperaturas, é igualmente prejudicial, favorecendo a incidência de patógenos, podendo reduzir o crescimento e, conseqüentemente, a produção e a qualidade de bulbos. Dessa forma, o correto manejo da irrigação torna-se indispensável, uma vez que pode ser ajustado às condições momentâneas da cultura.

O manejo inadequado da irrigação incorre em prejuízos relativos a gastos excessivos com adubos (em virtude da lixiviação de nutrientes e de sua baixa disponibilidade às plantas), com energia (bombeando água desnecessariamente), com salinização do solo e outras complicações resultantes. Portanto, o manejo da irrigação é um fator de grande importância para se obter sucesso no cultivo da cebola, visando maximizar a eficiência no uso da água e de fertilizantes com competitividade do agronegócio e sustentabilidade ambiental, sem se esquecer da interação com os outros fatores, tais como: cultivar, densidade de plantio, tratos culturais, colheita, armazenamento e outras atividades.

No Brasil, estudos sobre a irrigação por gotejamento na cultura da cebola, ainda, são incipientes. Devido à carência de informações a respeito da produção de cebola irrigada por gotejamento, tanto no aspecto do manejo adequado da irrigação (momento oportuno de irrigar e quantidade de água a ser aplicada), quanto em relação à reposição de nutrientes ao solo via água de irrigação (fertirrigação), há uma necessidade de desenvolvimento de pesquisas, visando dar suporte ao emprego dessas tecnologias de produção.

Diante do exposto o presente trabalho teve como objetivo, avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação e de doses de nitrogênio, fornecidas via irrigação por gotejamento, sobre o desenvolvimento e a produção da cebola, visando definir a quantidade de água e a dose de nitrogênio que proporciona melhor desenvolvimento de plantas e a obtenção de maior produtividade de bulbos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais da cultura da cebola

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma planta herbácea, pertencente à família *Alliaceae*, tenra, que atinge 60 cm de altura e apresenta folhas tubulares, cerosas. O caule verdadeiro é um disco compacto, na base da planta, de onde partem folhas e raízes. As bainhas foliares formam um pseudocaule, cuja parte inferior é um bulbo (FILGUEIRA, 2000). O sistema radicular encontra-se a uma profundidade efetiva entre 20 a 40 cm no seu máximo desenvolvimento (MAROUELLI; SILVA; SILVA, 1996).

Segundo Costa et al. (2002b), a cebola é uma hortaliça fortemente influenciada por fatores ambientais e, o fotoperíodo e a temperatura do ar são os elementos climáticos que mais influenciam na fase vegetativa, a qual culmina na formação do bulbo e, na fase reprodutiva, quando se verifica o florescimento e a produção de sementes. Em condições de temperatura elevada (30°C), na fase inicial de desenvolvimento vegetativo, a cultura poderá apresentar bulbificação precoce. Por outro lado, sob condições prolongadas de temperaturas baixas, em torno de 12°C, poderá ser induzida ao florescimento prematuro. A temperatura ideal da cultura da cebola na fase inicial e de desenvolvimento é de 12,8 a 21 °C e na fase de maturação é de 15,5 a 25 °C (PATEL; RAJPUT, 2009).

Considerando-se essas exigências climáticas, no estado de Minas Gerais, a semeadura da cebola, para o transplante das mudas, é mais recomendada nos meses de março e abril (SOUZA; RESENDE, 2002). Resende e Costa (2008) avaliando o efeito de épocas de plantio (março e agosto) sobre a produtividade da cebola, em Petrolina-PE tiveram como resultados que o plantio de março apresentou maior produtividade comercial (66,5 t ha⁻¹) comparativamente ao de agosto (41,4 t ha⁻¹).

Dentre os sistemas de cultivo utilizados no Brasil, destaca-se a semeadura seguida por transplante de mudas (FERREIRA, 2000; SOUZA; RESENDE, 2002). Segundo Souza e Resende (2002), com esse processo é possível a obtenção de mudas uniformes, fortes e saudáveis, que venham propiciar altas produções, bulbos uniformes, mais atrativos em forma e tamanho e com maturação coincidente.

As cultivares híbridas têm despertado o interesse de cebolicultores médios e de grande porte, por apresentarem maior uniformidade de bulbificação, maior capacidade de adaptação por tolerar maior densidade de plantio, maior qualidade pós-colheita, maior produtividade em relação às cultivares de polinização livre.

Vilas Boas et al. (2012) avaliando o efeito de diferentes tensões da água no solo sobre o desenvolvimento e produção de duas cultivares de cebola irrigadas por gotejamento em Lavras - MG obtiveram que o híbrido Optima F1 apresentou melhores respostas com relação à produtividade total de bulbos, produtividade de bulbos comerciais e massa média de bulbos comerciais comparado com a cultivar não híbrida Alfa Tropical.

Rebouças et al. (2008) também encontraram, em estudo sobre a densidade de plantio de cebola no sistema de semeadura, em Salinas, MG, para o híbrido Mercedes, produtividade comercial significativamente superior à da cultivar Serrana, registrando um incremento médio de 55,2% na produtividade de bulbos comerciais.

A cultura adapta-se melhor a solos de textura média, como também apresenta boa produção em solos arenosos, leves, que favoreçam o desenvolvimento do bulbo, com pH de 5,5 a 6,5. Solos argilosos, pesados, são desvantajosos. A calagem deve ser efetuada para elevar a saturação por bases para 70% e se obter pH 6,0 (FILGUEIRA, 2000). Segundo Patel e Rajput (2009) a cebola necessita de solos bem drenados e férteis.

Em relação à adubação tradicional, o fósforo deve ser aplicado no plantio e a recomendação baseada no teor de argila do solo e na disponibilidade do mesmo (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999). O potássio deve ser aplicado juntamente com o nitrogênio em cobertura, em duas vezes (aos 30 e 45 DAT) (FERREIRA, 2000) com a quantidade recomendada de acordo com o teor de K no solo.

Quanto ao espaçamento, sugere-se 20 cm entre linhas e 10 cm entre plantas para obtenção de boa produtividade (ANEZ; TAVIRA, 1986; BOFF; HENRI; GONÇALVES, 1998). O plantio deve ser feito em canteiros, após aração e gradagem, a fim de favorecer a obtenção de bulbos bem formados (FILGUEIRA, 2000).

Menezes Júnior e Vieira Neto (2012) estudando a produção da cebola em função da densidade de plantas da cultivar Empasc 355-Juporanga em Ituporanga-SC observaram que o aumento da densidade de plantas não influenciou a produtividade comercial (36,19 t ha⁻¹), sendo recomendado o uso de densidades populacionais entre 400.000 e 600.000 plantas ha⁻¹.

A duração do período de crescimento varia de acordo com o clima e a cultivar. Em geral, são necessários de 120 a 175 dias da semeadura à colheita. A cultura é muito sensível à salinidade do solo e a diminuição de rendimento, em relação à condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, é de 0% para 1,2 dS m⁻¹, 10% para 1,8 dS m⁻¹, 50% para 4,3 dS m⁻¹ e 100% para 7,5 dS m⁻¹ (DOORENBOS; KASSAM, 2000).

O ponto de colheita da cebola é indicado pelo amadurecimento dos bulbos, quando as plantas completam seu ciclo vegetativo, isto é, quando as folhas murcham e o pseudocaule afina. Em seguida, ocorre o tombamento da parte aérea da planta, chamado de estalo e o amarelecimento e secamento das folhas. Recomenda-se que a colheita deve iniciar quando mais de 60% das plantas estiverem estaladas (VIDIGAL; COSTA; MENDONÇA, 2001).

2.2 Exigências hídricas da cultura e manejo da irrigação com a utilização do tanque Classe A

Trabalhos desenvolvidos na região norte de Minas Gerais indicam um consumo médio de água entre 500 e 670 mm durante o ciclo da cebola, que corresponde a uma lâmina de água entre 4 e 5 mm dia⁻¹ (ARAUJO et al., 1997). Nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, o consumo total de água varia de 350 a 550 mm (COSTA et al., 2002a).

O estágio mais sensível ao déficit hídrico é, durante o crescimento de bulbos, que se inicia aproximadamente aos 70 dias após a semeadura e pode comprometer, significativamente, a produção. Quando o solo é mantido relativamente úmido, sem excessos, o crescimento das raízes é reduzido, favorecendo o desenvolvimento do bulbo (DOORENBOS; KASSAM, 2000).

Segundo Costa et al. (2002a), após o plantio e a emergência, a exigência de água, para atender às atividades fisiológicas das plantas, aumenta, proporcionalmente, ao desenvolvimento vegetativo e é máxima no estágio de crescimento de bulbos e reduz no estágio de maturação.

A irrigação deverá ser suspensa de 6 a 14 dias antes da colheita, dependendo do tipo de solo e do clima (MAROUELLI; SILVA; SILVA, 2001). O momento de suspender a irrigação pode ser verificado em campo apertando-se o pseudocaule (pescoço) da planta entre os dedos. Quando cerca de 50% das plantas apresentarem “pescoço” macio é o momento de parar a irrigação (ARAUJO et al., 1997).

Costa et al. (2002a) afirmam que muito embora a cebola seja sensível ao déficit hídrico, necessitando de boa disponibilidade de água no solo e irrigações frequentes para o seu bom desenvolvimento, o excesso de água aliado a altas temperaturas é igualmente prejudicial, favorecendo a incidência de patógenos,

reduzindo o crescimento e, conseqüentemente, a produção e a qualidade de bulbos.

Com relação ao manejo adequado da água de irrigação, é necessário o controle diário da umidade do solo e/ou da evapotranspiração, durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura. Para tanto, é indispensável o conhecimento de parâmetros relacionados às plantas, ao solo e ao clima, para se determinar o momento oportuno de irrigar e a quantidade de água a ser aplicada. Isso pode ser baseado em critérios relacionados ao status da água no solo e nas plantas, na taxa de evapotranspiração da cultura ou na combinação de dois ou mais deles.

Uma das dificuldades de manejo da irrigação utilizando a evapotranspiração de cultura (ETc) é que os coeficientes das culturas são necessários, e esses variam de acordo com a cultivar, densidades de plantas, configuração de plantio e época de cultivo (ENCISO; JIFON; WIEDENFELD, 2007).

Por isso destaca-se dentre os vários equipamentos existentes no mercado para o manejo da irrigação o tanque Classe A, em virtude do custo relativamente baixo e do fácil manejo. O tanque Classe A tem a vantagem de medir a evaporação de uma superfície de água livre, associada aos efeitos integrados da radiação solar, do vento, da temperatura e da umidade relativa do ar (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2005).

Muitos trabalhos sobre a irrigação da cebola mostram que a produtividade de bulbos é altamente dependente da quantidade de água aplicada (ABU AWWAD, 1996; KIPKORIR; RAES; MASSAWE, 2002; SAHA et al., 1997; SANTA OLALLA; VALERO; CORTES, 1994; SHOCK; FEIBERT; SAUNDERS, 1998, 2000; VILAS BOAS et al., 2012). Entretanto, em poucos estudos são analisados critérios de manejo da irrigação por gotejamento na cultura da cebola (CHOPADE; BANSODE; HIWASE, 1998; SANTA

OLALLA; DOMINGUEZ-PADILLA; LOPEZ, 2004; SHOCK; FEIBERT; SAUNDERS, 1998; VILAS BOAS et al., 2012).

2.3 Sistema de irrigação por gotejamento

Com relação à irrigação, os sistemas por aspersão são os mais utilizados no cultivo da cebola no Brasil, destacando-se o convencional, especialmente nas regiões Sul e Sudeste. Nos últimos anos, alguns produtores têm optado por sistemas convencionais fixos de microaspersão e, em grandes áreas, o sistema pivô central vem sendo utilizado com sucesso (COSTA et al., 2002a).

Em virtude da preocupação mundial com a questão do gerenciamento, conservação e economia dos recursos hídricos, tem sido recomendado para a grande maioria das culturas, o uso do método de irrigação localizada (sistemas de microaspersão e de gotejamento), tanto para novas áreas, quanto para a substituição dos métodos de irrigação por superfície e por aspersão, por ele ser mais eficiente na aplicação de água e de fertilizantes (fertirrigação), nas mais diversas condições ambientais (NOGUEIRA; NOGUEIRA; MIRANDA, 1998). A irrigação localizada compreende segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2005) os sistemas de irrigação nos quais a água é aplicada ao solo, diretamente sobre a região radicular, em pequenas intensidades, porém com alta frequência, de modo que mantenha a umidade do solo na zona radicular próxima à capacidade de campo.

As principais vantagens da irrigação localizada, segundo Vermeiren e Jobling (1997) e Bernardo, Soares e Mantovani (2005), são: maior eficiência no uso da água, maior produtividade, maior eficiência na adubação (fertilizantes como nitrogênio e potássio podem ser aplicados de forma parcelada via água de irrigação) e controle fitossanitário. Também não interfere nas práticas culturais,

economia de mão de obra, energia e adapta-se a diferentes tipos de solo e topografia.

Dentre as limitações destacam-se: entupimento dos gotejadores, acúmulo de sais no solo, restrição ao desenvolvimento das raízes da planta e alto custo de implantação (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2005; VERMEIREN; JOBLING, 1997). Vilas Boas et al. (2011a) destacam ainda que por ser um sistema fixo, a irrigação por gotejamento exige alto investimento em obras e aquisição de equipamentos para captação, condução, controle e distribuição da água, devendo ser considerados gastos com energia e mão de obra para operação e manejo do sistema, que representam importantes custos adicionais à produção.

Apesar das inúmeras vantagens que o sistema oferece o gotejamento não tem sido utilizado para irrigação da cultura da cebola no Brasil, com exceção de algumas pequenas áreas de observação. No entanto, nos Estados Unidos, já existem grandes áreas, em escala comercial, cultivadas com a cebola irrigadas pelo sistema de gotejamento. Uma das principais limitações é seu alto custo inicial, embora se apresente como um sistema viável para o agricultor, principalmente, quando se leva em consideração a economia no uso da água, de fertilizantes (fertirrigação), de defensivos e de mão de obra, aliada a um possível aumento da produtividade (VILAS BOAS et al., 2011a).

Embora Ellis et al. (1986) não tenham verificado incrementos de produtividade de cebola sob irrigação por gotejamento, comparativos à irrigação por aspersão, Shock, Feibert e Saunders (2000) relatam que ganhos significativos podem ser alcançados, pois, somente o sistema por gotejamento, associado à prática da fertirrigação, é capaz de manter a umidade e a fertilidade do solo, relativamente, constante e próxima ao ótimo requerido pela cultura, sem provocar problemas de aeração.

A conversão para sistemas de irrigação mais eficientes, como a irrigação por gotejamento para culturas de alto valor econômico é uma forma de reduzir o excesso do uso de água da cultura e reduzir o potencial de lixiviação de $\text{NO}_3\text{-N}$ (SHOCK; FEIBERT; SAUNDERS, 2004; TROUT; KINCAID, 2007).

Halvorson et al. (2008) realizaram no Colorado – EUA a conversão de áreas de cebola irrigadas por sulco para o sistema de irrigação por gotejamento e observaram a redução das necessidades de fertilizantes, insumos e água, além do aumento na eficiência do uso da água (EUA) e eficiência no uso do nitrogênio (EUN). Vilas Boas et al. (2011a), ao avaliarem o uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola em Lavras -MG concluíram que é uma técnica economicamente viável. Entretanto, quando a produção é realizada em grandes áreas esse tipo de irrigação pode não ser o mais econômico para o produtor, sendo necessários novos estudos para melhores orientações aos agricultores.

2.4 Resposta da cebola à adubação nitrogenada

As hortaliças exigem técnicas de produção adequadas para a obtenção de boas produtividades, destacando-se, o emprego de fertilizantes. A fertilização constitui uma das práticas agrícolas mais caras, mas de maior retorno econômico, resultando em maiores rendimentos e em produtos mais uniformes e de maior valor comercial (RICCI et al., 1995).

Segundo Kurtz et al. (2012) tanto o rendimento, como a sanidade e a qualidade dos bulbos de cebola são influenciados pela disponibilidade de nitrogênio no solo. O nitrogênio é o segundo nutriente mais requerido por essa espécie, sendo superado somente pelo potássio. Na dinâmica do nitrogênio no solo, a lixiviação constitui uma das principais perdas desse nutriente, principalmente em regiões de alta precipitação pluvial.

O nitrogênio é definido como um elemento estrutural, fazendo parte da composição das proteínas, aminoácidos, enzimas e da molécula de clorofila. Seu papel nas plantas está diretamente ligado ao crescimento vegetativo, formação de folhas e porte da planta. Seu excesso provoca diminuição na qualidade e conservação pós-colheita, bem como maior incidência de pragas e doenças (MALAVOLTA, 2006).

Com relação à resposta da cultura da cebola à adubação nitrogenada, Singh e Sharma (1991), obtiveram um aumento no diâmetro do bulbo e na produtividade com o incremento das doses até 80 kg ha⁻¹ de N, não havendo diferenças significativas da dose de 120 kg ha⁻¹ de N. Já Faria e Pereira (1992), verificaram, nas condições do Vale do São Francisco, que o nível econômico de N para produtividade na cultura da cebola é de 115 kg ha⁻¹.

Resende, Costa e Pinto (2009), em estudo sobre rendimento e conservação pós-colheita de bulbos de cebola com diferentes doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) e potássio (0, 90 e 180 kg ha⁻¹) aplicados via fertirrigação, concluíram que as maiores produtividades comerciais de bulbos de cebola foram obtidas com as doses de 180 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 90 kg ha⁻¹ de potássio. Segundo os autores, na interação o nitrogênio é o nutriente de maior importância, em termos de produtividade e diâmetro do bulbo, sendo o potássio mais relevante na conservação pós-colheita.

Segundo Rajput e Patel (2006) o crescimento no uso de adubos nitrogenados tem causado problemas ambientais, geralmente contaminação do lençol freático. Essas perdas por percolação de N estão diretamente ligadas ao manejo inadequado da irrigação e fertirrigação. Por isso, a água e fertilizantes nitrogenados devem ter um manejo eficiente para se evitar perdas e problemas ambientais.

O estudo da necessidade de nutrientes em hortaliças tem recebido muita atenção, pois é de fundamental importância suprir as plantas com fertilizantes

que não conduzam a um aumento excessivo da condutividade elétrica do solo ou do substrato, promovendo o melhor equilíbrio possível entre os mesmos (ALBUQUERQUE et al., 2011).

Verifica-se, na literatura, que aumentos na produção de cebola com aplicações de doses de N têm sido relatados por diversos autores (BOYHAN; TORRANCE; HILL, 2007; DIAZ-PEREZ; PURVIS; PAULK, 2003; DIXIT, 1997; HUSSAINI; AMANS; RAMALAN, 2000; NEERAJA et al., 2001; RESENDE; COSTA; PINTO, 2009; SINGH; JAIN; POONIA, 2000). Entretanto, em outros trabalhos não são encontradas respostas positivas à aplicação de nitrogênio (BATAL et al., 1994; HENSEL; SHUMAKER, 1991; PATEL; PATEL; SADARIA, 1992). Verificou-se então controvérsias com relação à resposta da cultura da cebola à aplicação de doses de nitrogênio para a obtenção de maiores produtividades. Dessa forma, há necessidade de desenvolvimento de pesquisas, visando à aquisição de mais informações sobre a adubação nitrogenada nessa cultura.

2.5 Fertirrigação

A utilização adequada dos recursos hídricos garante o aumento da produtividade; apesar disso, faz-se necessário o fornecimento de nutrientes para as culturas. Nos últimos anos, além da forma tradicional de aplicação de nutrientes tem sido adotada a fertirrigação, pois permite a aplicação de fertilizantes simultaneamente com a água de irrigação (ELOI et al., 2004). Uma das vantagens mais significativas desse sistema é a eficiência de absorção de nutrientes pela planta, por torná-los prontamente disponíveis na solução do solo, fáceis de serem absorvidos (MARCUSI, 2005).

Por meio da fertirrigação, há possibilidade de um ajuste mais eficiente às diferentes fases fenológicas das culturas, resultando em uso mais racional e

economia de fertilizantes. A fertirrigação permite distribuição e localização dos adubos onde ocorre maior densidade de raízes; possibilidade de controle da profundidade de aplicação do adubo, levando a uma menor perda de nutrientes por lixiviação e nitrogênio por volatilização, uma vez que os fertilizantes estão dissolvidos em água. Permite também menor compactação do solo devido ao menor trânsito de máquinas; economia de mão de obra e comodidade na aplicação (CARRIJO et al., 2004).

Para que a fertirrigação seja eficiente, é necessário um equilíbrio entre a quantidade de nutrientes e a quantidade de água a ser aplicado durante cada fase do ciclo da cultura, o que determina a concentração de fertilizantes na água de irrigação; por sua vez, essa concentração deve ser suficiente para proporcionar a absorção dos nutrientes nas quantidades requeridas pelas plantas, sem causar o acúmulo de fertilizantes no solo, o que poderia resultar em salinização e, conseqüentemente, na redução da produtividade. Para isso, é necessário que se conheça a quantidade de água a ser aplicada em cada irrigação, a qual pode ser determinada pelo uso de tensiômetros ou estimada a partir da lâmina de água evaporada do tanque Classe A (BLANCO; FOLEGATTTI, 2002).

Com relação ao nitrogênio o fertilizante mais utilizado na fertirrigação é a ureia, que por ser bem solúvel em água é muito popular entre os agricultores (RAVIKUMAR et al., 2011).

Apesar de poucos trabalhos de pesquisa publicados no Brasil sobre fertirrigação de hortaliças, essa prática é bastante difundida, principalmente entre horticultores que utilizam a irrigação por gotejamento e fazem uso de fórmulas e procedimentos desenvolvidos por consultores, nacionais ou estrangeiros e firmas de fertilizantes ou produtos agrícolas que, muitas vezes, não atendem às necessidades das culturas (SILVA; LEAL; MALUF, 1999).

Papadopoulos (1999) relata que a melhoria da tecnologia de irrigação e a eficiente utilização da água de irrigação e de fertilizantes são essenciais para a

manutenção do suprimento de alimentos em equilíbrio com sua crescente demanda, garantindo a integridade do meio ambiente. Segundo o autor, a agricultura irrigada pode ser sustentada no meio ambiente desde que se identifiquem os princípios básicos de um bom manejo de água e fertilizantes. Com um planejamento inadequado, a ameaça de dano ambiental com o uso da irrigação/fertilização é inevitável, ao passo que a agricultura intensamente irrigada com planejamento, construção e manejo ajustados, ao invés de constituir um problema ambiental, pode tornar-se um patrimônio ambiental e humano.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e época do experimento

O experimento foi conduzido em canteiros construídos a “céu aberto”, na área experimental do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (DEG/UFLA), no município de Lavras, que está situado na região sul de Minas Gerais, tendo como referência as seguintes coordenadas geográficas: latitude 21° 14' S, longitude 45° 00' W Gr. e 918 m de altitude.

O experimento teve início com a semeadura no dia 10/04/2012 e o transplante das mudas realizado em 11/06/2012. A colheita foi realizada no dia 06/10/2012, totalizando um ciclo vegetativo no campo de 117 dias. Uma visão geral do experimento da cultura da cebola irrigada por gotejamento 74 dias após o transplante (DAT) encontra-se na Figura 1.



Figura 1 Visão geral do experimento

3.1.1 Clima

De acordo com a classificação climática de Köppen (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007), o clima de Lavras é Cwa, ou seja, clima temperado chuvoso (mesotérmico), com inverno seco e verão chuvoso, subtropical. A temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e superior a 3°C e o verão apresenta temperatura média do mês mais quente superior a 22°C (22,1°C em fevereiro). Lavras apresenta temperatura do ar média anual de 19,4°C, umidade relativa do ar média de 76,2% e tem uma precipitação média anual de 1.529,7 mm, bem como uma evaporação média anual de 1.034,3 mm (BRASIL, 1992).

3.2 Solo

O solo, classificado originalmente como um Latossolo Vermelho Distroférico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1999), foi coletado na camada de 0 a 0,30 m de profundidade. As análises físicas e químicas foram realizadas em uma amostra composta representativa, enviada aos Laboratórios de Física e de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, respectivamente.

3.2.1 Análises físicas

Na Tabela 1 está representado o resultado da análise física e a classificação textural do solo utilizado no experimento.

Tabela 1 Granulometria e classificação textural do solo utilizado no experimento

Identificação	Granulometria (dag kg ⁻¹)			Classe textural
	Areia	Silte	Argila	
Amostra DEG	9	25	66	Argilosa

3.2.2 Análises químicas

Na Tabela 2 são demonstrados os teores de nutrientes encontrados no solo antes da adubação de plantio. Para a obtenção dessas características químicas foi coletada uma amostra composta de solo no local do experimento.

Tabela 2 Resultados da análise química do solo utilizado no experimento

Sigla	Descrição	Unidade	Identificação
			Amostra DEG
pH	Em água (1:2,5)	-	5,70
P	Fósforo disp. (Mehlich 1)	mg dm ⁻³	18,58
K	Potássio disponível	mg dm ⁻³	141,96
Ca ²⁺	Cálcio trocável	cmol _c dm ⁻³	3,60
Mg ²⁺	Magnésio trocável	cmol _c dm ⁻³	0,50
S	Enxofre disponível	mg dm ⁻³	59,42
Al ³⁺	Acidez trocável	cmol _c dm ⁻³	0,00
H+Al	Acidez potencial	cmol _c dm ⁻³	2,90
SB	Soma de bases	cmol _c dm ⁻³	2,54
(t)	CTC efetiva	cmol _c dm ⁻³	4,46
(T)	CTC a pH 7,0	cmol _c dm ⁻³	7,36
V	Saturação por bases	%	60,65
m	Saturação por alumínio	%	0,00
MO	Matéria orgânica	dag kg ⁻¹	2,74
P-rem	Fósforo remanescente	mg L ⁻¹	4,04
Zn	Zinco disponível	mg dm ⁻³	6,77
Fe	Ferro disponível	mg dm ⁻³	59,32
Mn	Manganês disponível	mg dm ⁻³	60,35
Cu	Cobre disponível	mg dm ⁻³	6,88
B	Boro disponível	mg dm ⁻³	0,43

3.2.3 Preparo do solo e canteiros

A calagem foi realizada 35 dias antes do transplante das mudas, aplicando-se calcário dolomítico com 80% de PRNT, com base nos resultados da análise química do solo, para fins de correção da acidez e elevação da saturação por bases (V) do solo para 70%.

Quanto ao preparo do solo, para o transplante das mudas, foram realizadas uma aração e duas gradagens para destorroamento do terreno, depois de feita a calagem, visando à incorporação do calcário ao solo. Em seguida, foram preparados os canteiros com enxada rotativa.

3.3 Variáveis meteorológicas

Dados meteorológicos como temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e a evaporação do tanque Classe A, foram obtidos diariamente da Estação Climatológica Principal de Lavras/MG localizada no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), distante 850m da área experimental.

3.4 Delineamento experimental e tratamentos

Foi empregado o delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 4 x 4, sendo utilizados 16 tratamentos e três repetições. Os tratamentos constituíram-se de quatro lâminas de irrigação, baseadas na evaporação do tanque Classe A (ECA) (L1 = 50% da ECA; L2 = 100% da ECA; L3 = 150% da ECA e L4 = 200% da ECA), e quatro doses de nitrogênio, fundamentadas na recomendação de Fontes (1999) correspondentes a 0%

(N0 = 0 kg ha⁻¹ de N), 50% (N1 = 60 kg ha⁻¹ de N), 100% (N2 = 120 kg ha⁻¹ de N) e 150% (N3 = 180 kg ha⁻¹ de N), fornecidas via água de irrigação (fertirrigação). Os tratamentos foram assim representados: L1N0, L1N1, L1N2, L1N3, L2N0, L2N1, L2N2, L2N3, L3N0, L3N1, L3N2, L3N3, L4N0, L4N1, L4N2, L4N3.

As parcelas experimentais tiveram dimensões de 1,20 m de largura por 1,40 m de comprimento (1,68 m²). Foram utilizadas quatro linhas de plantas, espaçadas de 0,20 m entre si e 0,10 m entre as plantas, totalizando 56 plantas por parcela. Foram consideradas como úteis, as plantas das linhas centrais e descartadas, nessas linhas, duas plantas no início e duas no final (parcela útil de 0,40m² com 20 plantas). Na Figura 2 está representado o esquema de uma parcela experimental. Foi realizado sorteio para disposição dos tratamentos em cada bloco da área experimental.

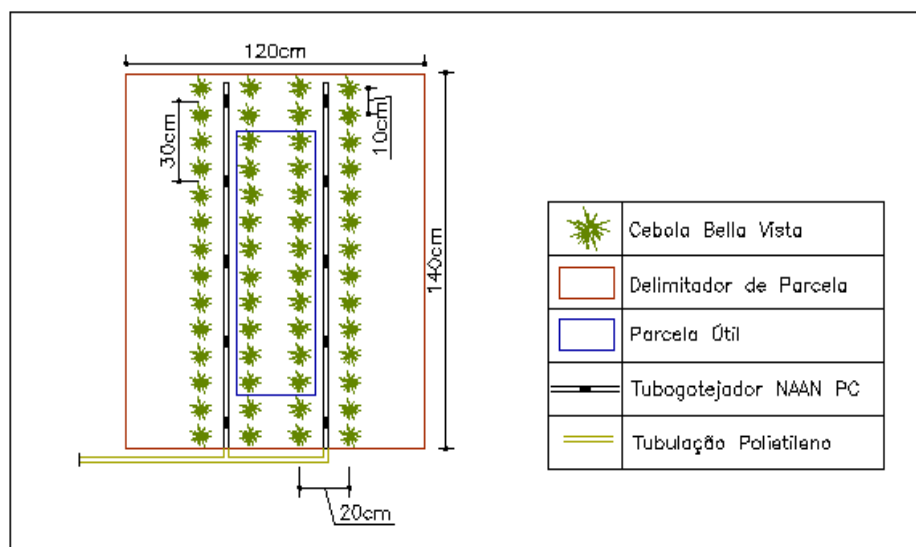


Figura 2 Esquema de uma parcela experimental com o sistema de irrigação implantado

3.5 Sistema e manejo da irrigação

Na diferenciação dos tratamentos, utilizou-se um sistema de irrigação por gotejamento. Os emissores autocompensantes foram do tipo *in-line*, ou seja, emissores inseridos no tubo, durante o processo de extrusão, modelo NAAN PC com vazão nominal de $1,6 \text{ L h}^{-1}$ e distanciados entre si a 0,30 m. O tubo gotejador (DN 16 mm) ficou posicionado na parcela, de forma a atender duas fileiras de plantas trabalhando com pressão de serviço de 140 kPa, que era regulada por meio de uma válvula reguladora de pressão (marca SENNINGER 20 PSI), inserida no cabeçal de controle, antes das válvulas de comando elétrico (solenoides).

As linhas laterais foram conectadas às linhas de derivação de polietileno (PEBD DN 16 mm) as quais, por sua vez, foram conectadas às linhas principais (PVC DN 32 mm; PN 40) que tinham, no seu início, válvulas de comando elétrico (solenoides) localizadas na saída do cabeçal de controle. Foi utilizada uma válvula solenoide para cada tratamento; tais válvulas eram acionadas por meio de um Controlador Lógico Programável ESP-LX RAIN BIRD (Figura 3), previamente programado, em cada irrigação, para funcionar o tempo necessário visando repor a lâmina de água referente à evaporação medida por meio do tanque Classe A. A instalação, leitura e manejo do tanque foram realizados conforme recomendações de Volpe e Churata-Masca (1988) e Bernardo, Soares e Mantovani (2005).



Figura 3 Controlador Lógico Programável utilizado para realizar as irrigações das parcelas dos tratamentos experimentais

A lâmina de irrigação foi aplicada com uma frequência de três dias, conforme recomendado por Vilas Boas (2010), sendo calculada com a evaporação medida no período previsto entre duas irrigações no tanque Classe A (três dias), de acordo com fração da evaporação de cada tratamento. A eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação utilizada foi de 90 % por se tratar de irrigação por gotejamento. A lâmina aplicada foi calculada pela Equação 1.

$$LI = \frac{ECA.K}{Ea} \quad (1)$$

em que:

LI = lâmina de irrigação a ser aplicada em cada tratamento (mm);

ECA = evaporação do tanque Classe A medida no período (mm);

K = fração da evaporação de cada tratamento (0,5 ou 1,0 ou 1,5 ou 2,0);

Ea = eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação (0,90).

As diferentes lâminas de irrigação, para cada tratamento, foram obtidas mediante diferentes tempos de funcionamento das linhas de gotejadores. Esse tempo foi obtido a partir da vazão média dos gotejadores, do espaçamento entre plantas e entre linhas de plantas, conforme apresentado na Equação 2.

$$TI = \frac{LI \cdot Sp \cdot Slp}{e \cdot q} \quad (2)$$

em que:

TI = tempo de irrigação para cada tratamento (h);

LI = lâmina de irrigação a ser aplicada no tratamento (mm);

Sp = espaçamento entre plantas (0,1m);

Slp = espaçamento entre linhas de plantas (0,2m);

e = número de emissores por planta (0,18);

q = vazão média dos gotejadores (1,6 L h⁻¹).

3.6 Cultivar empregada

Foi utilizada a cultivar híbrida de cebola Bella Vista da Sakata de ciclo de maturação precoce (135-150 dias) e caracterizada por apresentar boa produtividade. Híbrido de dias intermediários, cujos bulbos possuem formato globular alongado, cor baia, e com túnica de revestimento com boa conservação pós-colheita.

As mudas foram obtidas por semeadura em bandejas de poliestireno. Após semeio, as bandejas foram levadas para o interior de uma casa de vegetação com sombrite e irrigação automatizada, em uma empresa particular de Lavras – MG, especializada em produção de mudas. Onde permaneceram até o momento de serem transplantadas para os canteiros da área experimental.

3.7 Instalação e condução do experimento

Após o transplante das mudas, realizado 62 dias após a semeadura, a irrigação foi realizada por microaspersão com o tape SANTENO[®], composto por uma mangueira de polietileno linear de baixa densidade, com microfuros de 0,3 mm perfurados a raio laser e conectores para a sua instalação, funcionando com pressão máxima de 80 kPa. Após ensaio realizado em campo, o tape SANTENO[®] apresentou uma intensidade de precipitação (IP) de 21 mm h⁻¹. Esse sistema foi usado até 14 dias após o transplante (DAT), período necessário para o pegamento e a climatização das mudas, no campo. Durante esse período foram realizadas 8 irrigações com esse sistema, totalizando 56mm de irrigação de pegamento. Após esse período, a partir do dia 26/06/2012 a cultura passou a ser irrigada por gotejamento havendo a diferenciação dos tratamentos. Suspendeu-se a irrigação da cultura no dia 20/09/2012, 16 dias antes da colheita, conforme recomendação de Marouelli, Silva e Silva (2001).

3.8 Práticas culturais

Durante a condução do experimento foram realizadas práticas culturais como adubação, controle de plantas daninhas e fitossanitário.

3.8.1 Adubação

A adubação de plantio foi realizada no dia 15/05/2012, com base nas análises de solo (Tabela 1 e 2) e, conforme as recomendações de Fontes (1999). Para esse procedimento foram aplicados 1.875 kg ha⁻¹ de Superfosfato Simples (16% de P₂O₅), 26 kg ha⁻¹ de Cloreto de Potássio (58% de K₂O), 10 kg ha⁻¹ de

Bórax, 15 kg ha⁻¹ de Sulfato de Zinco e 10 t ha⁻¹ de fertilizante orgânico Provaso® para fornecimento de matéria orgânica.

A adubação de cobertura com Cloreto de Potássio foi feita via fertirrigação aos 30 e 45 DAT com uma aplicação de 31 kg ha⁻¹ por vez. Já as adubações de cobertura com ureia (45% de N) foram realizadas, via água de irrigação (fertirrigação), conforme a quantidade pré-estabelecida para cada tratamento, em 10 aplicações de 10% cada, com frequência de seis dias, sendo a primeira realizada aos 21 DAT. Foi utilizada para a realização das fertirrigações uma bomba de injeção de fertilizantes (marca AMIAD, modelo TMB WP – 10), com capacidade máxima de injeção de 60 L h⁻¹ de solução.

3.8.2 Controle de plantas daninhas

Durante a condução do experimento, as plantas daninhas, que eventualmente emergiam, foram eliminadas por meio de capinas manuais.

3.8.3 Controle fitossanitário

Com base em avaliações visuais, inspeções periódicas foram realizadas a fim de se detectar a presença de pragas e a ocorrência de doenças durante o cultivo. O controle fitossanitário foi realizado por meio de práticas culturais e aplicações de produtos aceitos na agricultura, na medida em que se detectava a presença de doenças e de pragas em níveis críticos que justificasse a aplicação de defensivos. Durante o ciclo as pragas como formigas e doenças como o Míldio (*Peronospora destructor*) foram combatidas.

3.9 Características avaliadas

Foram avaliadas as seguintes características: altura de planta, produtividade total de bulbos, produtividade de bulbos comerciais, massa média de bulbos comerciais e eficiência no uso da água.

3.9.1 Avaliação do desenvolvimento vegetativo

A avaliação do desenvolvimento vegetativo foi realizada no dia 25/09/2012, 106 dias após o transplante, determinando-se a altura da planta.

3.9.1.1 Altura da planta

Foi realizada a medida, em dez plantas da parcela útil, tomadas aleatoriamente, da superfície do solo até o ápice da folha de maior comprimento, com auxílio de uma trena. Os resultados foram expressos em centímetros.

3.9.2 Avaliação da produção

A colheita foi realizada, quando mais de 60% das plantas se encontravam "estaladas", ou seja, com amolecimento do pseudocaule e tombamento da parte aérea (VIDIGAL; COSTA; MENDONÇA, 2001), no dia 06/10/2012, 117 DAT (Figura 4). As plantas foram arrancadas manualmente e mantidas ao sol por três dias, em seguida, 12 dias à sombra em galpão ventilado, para o período de cura, cobrindo-se o bulbo com as ramas do bulbo sequencial para evitar a queima pelo sol.

Após o período de cura, foi feita a toailete, com a eliminação da parte aérea e das raízes, procedendo-se, a seguir, à avaliação das seguintes características: produtividade total de bulbos, produtividade de bulbos comerciais, massa média de bulbos comerciais e eficiência no uso da água.



Figura 4 Parcela no dia da colheita

3.9.2.1 Produtividade total de bulbos

Com base nas dimensões das parcelas e, considerando o espaço entre as plantas, estimou-se a população de plantas por hectare. O valor encontrado foi de 400.000 plantas ha^{-1} . Tomando-se como base o valor de massa total de bulbos (comerciais e não comerciais) por parcela, obtidos de 20 plantas, e a população de plantas por hectare, estimou-se a produtividade total de bulbos. Os resultados foram expressos em kg ha^{-1} .

3.9.2.2 Produtividade de bulbos comerciais

A classificação dos bulbos comerciais foi realizada, conforme as normas de mercado da Portaria Ministerial nº 529, de 18 de agosto de 1995 (BRASIL, 1995). Com o valor de massa de bulbos comerciais (bulbos perfeitos e com diâmetro transversal $> 35 \text{ mm}$) por parcela, obtidos de 20 plantas, e a população

de plantas por hectare, estimou-se a produtividade de bulbos comerciais. Os resultados foram expressos em kg ha^{-1} .

3.9.2.3 Massa média de bulbos comerciais

O valor da massa média de bulbos comerciais foi determinado, dividindo-se a massa de bulbos comerciais (bulbos perfeitos e com diâmetro transversal > 35 mm) pelo número de bulbos comerciais. Os resultados foram expressos em g.

3.9.2.4 Eficiência no uso da água (EUA)

Foi determinada por meio da relação entre os valores de produtividade total de bulbos (kg ha^{-1}) e as respectivas quantidades de água consumidas (mm), em cada tratamento, durante o período de cultivo da cultura no campo. Os resultados foram expressos em $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$.

3.10 Análises estatísticas

Os dados amostrados foram submetidos à análise de variância, com a realização do teste F, e análise de regressão polinomial a 5% e 1% de probabilidade (BANZATTO; KRONKA, 2006).

As análises foram efetuadas, utilizando-se o programa computacional Sisvar para Windows, versão 5.3 para análises estatísticas (FERREIRA, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização das condições meteorológicas

As temperaturas diárias máximas, médias e mínimas do ar, ocorridas durante a condução do experimento, estão representadas na Figura 5.

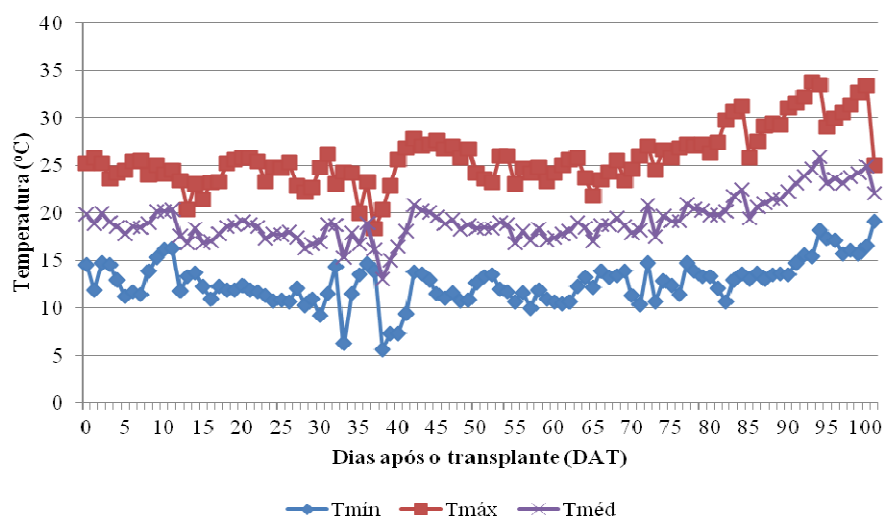


Figura 5 Temperaturas diárias máximas (Tmáx), médias (Tméd) e mínimas (Tmín) do ar ocorridas no período do experimento

No período de condução do experimento, a temperatura diária média do ar foi de 19,2°C, as mínimas atingidas ficaram entre 5,6°C e 19,2°C e as máximas entre 18,4°C e 33,8°C.

Na Figura 6 são representadas as umidades relativas diárias médias (URméd) do ar ocorridas no período do experimento.

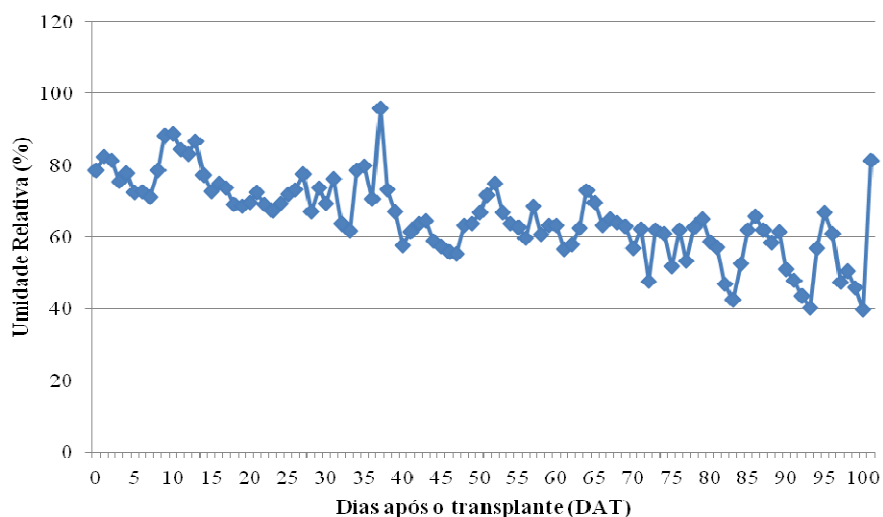


Figura 6 Umidade relativa diária média (URméd) do ar ocorrida no período do experimento

Nota-se, nesse experimento, que a umidade relativa média do ar oscilou entre 40% e 96%. O valor médio foi de 65,6%.

Os valores mensais de precipitação, ocorridos durante o período de condução do experimento no campo, são representados na Figura 7. Observa-se que no mês de maior precipitação (junho) a cultura ainda estava no processo de pegamento e adaptação, nos meses seguintes as precipitações ocorridas foram, praticamente, desprezíveis, não influenciando os tratamentos de irrigação aplicados.

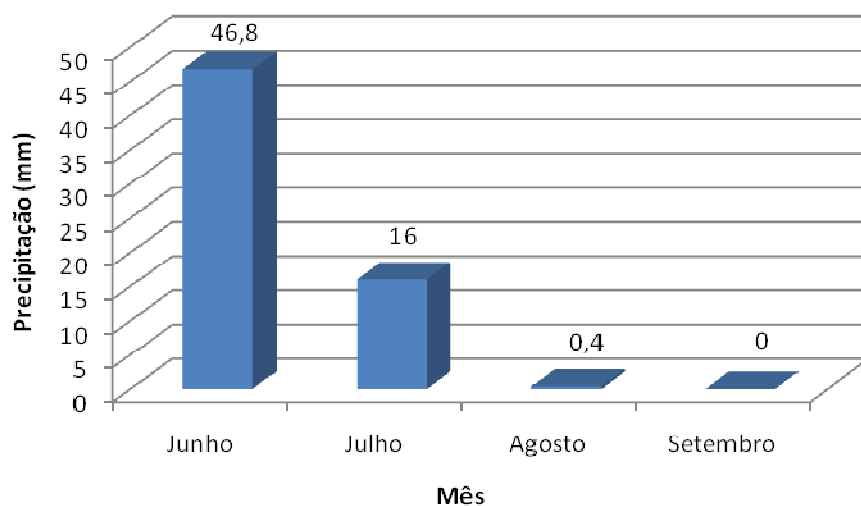


Figura 7 Precipitações mensais ocorridas durante o período de condução do experimento

A evaporação do tanque Classe A, medida diariamente às 9 horas, durante o período de condução do experimento e aplicação dos tratamentos, está representada na Figura 8. A evaporação máxima diária foi de 8,2 mm, a mínima de 0,4 mm e a média resultou em 4,4 mm.

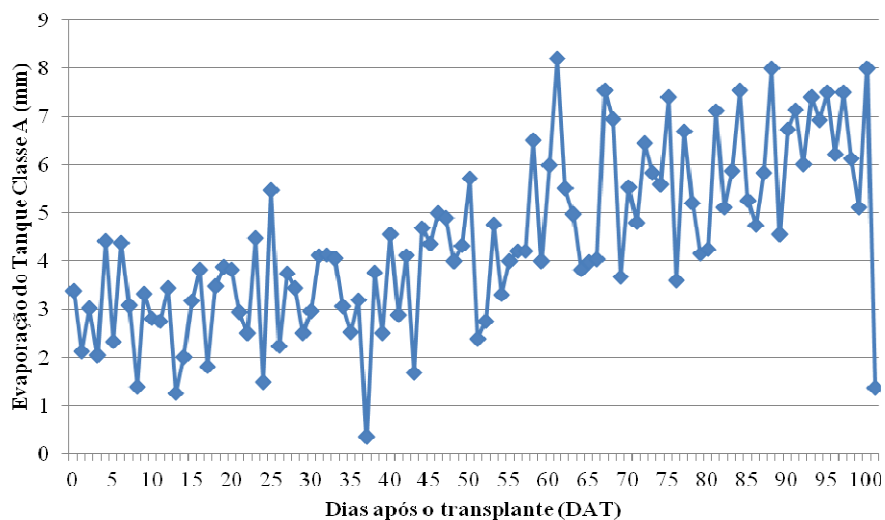


Figura 8 Evaporação diária do tanque Classe A, ocorrida durante o experimento

4.2 Lâminas de água aplicadas

Na Tabela 3 está representada a fração de reposição de água de cada tratamento e as lâminas de irrigação inicial antes da diferenciação, as precipitações ocorridas durante a condução do experimento, as lâminas de irrigação aplicadas por gotejamento após a diferenciação e os totais aplicados durante o experimento para cada tratamento.

Tabela 3 Fração de reposição de água de cada tratamento e as correspondentes lâminas de irrigação inicial, de precipitação, de irrigação por gotejamento e totais aplicadas durante a condução do experimento

Fração de reposição de água (%)	Lâmina (mm)			
	Inicial	Precipitação	Gotejamento	Total
L1 = 0,50 ECA	56	63,2	209,2	328,4
L2 = 1,00 ECA	56	63,2	434,7	553,9
L3 = 1,50 ECA	56	63,2	660,3	779,5
L4 = 2,00 ECA	56	63,2	885,9	1005,1

As lâminas totais de água aplicadas nos tratamentos se encontram na Figura 9.

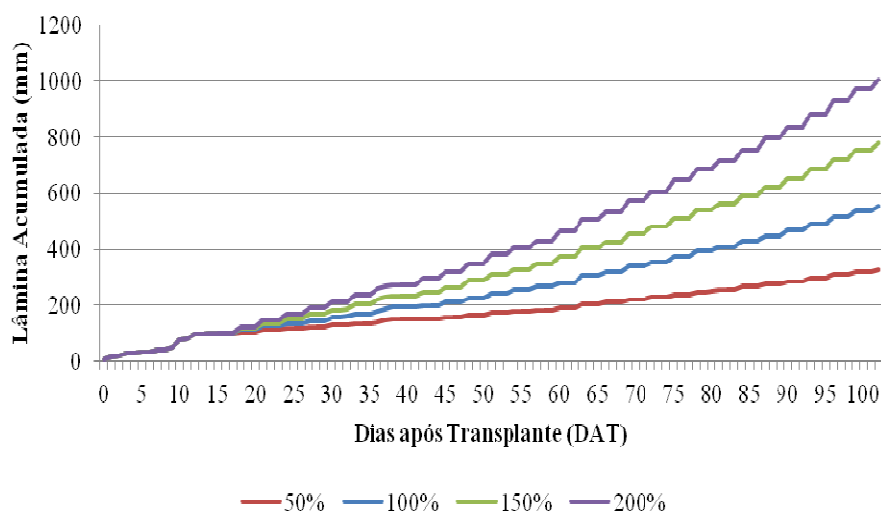


Figura 9 Lâminas totais de água aplicadas nos tratamentos L1, L2, L3 e L4, ao longo do ciclo da cultura da cebola

Salienta-se que nessas lâminas totais acumuladas por tratamento estão computados os 56,0 mm, que foram fornecidos durante a fase de estabelecimento da cultura (pegamento e climatização das mudas no campo), como pode ser observado na Figura 9 até 15 dias após o transplante (DAT). E também está incluída a precipitação pluviométrica de 63,2 mm, ocorrida durante o período de condução do experimento.

Na fase inicial do experimento há uma pequena diferenciação entre as lâminas de irrigação; que foi acentuando-se durante o experimento e, no momento da suspensão da irrigação da cultura, aos 100 DAT, as lâminas de irrigação aplicadas por gotejamento após a diferenciação foram de L1= 209,18mm; L2= 434,75mm; L3= 660,33mm e L4= 885,91 mm. Esses valores evidenciam a ocorrência de uma ampla variação no teor de água no solo, para o desenvolvimento da cebola.

4.3 Desenvolvimento vegetativo

Para avaliar o desenvolvimento vegetativo usou-se a altura de planta.

4.3.1 Altura da planta

De acordo com a análise de variância (Tabela 4) verifica-se efeitos significativos a 5%, para a altura da planta, com relação às lâminas de irrigação e 1 % de probabilidade para doses de nitrogênio. Entre a interação dos fatores, não foram detectadas diferenças significativas, para essa característica estudada.

Tabela 4 Resumo das análises de variância e de regressão para altura da planta (AP) de cebola sob diferentes lâminas totais de irrigação e doses de nitrogênio

Fontes de variação	G. L.	Q. M. AP (cm)
Lâmina	3	116,71 [*]
Dose de Nitrogênio	3	1055,61 ^{**}
Lâmina x Dose	9	35,44 ^{ns}
Bloco	2	116,86 ^{ns}
Resíduo	30	19,23
Média Geral	-	61,92
C. V. (%)	-	7,08
Lâmina	(3)	116,71 [*]
Linear	1	232,06 [*]
Quadrática	1	73,01 ^{ns}
Desvio	1	45,06 ^{ns}
Dose de Nitrogênio	(3)	1055,61 ^{**}
Linear	1	2844,19 ^{**}
Quadrática	1	274,56 ^{**}
Desvio	1	48,06 ^{ns}

ns: não significativo pelo teste F. *: significativos a 5% de probabilidade pelo teste F.

** : significativos a 1% de probabilidade pelo teste F.

O valor médio encontrado para altura de planta foi de 61,9cm com um coeficiente de variação menor que 10%, indicando boa precisão dos dados constatados no experimento.

O resultado de altura da planta mostrou resposta linear ao nível de significância de 5% (Tabela 4). Verifica-se um decréscimo na altura da planta, à medida que se aumentaram as lâminas de irrigação (Figura 10). Nota-se que 89,30% das variações, ocorridas na altura da planta, em função das lâminas de irrigação, são explicadas pela regressão linear. O valor máximo para altura de plantas (AP) ocorreu com a fração de reposição de água de 50 % (328,4 mm), resultando em uma altura de 65,6 cm.

Observou-se uma redução na AP com a aplicação das lâminas de 558, 779,5 e 1005,1 mm (100, 150 e 200% da ECA). Esse fato deve ter ocorrido em função dos elevados teores de água no solo terem reduzido o arejamento adequado na região de maior concentração das raízes (KLAR, 1991), provocando alterações fisiológicas, que podem levar à redução do crescimento foliar da cebola, bem como devido à lixiviação de nutrientes, comprovando que o excesso de água no solo é prejudicial à cultura (COSTA et al., 2002a).

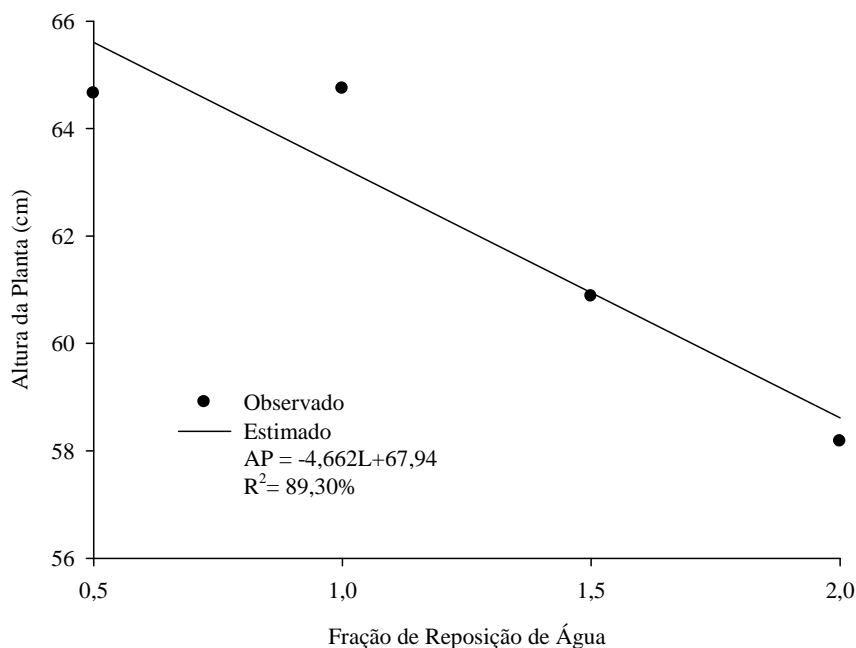


Figura 10 Altura da planta (AP) de cebola em função das diferentes lâminas de irrigação aplicadas

Esses resultados foram diferentes dos encontrados por Vilas Boas et al. (2012), que estudando o efeito de diferentes tensões da água no solo (15, 25, 35, 45, 60 e 75 kPa) sobre o desenvolvimento e produção de duas cultivares de cebola (Optima F1 e Alfa tropical) irrigadas por gotejamento em Lavras –MG, que obtiveram um decréscimo da altura da planta à medida em que aumentaram as tensões da água no solo. O valor máximo para a altura da planta ocorreu na tensão de 15 kPa (615mm) resultando na altura de 59,1 cm, para essa característica. Já a menor altura (47 cm) ocorreu com 75 kPa (277mm). Isso pode ter ocorrido devido à diferença de cultivar utilizado e também pelo fato de que no presente experimento, terem sido aplicadas maiores lâminas de irrigação durante o ciclo.

A análise de regressão mostrou que o modelo quadrático a 1% de probabilidade expressa bem a variação da altura da planta em função das doses de nitrogênio, explicando 98,48% da variação total dos dados. De acordo com a equação representada na Figura 11, ocorre um acréscimo na altura da planta, à medida que se aumentaram as doses de nitrogênio até 180 kg ha⁻¹ de N, resultando em uma altura máxima, para essa característica, de 69,2 cm.

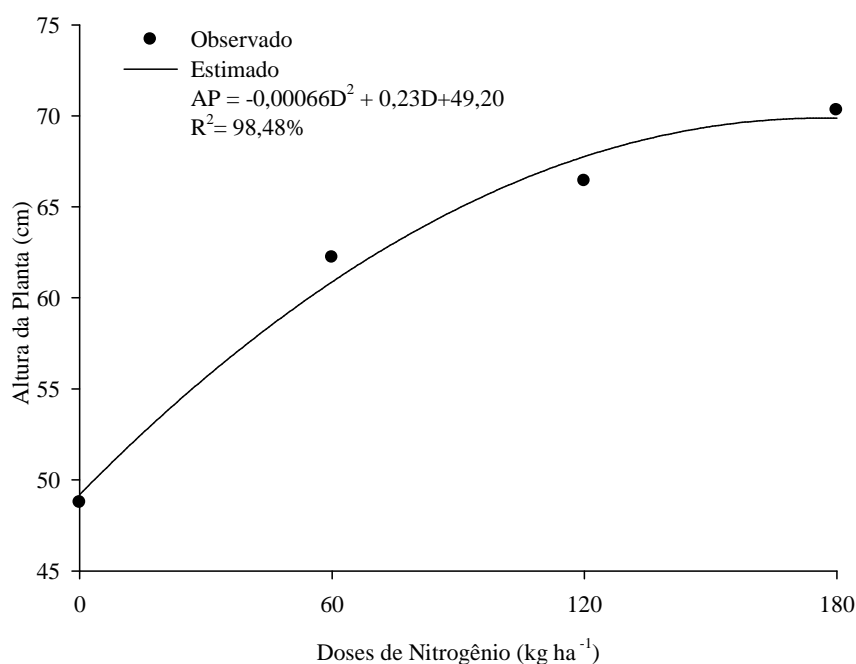


Figura 11 Altura da planta (AP) de cebola em função das diferentes doses de nitrogênio

Esse resultado está de acordo com Malavolta (2006), pois segundo o autor, o papel do nitrogênio nas plantas está diretamente ligado ao crescimento vegetativo, formação de folhas e porte da planta.

Cecílio Filho et al. (2010), também encontraram menor altura da planta de cebola (59,8 cm), quando não se utilizou N, e a maior altura (79,6 cm) com a aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N. Segundo os autores, o incremento na altura da

planta com a aplicação de nitrogênio pode proporcionar maior capacidade de produção de fotoassimilados, capaz de refletir na produtividade de bulbos.

Ghaffoor et al. (2003) relataram que a maior altura de planta de cebola, ao longo do ciclo de desenvolvimento (52,6 cm), foi alcançada com 150 kg ha⁻¹ de N, e que dose superior (180 kg ha⁻¹) não resultou em aumento no tamanho de planta. Khan et al. (2002) também verificaram redução na altura da planta com doses acima de 100 kg ha⁻¹ de N, contudo os valores foram crescentes até a referida dose, quando atingiu 30,4 cm.

Kurtz et al. (2012) avaliaram o efeito de doses (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹) e modos de aplicação (aos 45, aos 45 e 75, e aos 30, 60 e 90 dias após o transplante) de N na cebola durante três anos, em Cambissolos catarinenses. Obtiveram que com o incremento da quantidade de N aplicada, a altura das plantas de cebola aumentou. As alturas máximas foram de 82 e 72 cm para doses de 167 e 183 kg ha⁻¹ de N, respectivamente nas safras 2008/09 e 2009/10.

A variação na dose de N aplicada para a expressão máxima da característica altura da planta, entre as diferentes pesquisas, pode ser devido à variabilidade entre as condições de cultivo (adubação convencional ou fertirrigação) e a cultivar utilizada em cada experimento, assim como as características de cada solo, os fatores climáticos da região e a época de plantio. Contudo, todas as pesquisas demonstram efeito do N sobre o crescimento da planta em altura.

4.4 Produção

Para a produção avaliou-se a produtividade total de bulbos, produtividade de bulbos comerciais, massa média de bulbos comerciais e eficiência no uso da água.

4.4.1 Produtividade total de bulbos

De acordo com a análise de variância (Tabela 5), verificam-se efeitos significativos a 1% de probabilidade, para a produtividade total de bulbos, com relação ao fator doses de nitrogênio. Com relação ao fator lâminas de irrigação e entre a interação dos fatores, não foram detectadas diferenças significativas, para essa característica estudada.

Tabela 5 Resumo das análises de variância e de regressão para produtividade total de bulbos (PTB) de cebola sob diferentes lâminas totais de irrigação e doses de nitrogênio

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		PTB (kg ha ⁻¹)
Lâmina	3	982758544,44 ^{ns}
Dose de Nitrogênio	3	4592504810 ^{**}
Lâmina x Dose	9	123825159,25 ^{ns}
Bloco	2	1885939900 ^{**}
Resíduo	30	204974300
Média Geral	-	47797,50
C. V. (%)	-	29,95
Dose de Nitrogênio	(3)	4592504810 ^{**}
Linear	1	13534822426,66 ^{**}
Quadrática	1	215731200 ^{ns}
Desvio	1	26960806,66 ^{ns}

ns: não significativo pelo teste F. *: significativos a 5% de probabilidade pelo teste F.
 **: significativos a 1% de probabilidade pelo teste F.

A média de produtividade total de bulbos obtida no experimento foi de 47.798 kg ha⁻¹, mais que o dobro da média nacional que foi de 23.278 kg ha⁻¹ em 2011 (IBGE, 2012), mostrando bons resultados para a cultivar, clima, solo e sistema de irrigação utilizado.

Como não foram obtidas diferenças significativas para lâminas de irrigação, em relação à produtividade total de bulbos, conclui-se que a melhor

lâmina de irrigação é a de 328,4 mm (50 % da ECA), pois seria obtida uma produtividade de 53.772 kg ha⁻¹ com menor gasto de água e energia para o bombeamento.

Enciso et al. (2009), estudando a produção da cebola irrigada por gotejamento subsuperficial, utilizando diferentes estratégias de manejo e níveis de irrigação no Texas (EUA), observaram que durante os dois anos do estudo não houve diferenças na produtividade total entre os tratamentos de 20 kPa, 30 kPa, 100% da ETc e 75% da ETc, porque foram observadas condições semelhantes de umidade do solo. Produtividades mais baixas foram observadas nos tratamentos de 50 kPa e 50% da ETc.

Vilas Boas et al. (2012), estudando o efeito de diferentes tensões da água no solo (15, 25, 35, 45, 60 e 75 kPa) sobre a produção de duas cultivares de cebola (Optima F1 e Alfa Tropical) irrigadas por gotejamento em Lavras-MG, observaram que a produtividade total de bulbos mostrou resposta linear com nível de significância de 1%, indicando haver um decréscimo da produtividade total de bulbos sempre que se aumentaram as tensões da água no solo. O valor máximo para a produtividade total de bulbos ocorreu na tensão de 15 kPa (615mm) resultando em uma produtividade total de bulbos de 50.211 kg ha⁻¹. O valor mínimo para a produtividade total de bulbos ocorreu na tensão de 75 kPa (277mm) resultando em uma produtividade de 28.000 kg ha⁻¹.

Em um experimento de três anos analisando a produtividade total de três diferentes níveis de irrigação localizada para a cebola, Patel e Rajput (2009) mostraram que, a produção diminuiu com a redução da quantidade de água de irrigação. As lâminas de irrigação totais foram de 607 mm, 485,6mm e 364,2mm para 100%, 80% e 60% da evapotranspiração.

Além dos diferentes cultivares utilizados, clima, solo e adubação, as maiores lâminas estudadas nos experimentos citados anteriormente foram

inferiores a maior lâmina do presente estudo (1005,1 mm), isso dificulta as comparações.

No caso da produtividade total de bulbos, a variação ocorrida, em função das doses de nitrogênio aplicadas, pode ser explicada pela regressão linear, a 1% de probabilidade (Tabela 5). De acordo com a equação representada na Figura 12, o acréscimo de uma unidade (kg ha^{-1}) na dose de nitrogênio aumenta em $250,3 \text{ kg ha}^{-1}$ a produtividade total de bulbos. O valor máximo encontrado para a produtividade total de bulbos ocorre à dose de 180 kg ha^{-1} de N, resultando em um valor máximo de $70.326 \text{ kg ha}^{-1}$. Nota-se que 98,24% das variações, ocorridas na produtividade total de bulbos, em função das doses de nitrogênio aplicadas, são explicadas pela regressão linear.

Resende e Costa (2008), em estudo sobre o efeito de épocas de plantio e doses de nitrogênio e potássio, aplicadas via fertirrigação, na produtividade e armazenamento de cebola, cultivar Texas Grano 502 PRR, verificaram na ausência da adubação potássica e na dose de 90 kg ha^{-1} de K_2O , incrementos lineares na produtividade comercial em função da adubação nitrogenada, enquanto na dose de 180 kg ha^{-1} de K_2O , a resposta à adubação nitrogenada apresentou comportamento quadrático, alcançando o valor máximo de produtividade comercial de bulbos de $75.539 \text{ kg ha}^{-1}$ com a dose de 180 kg ha^{-1} de N.

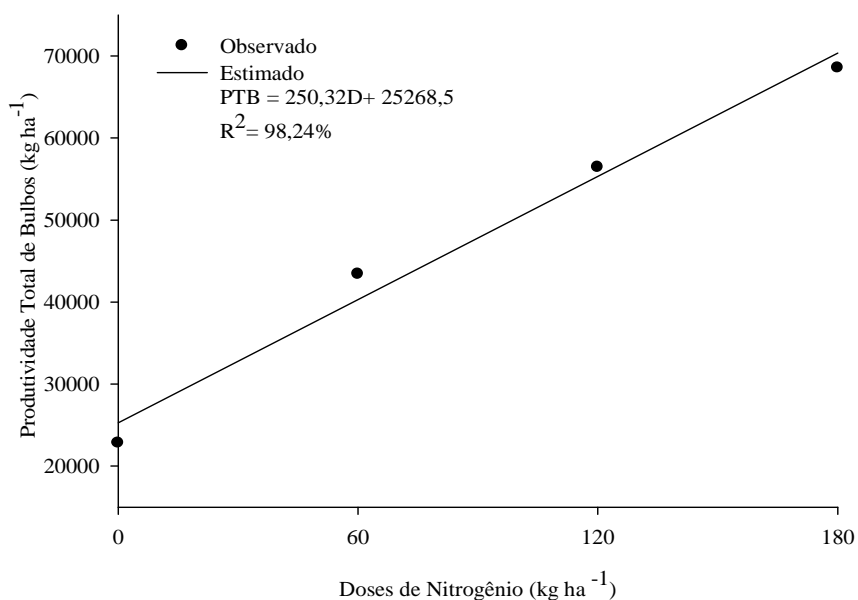


Figura 12 Produtividade total de bulbos (PTB) de cebola em função das diferentes doses de nitrogênio aplicadas

Resende, Costa e Pinto (2009), ao avaliarem o rendimento de cebola com diferentes doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) e potássio (0, 90 e 180 kg ha⁻¹), aplicados via água de irrigação, também obtiveram maior produtividade comercial de bulbos (58.678 kg ha⁻¹) de cebola com as doses de 180 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 90 kg ha⁻¹ de potássio. Segundo os autores, na interação o nitrogênio é o nutriente de maior importância, em termos de produtividade e diâmetro do bulbo.

Cecílio Filho et al. (2010) em experimento em São José do Rio Pardo-SP, visando avaliar a produtividade do híbrido de cebola Superex, em função de quatro doses de nitrogênio (0; 50; 100 e 150 kg ha⁻¹ de N) e quatro doses de potássio (0; 75; 150 e 225 kg ha⁻¹ de K₂O), observaram que a produtividade da cultura foi influenciada significativamente pela interação N e K, contudo, o nitrogênio influenciou na produtividade da cebola de forma muito mais expressiva do que o potássio. Sem a aplicação de K, a produtividade de bulbos

foi de 20 t ha⁻¹, com 0 kg ha⁻¹ de N, passando para 69,5 t ha⁻¹ com a aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N, sendo máxima em 127 kg ha⁻¹ de N. Mas, quando houve o fornecimento de N com K, foi possível obter a produtividade máxima de bulbos (89,53 t ha⁻¹), na combinação de 150 kg ha⁻¹ de N com 150 kg ha⁻¹ de K₂O.

Khan et al. (2002) verificaram incremento na produtividade de bulbos de cebola com até 100 kg ha⁻¹ de N, e que maiores doses não promoveram ganho de produtividade. Dixit (1997) concluiu que a dose de 120 kg ha⁻¹ de N foi a que proporcionou a melhor produtividade. Feigin, Sagi e Mitchnick (1980) relataram maiores produtividades com o uso de 180 kg ha⁻¹ de N. Asiegbu (1989) também verificou aumento gradual da produtividade com doses crescentes de N até 200 kg ha⁻¹, sendo as produtividades de 150 e 200 kg N ha⁻¹ similares.

Kurtz et al. (2012) avaliaram o efeito de doses (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹) e modos de aplicação (aos 45, aos 45 e 75, e aos 30, 60 e 90 dias após o transplante) de N no rendimento de bulbos de cebola durante três anos, em Cambissolos catarinenses, e observaram que a adição de N ao solo aumentou o rendimento de bulbos de cebola de forma quadrática nas três safras. Na safra 2006/07, a maior produtividade foi de 38,0 t ha⁻¹ para a dose de 200 kg ha⁻¹ de N. No ano seguinte, a produtividade máxima estimada foi de 30,2 t ha⁻¹ obtida pela adição de 153 kg ha⁻¹ de N. Essa redução, provavelmente, ocorreu devido ao nitrogênio remanescente da safra anterior.

4.4.2 Produtividade de bulbos comerciais

De acordo com a análise de variância (Tabela 6), verificam-se efeitos significativos a 5% de probabilidade, para a produtividade de bulbos comerciais, com relação ao fator lâminas de irrigação e efeitos significativos a 1% de probabilidade para o fator doses de nitrogênio. Entre a interação dos fatores, não

foi detectada diferença significativa, para essa característica estudada. A média de produtividade de bulbos comerciais no experimento foi de 47.207 kg ha⁻¹.

Tabela 6 Resumo das análises de variância e de regressão para produtividade de bulbos comerciais (PBC) de cebola sob diferentes lâminas totais de irrigação e doses de nitrogênio

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		PBC (kg ha ⁻¹)
Lâmina	3	1110168570*
Dose de Nitrogênio	3	5007152140**
Lâmina x Dose	9	145335196,29 ^{ns}
Bloco	2	1960916280**
Resíduo	30	207469261,66
Média Geral	-	47207,50
C. V. (%)	-	30,51
Lâmina	(3)	1110168570*
Linear	1	2728622406,66**
Quadrática	1	344540833,33 ^{ns}
Desvio	1	257342460 ^{ns}
Dose de Nitrogênio	(3)	5007152140**
Linear	1	14650312560**
Quadrática	1	325520833,33 ^{ns}
Desvio	1	45623040 ^{ns}

ns: não significativo pelo teste F. *: significativos a 5% de probabilidade pelo teste F.

** : significativos a 1% de probabilidade pelo teste F.

Os resultados de produtividade de bulbos comerciais mostraram resposta linear com nível de significância de 1% (Tabela 6), indicando haver um decréscimo na produtividade de bulbos comerciais, à medida que se aumentou a lâmina de irrigação aplicada. Através da equação da Figura 13 o valor máximo de produtividade de bulbos comerciais ocorreu com a fração de reposição de água de 50 % (328,4 mm), resultando em 58.297 kg ha⁻¹. Nota-se que 86,40% das variações, ocorridas na produtividade de bulbos comerciais, em função das lâminas de irrigação aplicadas são explicadas pela regressão linear.

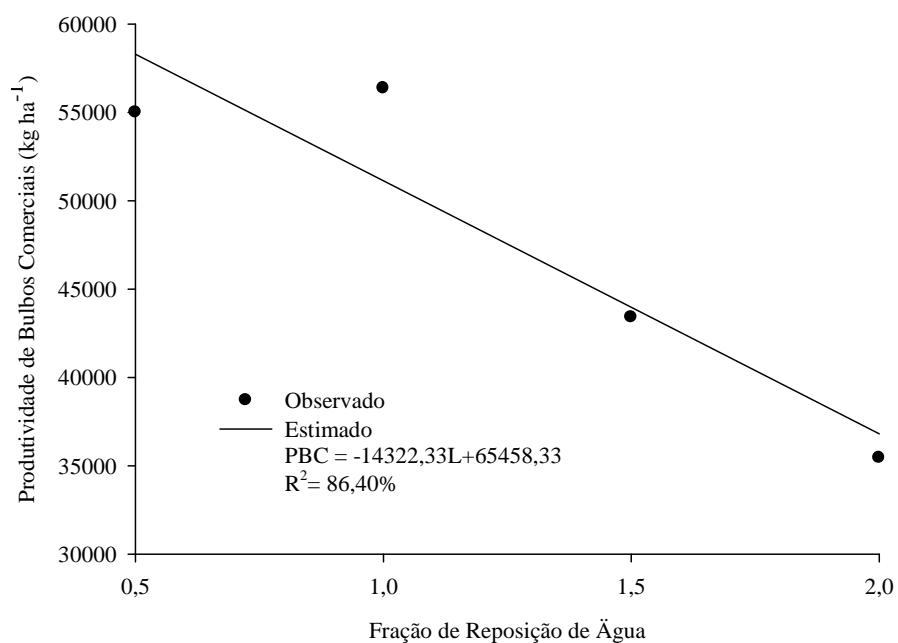


Figura 13 Produtividade de bulbos comerciais (PBC) de cebola em função das diferentes lâminas de irrigação aplicadas

Observou-se redução na PBC com a aplicação das lâminas de 558; 779,5 e 1005,1 mm (100, 150 e 200% da ECA) em função dos elevados teores de água no solo terem reduzido o arejamento adequado na região de maior concentração das raízes (KLAR, 1991). Isso pode ter provocando alterações fisiológicas, que levaram à redução da produtividade da cebola, bem como à lixiviação de nutrientes (COSTA et al., 2002a). Isso comprova que, não só o déficit hídrico, mas também, o excesso de água fornecido ao solo é bastante prejudicial à cultura.

Kumar et al. (2007), estudando os efeitos de quatro níveis de irrigação, baseados na evaporação do tanque Classe A (ECA) (0,60; 0,80; 1,00 e 1,20), utilizando irrigação por microaspersão em cebola, encontraram incrementos na produtividade de bulbos com o aumento das lâminas de água aplicadas, alcançado valores médios de 33.630 e 34.400 kg ha⁻¹ com a aplicação das

lâminas de 467,7 e 451,3 mm, correspondentes a 120% da ECA, nos anos de 2004 e 2005, respectivamente.

Vilas Boas et al. (2011b), ao avaliarem o efeito de seis níveis críticos de tensões da água no solo, 15, 25, 35, 45, 60 e 75 kPa, sobre o desempenho de duas cultivares de cebola, submetidas a irrigação por gotejamento em Lavras – MG, obtiveram um aumento significativo na produtividade comercial de bulbos de cebola, em função do decréscimo das tensões da água no solo estudadas. Para as lâminas de 615,2 e 603,6 mm, referentes à tensão de 15 kPa, a produtividade média de bulbos comerciais chegou a 39.480kg ha⁻¹ para a cultivar Alfa Tropical e 57.820kg ha⁻¹ para o híbrido Optima F1, respectivamente. Já para a tensão de 75 kPa, com as lâminas de 276,9mm e 245,4mm a produtividade média de bulbos comerciais foi mínima com 24.560kg ha⁻¹ para a cultivar Alfa Tropical e 27.320kg ha⁻¹ para o híbrido Optima F1.

Esses resultados mostram que apesar da lâmina aplicada (328,4 mm) ter sido menor que as de outros experimentos ela foi a que produziu uma das melhores produtividades. Entretanto, deve-se considerar que as condições em que os experimentos citados acima foram realizados são diferentes, tais como: local, época, condições do solo e principalmente cultivar utilizada.

A produtividade de bulbos comerciais foi bastante influenciada pelas doses de nitrogênio fornecidas ao solo via fertirrigação (Figura 14).

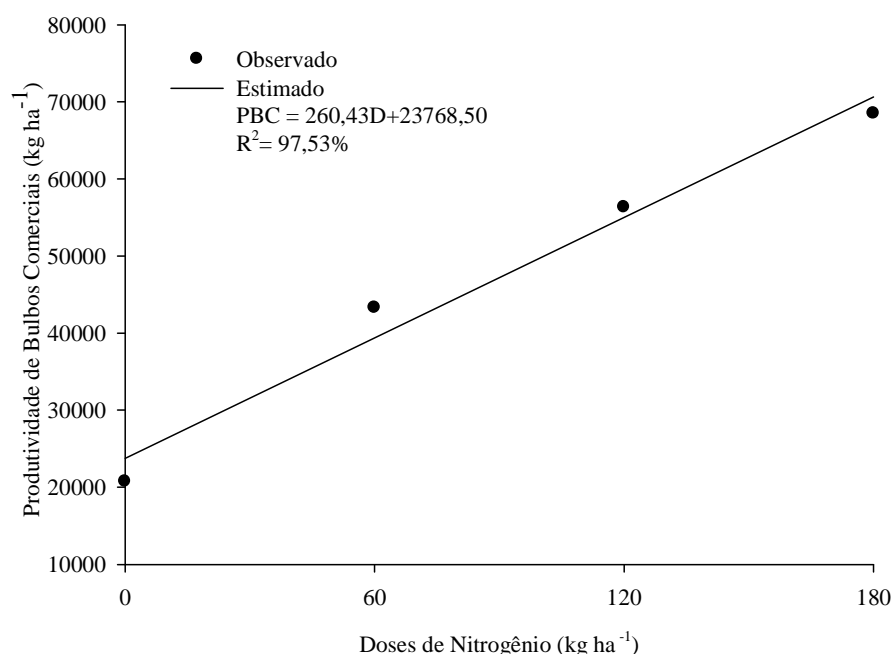


Figura 14 Produtividade de bulbos comerciais (PBC) de cebola em função das diferentes doses de nitrogênio aplicadas

A análise de regressão mostrou que o modelo linear a 1% de probabilidade expressa bem a variação da produtividade de bulbos comerciais em função das doses de nitrogênio, explicando 97,53% da variação total dos dados. De acordo com a equação representada na Figura 14, o acréscimo de uma unidade (kg ha⁻¹) na dose de nitrogênio aumenta em 260,4 kg ha⁻¹ a produtividade de bulbos comerciais. O valor máximo encontrado para a produtividade de bulbos comerciais ocorreu à dose de 180 kg ha⁻¹ de N, resultando em um valor máximo, para o parâmetro de 70.646 kg ha⁻¹.

Resende e Costa (2009) em experimento com o objetivo de avaliar a influência de quatro doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N) e três doses de potássio (0, 90 e 180 kg ha⁻¹ de K₂O) aplicadas via fertirrigação sobre o rendimento da cebola cultivar Alfa Tropical em Petrolina-PE, observaram que a produtividade comercial apresentou efeito quadrático na ausência da adubação

potássica em função das doses de N, sendo a máxima produtividade na dose de 96,5 kg ha⁻¹ de N (36,5 t ha⁻¹). Observou-se ainda, incremento linear na produtividade comercial com o aumento das doses de N quando se aplicou uma dose de 90 kg ha⁻¹ de K₂O.

Resende, Costa e Pinto (2009) em experimento com o objetivo de avaliar a influência de quatro doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N) e três doses de potássio (0, 90 e 180 kg ha⁻¹ de K₂O) aplicadas via fertirrigação sobre o rendimento da cebola, a cultivar Franciscana IPA-10, em Petrolina –PE observaram que as doses de nitrogênio apresentaram efeitos significativos lineares positivos na produtividade comercial na ausência da adubação potássica, como nas doses de 90 e 180 kg ha⁻¹ de K₂O. Pelos resultados obtidos infere-se serem as doses de 180 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 90 kg ha⁻¹ de K₂O as mais adequadas em termos produtivos.

Respostas positivas à aplicação de N na cultura da cebola têm sido relatadas por diversos autores até as doses de 150 kg/ha⁻¹ (DIAZ-PEREZ; PURVIS; PAULK, 2003; SINGH; YADAV; SINGH, 2004) e 200 kg/ha⁻¹ (NEERAJA et al., 2001) de forma isolada. Boyhan, Torrance e Hill (2007), observaram que as melhores respostas quanto à produtividade foram obtidas com a dose de 263 kg ha⁻¹ de N. Em outros trabalhos, no entanto, não são encontradas respostas positivas à aplicação de nitrogênio (BATAL et al., 1994; HENSEL; SHUMAKER, 1991; PATEL; PATEL; SADARIA, 1992). A não obtenção de resposta positiva pode ser uma indicação que a disponibilidade natural foi suficiente.

4.4.3 Massa média de bulbos comerciais

Na análise de variância (Tabela 7) foi detectado que houve diferenças significativas a 1% de probabilidade, para o fator doses de nitrogênio, quanto à

característica de massa média de bulbos comerciais. Entretanto, com relação ao fator lâminas de irrigação e entre a interação dos fatores não foram detectadas diferenças significativas, para essa característica estudada.

Tabela 7 Resumo das análises de variância e de regressão para massa média de bulbos comerciais (MMBC) de cebola sob diferentes lâminas totais de irrigação e doses de nitrogênio

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		MMBC (g)
Lâmina	3	5487,46 ^{ns}
Dose de Nitrogênio	3	26928,03 ^{**}
Lâmina x Dose	9	695,90 ^{ns}
Bloco	2	11445,85 ^{**}
Resíduo	30	1257,32
Média Geral	-	120,75
C. V. (%)	-	29,36
Dose de Nitrogênio	(3)	26928,03 ^{**}
Linear	1	79709,27 ^{**}
Quadrática	1	985,78 ^{ns}
Desvio	1	89,03 ^{ns}

ns: não significativo pelo teste F. *: significativos a 5% de probabilidade pelo teste F.
 **: significativos a 1% de probabilidade pelo teste F.

O valor da massa média de bulbos comerciais obtida no experimento foi de 120,75g sendo superior inclusive a massa média máxima de alguns outros estudos (KUMAR et al., 2007).

Como não foram obtidas diferenças significativas para massa média de bulbos comerciais em relação às lâminas de irrigação, conclui-se que a melhor lâmina de irrigação é a de 328,4 mm (50 % da ECA), pois foram obtidos valores de massa média de bulbos comerciais iguais aos demais tratamentos, porém com menor gasto de água e energia para o bombeamento.

Kumar et al. (2007), estudando os efeitos de quatro níveis de irrigação, baseados na evaporação do tanque Classe A (ECA) (0,60; 0,80; 1,00 e 1,20),

utilizando irrigação por microaspersão em cebola no clima semiárido em Punjab, Índia, durante dois anos observaram que a massa média de bulbos foi influenciada positivamente pelas lâminas de irrigação aplicadas e obtiveram valores de massa média de bulbos de 51,1 e 52,1 g, no tratamento submetido ao maior nível de irrigação (120% da ECA), com as lâminas de 467,8 e 451,3 mm, para os anos de 2004 e 2005, respectivamente. Segundo os autores, a massa média de bulbos variou, significativamente, entre os tratamentos, exceto entre os dois tratamentos em que foram aplicadas as maiores quantidades de água (100 e 120% da ECA).

Vilas Boas et al. (2012), estudando o efeito de diferentes tensões da água no solo (15, 25, 35, 45, 60 e 75 kPa), sobre o desenvolvimento e produção de duas cultivares de cebola irrigadas por gotejamento em Lavras - MG, conseguiram um resultado de massa média de bulbos comerciais com resposta linear às tensões da água, com nível de significância de 1% , sinalizando um decréscimo da massa média de bulbos comerciais sempre que se aumentaram as tensões da água no solo . O valor máximo de massa média de bulbos comerciais foi constatado na tensão de 15 kPa (615mm), resultando em uma massa média para essa característica de 126,4 g.

Além dos diferentes cultivares utilizados, clima, solo e adubação, as lâminas estudadas nesses experimentos foram inferiores às lâminas do presente estudo, isso dificulta as comparações. Mas, concluí-se que a menor lâmina (328,4 mm) seria a mais econômica com relação à massa média de bulbos comerciais.

No caso da massa média de bulbos comerciais, as variações ocorridas, em função das doses de nitrogênio aplicadas, podem ser explicadas pela regressão linear, a 1% de probabilidade (Tabela 7). De acordo com a equação representada na Figura 15, o acréscimo de uma unidade (kg ha^{-1}) na dose de nitrogênio aumenta em 0,61 g a massa média de bulbos comerciais. Observa-se

que 98,67% das variações, ocorridas na massa média de bulbos comerciais, em função das doses de nitrogênio, são explicadas pela regressão linear. O valor máximo obtido para a massa média de bulbos comerciais foi obtido com a dose de 180 kg ha⁻¹ de N, sendo a mesma da ordem de 175,88 g.

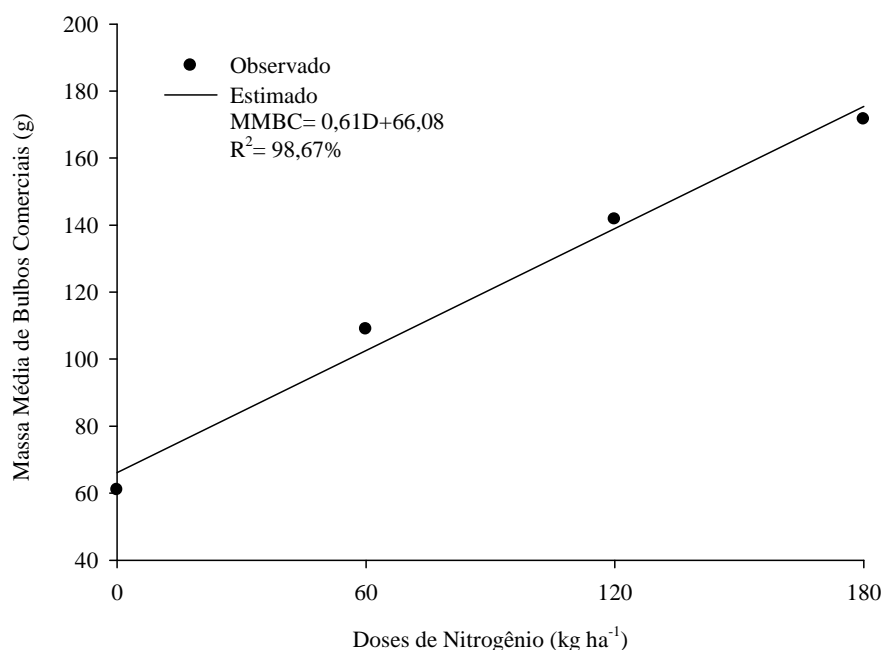


Figura 15 Massa média de bulbos comerciais (MMBC) de cebola em função das diferentes doses de nitrogênio aplicadas

Resende e Costa (2008), em estudo sobre o efeito de épocas de plantio e doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) e potássio (0, 90 e 180 kg ha⁻¹), aplicadas via fertirrigação, na produtividade e armazenamento de cebola, cultivar Texas Grano 502 PRR, em Petrolina- PE verificaram maior massa fresca de bulbos no plantio de março (121,9 g) comparativamente ao plantio de agosto (79,3 g). Esses autores, também constataram efeito linear positivo das doses de N no plantio de março, alcançando o valor máximo para a massa fresca de bulbos de 99,6 g com a dose de 180 kg ha⁻¹ de N. Na interação entre nitrogênio e

potássio, a combinação entre as doses de 180 kg ha^{-1} de K_2O e 180 kg ha^{-1} de N, proporcionou maior massa fresca de bulbos (126,6 g).

Comportamento semelhante foi encontrado por Resende, Costa e Pinto (2009) que, ao avaliarem o rendimento e a conservação pós-colheita de bulbos de cebola com doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha^{-1}) e potássio (0, 90 e 180 kg ha^{-1}), aplicados via água de irrigação, verificaram que o aumento das doses de nitrogênio proporcionou um incremento gradativo na massa fresca de bulbos, alcançando o valor máximo, para essa característica, de 93,7 g com a aplicação da dose de 180 kg ha^{-1} de N.

Kurtz et al. (2012) avaliaram o efeito de doses (0, 50, 100 e 200 kg ha^{-1}) e modos de aplicação de N no estado nutricional das plantas, no rendimento e na conservação pós-colheita de bulbos de cebola durante três anos, em Cambissolos catarinenses e obtiveram que o incremento nas doses de N aumentou de forma quadrática o peso médio dos bulbos de cebola, nas três safras. Ele passou de 133, 169 e 102 g na testemunha que não recebeu N, para até 201, 186 e 120 g, que seriam obtidos pela adição de 283, 112 e 156 kg ha^{-1} de N, nas safras 2006/07, 2008/09 e 2009/10, respectivamente.

Esses resultados mostram a capacidade de resposta da cebola à aplicação de nitrogênio e alicerça as afirmações de diversos autores que relatam que o elemento contribui decisivamente para produção de bulbos de maior tamanho (maior massa fresca) e, conseqüentemente, melhor produtividade da cultura (FARIA; PEREIRA, 1992; HASSAN, 1984; HUSSAINI; AMANS; RAMALAN, 2000; MACHADO et al., 1984; MAY et al., 2007; SINGH; SHARMA, 1991; VACHCHANI; PATEL, 1996).

A obtenção de bulbos maiores, além de estar diretamente relacionada com o aumento no rendimento, também aumenta a lucratividade, pois bulbos com diâmetro inferior a 50 mm apresentam menor valor de mercado do que bulbos maiores. Os bulbos de massa média, ao redor de 150 g, são os preferidos

comercialmente. Bulbos de tamanho muito grande devem ser evitados, pois, além de terem menor aceitação comercial, são mais suscetíveis ao apodrecimento (BATAL et al., 1994).

4.4.4 Eficiência no uso da água

De acordo com a análise de variância (Tabela 8) verifica-se efeitos significativos a 1% de probabilidade, para a eficiência no uso da água, com relação aos fatores lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. Entre a interação dos fatores, não foram detectadas diferenças significativas, para essa característica estudada.

Tabela 8 Resumo das análises de variância e de regressão para eficiência no uso da água (EUA) pela cultura da cebola sob diferentes lâminas totais de irrigação e doses de nitrogênio

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		EUA (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)
Lâmina	3	38166,09 ^{**}
Dose de Nitrogênio	3	12251,65 ^{**}
Lâmina x Dose	9	421,96 ^{ns}
Bloco	2	4486,11 ^{ns}
Resíduo	30	856,59
Média Geral	-	89,73
C. V. (%)	-	32,62
Lâmina	(3)	38166,09 ^{**}
Linear	1	109275,52 ^{**}
Quadrática	1	5185,38 ^{ns}
Desvio	1	37,37 ^{ns}
Dose de Nitrogênio	(3)	12251,65 ^{**}
Linear	1	35446,8 ^{**}
Quadrática	1	1152,02 ^{ns}
Desvio	1	156,15 ^{ns}

ns: não significativo pelo teste F. *: significativos a 5% de probabilidade pelo teste F.

***: significativos a 1% de probabilidade pelo teste F.

A análise de regressão mostrou que, o modelo linear a 1% de probabilidade expressa bem a variação da eficiência no uso da água em função das lâminas de irrigação, explicando 95,44% da variação total dos dados. A eficiência no uso da água apresentou comportamento linear decrescente com o aumento das lâminas de irrigação (Figura 16). O valor máximo encontrado para a eficiência no uso da água foi de $153,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ obtido com a fração de reposição de 50% (328,4 mm).

Kumar et al. (2007), estudaram os efeitos de quatro níveis de irrigação, baseados na evaporação do tanque Classe A (ECA) (0,60; 0,80; 1,00 e 1,20), utilizando irrigação por microaspersão em cebola no clima semiárido em Punjab, Índia, durante dois anos. A lâmina de irrigação aplicada no T1, T2, T3 e T4 foram de, respectivamente, 275, 343, 407 e 468 mm para o primeiro ano e 257, 315, 389 e 451 mm no segundo ano. Observaram que a máxima eficiência no uso da água ocorreu no T2 ($76,99$ e $90,22 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) em ambos os anos, com valores de lâmina de irrigação semelhante ao valor de L1(328,4 mm) desse estudo.

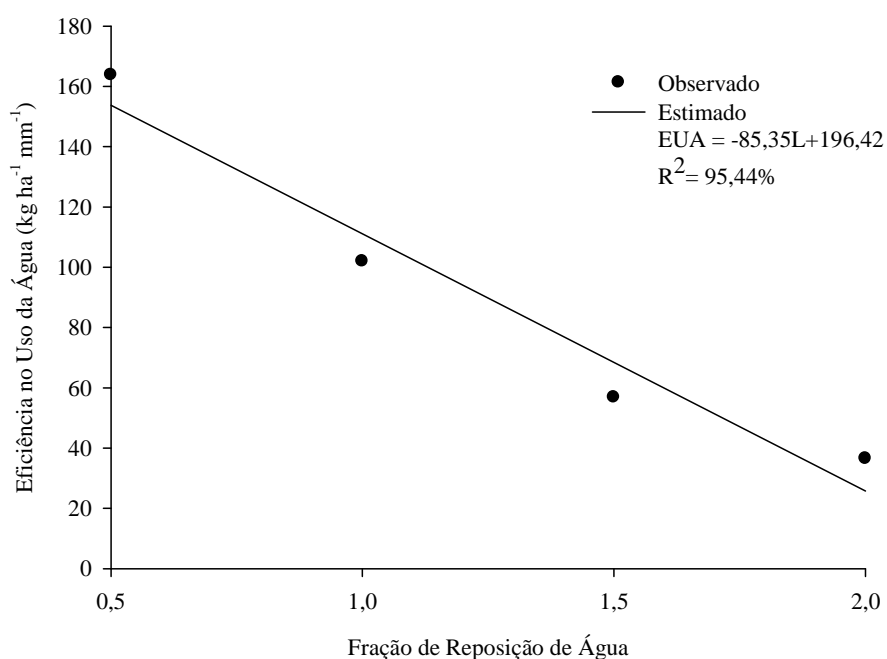


Figura 16 Eficiência no uso da água (EUA) pela cultura da cebola em função das diferentes lâminas de irrigação aplicadas

Vilas Boas et al. (2011b), estudando o efeito de seis níveis críticos de tensões da água no solo, 15, 25, 35, 45, 60 e 75 kPa, sobre o desempenho de duas cultivares de cebola, submetidas à irrigação por gotejamento em Lavras - MG, mostraram que a eficiência no uso da água apresentou comportamento linear crescente com o aumento das tensões da água no solo, estudadas a 1% de probabilidade. O valor máximo encontrado para a eficiência no uso da água foi de 105,1 kg ha⁻¹ mm⁻¹ obtido na tensão de 75 kPa (tratamento correspondente à menor lâmina de água aplicada de 277mm).

Alguns trabalhos da literatura, realizados com outras hortaliças, também, têm mostrado que a eficiência no uso da água aumenta com o acréscimo da tensão da água no solo e/ou com o decréscimo da lâmina de água (MAROUELLI; SILVA; MORETTI, 2003; SÁ et al., 2005; VILAS BOAS et al., 2007).

Essa equação pode ser usada para prever a produção de cebola em condições agroclimáticas semelhantes, sem a realização de experimentos tediosos, sendo utilizadas como guia para decisão do potencial de produção em relação aos níveis de irrigação.

Assim, se a água torna-se fator limitante, a fração de reposição de 50% seria o nível mais adequado da irrigação para o cultivo de cebola com sistema de irrigação por gotejamento em Lavras-MG para as condições em que foi realizado o experimento.

No caso da eficiência no uso da água, as variações ocorridas, em função das doses de nitrogênio aplicadas, podem ser explicadas pela regressão linear, a 1% de probabilidade (Tabela 8). De acordo com a equação representada na Figura 17, o acréscimo de uma unidade (kg ha^{-1}) na dose de nitrogênio aumenta em $0,41 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ a eficiência no uso da água. Observa-se que 96,44% das variações, ocorridas na eficiência no uso da água, em função das doses de nitrogênio, são explicadas pela regressão linear. O valor máximo obtido para a eficiência no uso da água ocorreu à dose de 180 kg ha^{-1} de N, resultando em $127,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$.

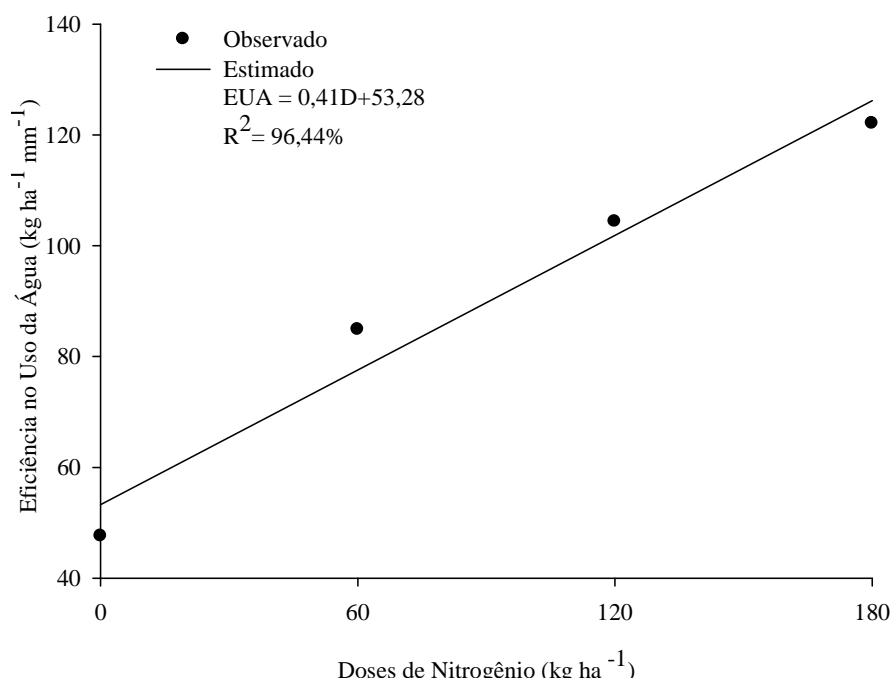


Figura 17 Eficiência no uso da água (EUA) pela cultura da cebola em função das diferentes doses de nitrogênio aplicadas

5 CONCLUSÃO

Diante das condições em que o experimento foi desenvolvido e dos resultados obtidos para a cultura da cebola, pode-se concluir que:

a) maior altura de planta, maiores produtividades (total de bulbos e de bulbos comerciais), maior massa média de bulbos comerciais e maior eficiência no uso da água foram obtidos com a dose de 180 kg ha^{-1} de N;

b) com relação às lâminas de irrigação, os fatores altura da planta, produtividade de bulbos comerciais e eficiência do uso da água tiveram efeito significativo, sendo a maior altura de plantas, maiores produtividades de bulbo comerciais e maior eficiência no uso da água foram obtidas com a aplicação da lâmina de irrigação de 328,4 mm (50% da ECA);

c) entretanto, os fatores produtividade total de bulbos e massa média de bulbos comerciais não tiveram efeito significativo, sendo, portanto a melhor lâmina de irrigação também a de 328,4 mm (50 % da ECA), pois seriam obtidos os mesmos resultados com menor gasto de água e energia para o bombeamento;

d) a eficiência no uso da água reduziu, linearmente, com o acréscimo das lâminas de irrigação estudadas e com o decréscimo das doses de nitrogênio aplicadas.

REFERÊNCIAS

- ABU AWWAD, A. M. Irrigation water management for onion trickle irrigated with saline drainage water. **Dirasat Series B. Pure and Applied Sciences**, Amman, v. 23, n. 1, p. 46-54, 1996.
- ALBUQUERQUE, F. S. et al. Crescimento e rendimento de pimentão fertirrigado sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 686-694, 2011.
- ANEZ, R. B.; TAVIRA, D. E. Aplicación de N, P y K a diferentes poblaciones de plantas de cebolla. **Turrialba**, San José, v. 36, n. 2, p. 163-170, abr./jun. 1986.
- ARAUJO, M. T. et al. **Cultivo da cebola**. Brasília: EPAMIG/EMBRAPA/CODEVASF, 1997. Folder.
- ASIEGBU, J. E. Response of onion to lime and fertilizer N in a tropical Ultisol. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 66, n. 2, p. 161-166, 1989.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 237 p.
- BATAL, K. M. et al. Effects of source, rate, and frequency of N application on yield, marketable and rot incidence of sweet onion (*Allium cepa* L. cv. Granex-33). **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 69, n. 6, p. 1043-1051, 1994.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7. ed. atual. ampl. Viçosa, MG: UFV, 2005. 611 p.
- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Manejo da água e nutrientes para o pepino em ambiente protegido sob fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 251-255, 2002.

BOFF, P.; HENRI, S.; GONÇALVES, P. A. S. Influência da densidade de plantas na ocorrência de doenças foliares e produção de bulbos de cebola. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 4, p. 448-452, dez. 1998.

BOYHAN, G. E.; TORRANCE, R. L.; HILL, C. R. Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium rates and fertilizer sources on yield and leaf nutrient status of short-day onions. **HortScience**, Alexandria, v. 42, n. 3, p. 653-660, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas: 1961-1990**. Brasília: SPI/EMBRAPA, 1992. 84 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Portaria n. 529 de 18 de agosto de 1995. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 1 set. 1995. Seção 1, p. 13513.

CARRIJO, O. A. et al. **Fertirrigação de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA, 2004. 13 p. (Circular Técnica, 32).

CECÍLIO FILHO, A. B. et al. Produtividade e classificação de bulbos de cebola em função da fertilização nitrogenada e potássica, em semeadura direta. **Científica**, Jaboticabal, v. 38, n. 1/2, p. 14-22, 2010.

CHOPADE, S. O.; BANSODE, P. N.; HIWASE, S. S. Studies on fertilizer and water management to onion. **PKV Research Journal**, Akola, v. 22, p. 44-47, 1998.

COSTA, E. L. et al. Irrigação da cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 218, p. 57-66, 2002a.

COSTA, N. D. et al. Cultivares de cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 218, p. 20-27, 2002b.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.

DIAZ-PEREZ, J. C.; PURVIS, A. C.; PAULK, J. T. Bolting, yield, and bulb decay of sweet onion as affected by nitrogen fertilization. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 128, n. 1, p. 144-149, 2003.

DIXIT, S. P. Response of onion (*Allium cepa* L.) to nitrogen and farmyard manure in dry temperate high hills of Himachal Pradesh. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 67, n. 5, p. 222-223, 1997.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 2000. 221 p. (Irrigação e Drenagem, 33).

ELLIS, J. E. et al. A comparison of five irrigation methods on onions. **HortScience**, Alexandria, v. 21, n. 6, p. 1349-1351, Dec. 1986.

ELOI, W. M. et al. Distribuição espacial do sistema radicular da gravoieira em função de doses de nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 9, p. 256-69, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

ENCISO, J. et al. Onion yield and quality response to two irrigation scheduling strategies. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 120, p. 301-305, 2009.

ENCISO, J. M.; JIFON, J.; WIEDENFELD, B. Subsurface drip irrigation of onions: effects of drip tape emitter spacing on yield and quality. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 92, n. 3, p. 1-7, 2007.

FARIA, C. M.; PEREIRA, J. R. Fontes e níveis de nitrogênio na produtividade da cebola no Vale do São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 3, p. 403-407, mar. 1992.

FEIGIN, A.; SAGIU, B.; MITCHNICK, Z. Response of onion (cv. Ori) to manuring and nitrogen fertilization in loes soil. **Horticultural Abstracts**, Farnham Royal, v. 50, n. 6, p. 531, 1980.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, M. D. **Cultura da cebola**: recomendações técnicas. Campinas: ASGROW, 2000. 36 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, MG: UFV, 2000. 402 p.

FONTES, P. C. R. Cebola. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 184.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Agricultural production, primary crops**. 2010. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 1 fev. 2013.

GHAFFOOR, A. et al. Effect of different NPK levels on the growth and yield of three onion (*Allium cepa* L.) varieties. **Asian Journal of Plant Sciences**, Islamabad, v. 2, n. 3, p. 342-346, 2003.

GONÇALVES, P. A. S.; WORDELL FILHO, J. A.; KURTZ, C. Efeitos da adubação sobre a incidência de trips e míldio e na produtividade da cultura da cebola. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 22, p. 57-60, 2009.

HALVORSON, A. D. et al. Nitrogen effects on onion yield under drip and furrow irrigation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, n. 4, p. 1062-1069, July/Aug. 2008.

HASSAN, M.S. Effects of frequency of irrigation and fertilizer nitrogen on yield and quality of onions (*Allium cepa* L.) in the arid tropics of Sudan. **Acta Horticulturae**, The Hague, v.143, p.341-346, 1984.

HENSEL, D. R.; SHUMAKER, J. R. Plant bed configuration, fertilization rate and application method, and cultivar effects on sweet onion production.

Proceedings of the Florida State Horticulture Society, Lake Buena Vista, v. 103, p. 105-107, June 1991.

HUSSAINI, M. A.; AMANS, E. B.; RAMALAN, A. A. Yield, bulb size distribution, and storability of onion (*Allium cepa* L.) under different levels of N fertilization and irrigation regime. **Tropical Agriculture**, Saint Augustine, v. 77, n. 3, p. 145-149, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.
Levantamento sistemático da produção agrícola. Rio de Janeiro, 2012. v. 25, p. 1-88.

KHAN, H. et al. Effect of various plant spacing and different nitrogen levels on the growth and yield of onion (*Allium cepa* L.) **Journal of Biological Sciences**, Bombay, v. 2, n. 8, p. 545-547, 2002.

KIPKORIR, E. C.; RAES, D.; MASSAWE, B. Seasonal water production functions and yield response factors for maize and onion in Perkerra, Kenya. **Agricultural Water Management**, Columbus, v. 56, p. 229-240, 2002.

KLAR, A. E. **Irrigação**: frequência e quantidade de aplicação de água. São Paulo: Nobel, 1991. 156 p.

KUMAR, S. et al. Response of onion (*Allium cepa* L.) to different levels of irrigation water. **Agricultural Water Management**, Columbus, v. 89, p. 161-166, 2007.

KURTZ, C. et al. Rendimento e Conservação de Cebola Alterados pela Dose e Parcelamento de Nitrogênio em Cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 36, p. 865-875, 2012.

MACHADO, M. O. et al. **Adubação para a cultura da cebola na região do Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina**. Florianópolis: EMPASC, 1984. 17 p. (Boletim Técnico, 26)

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MARCUSSI, F. F. N. Uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em planta de pimentão. **Engenharia Agrícola**, Sorocaba, v. 25, p. 642-650, 2005.

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

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças**: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001. 111 p.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1996. 72 p.

MAY, A. et al. Produtividade de híbridos de cebola em função da população de plantas e da fertilização nitrogenada e potássica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 53-59, jan./mar. 2007.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; VIEIRA NETO, J. Produção da cebola em função da densidade de plantas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 733-739, 2012.

NEERAJA, G. et al. Influence of irrigation and nitrogen levels on bulb yield, nutrient uptake and nitrogen use efficiencies in rabi onion (*Allium cepa*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 71, n. 2, p. 109-112, 2001.

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

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). **Fertirrigação**: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 11-84.

PATEL, K. P.; PATEL, B. S.; SADARIA, S. G. Yield and nutrient uptake by onion (*Allium cepa* L.) as influenced by irrigation, nitrogen and phosphorus. **Indian Journal of Agronomy**, New Delhi, v. 37, p. 395-396, 1992.

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

RAJPUT, T. B. S.; PATEL, N. Water and nitrate movement in drip-irrigated onion under fertigation and irrigation treatments. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 79, n. 3, p. 293-311, Feb. 2006.

RAVIKUMAR, V. et al. Evaluation of fertigation scheduling for sugarcane using a vadose zone flow and transport model. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 98, n. 9, p. 1431-1440, July 2011.

REBOUÇAS, T. N. H. et al. Densidade de plantio em cebola no sistema de semeadura no Norte de Minas Gerais. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 20, p. 78-86, 2008.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D. Épocas de plantio e doses de nitrogênio e potássio na produtividade e armazenamento da cebola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 2, p. 221-226, fev. 2008.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D. Produtividade e armazenamento de cebola (*allium cepa* L.) submetida a doses de nitrogênio e potássio via fertirrigação em cultivo de verão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1314-1320, set./out. 2009.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D.; PINTO, J. M. Rendimento e conservação pós-colheita de bulbos de cebola com doses de nitrogênio e potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 139-143, abr./jun. 2009.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359 p.

RICCI, M. S. F. et al. Teores de nutrientes em duas cultivares de alface adubadas com composto orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 8, p. 1035-1039, ago. 1995.

SÁ, N. S. A. et al. Comportamento da cultura do tomateiro sob diferentes tensões de água no solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 341-347, 2005.

SAHA, U. K. et al. Yield and water use of onion under different irrigation schedules in Bangladesh. **Japanese Journal of Tropical Agriculture**, Tokyo, v. 41, n. 4, p. 268-274, 1997.

SANTA OLALLA, F. M.; DOMINGUEZ-PADILLA, A.; LOPEZ, R. Production and quality of onion crop (*Allium cepa* L.) cultivated in semi-arid climate. **Agricultural Water Management**, Columbus, v. 68, p. 77-89, 2004.

SANTA OLALLA, F. M.; VALERO, J. A. J.; CORTES, C. F. Growth and production of onion crop (*Allium cepa* L.) under different irrigation scheduling. **European Journal of Agronomy**, Córdoba, v. 3, n. 1, p. 85-92, 1994.

SHOCK, C. C.; FEIBERT, E. B. G.; SAUNDERS, L. D. Plant population and nitrogen fertilization for subsurface drip-irrigated onion. **HortScience**, Alexandria, v. 39, p. 1722-1727, 2004.

SHOCK, C. C.; FEIBERT, E. B. G.; SAUNDERS, L. D. Irrigation criteria for drip-irrigated onions. **HortScience**, Alexandria, v. 35, n. 1, p. 63-66, Feb. 2000.

SHOCK, C. C.; FEIBERT, E. B. G.; SAUNDERS, L. D. Onion yield and quality affected by soil water potential as irrigation threshold. **HortScience**, Alexandria, v. 33, n. 7, p. 1188-1191, Dec.1998.

SILVA, E. C.; LEAL, N. R.; MALUF, W. R. Avaliação de cultivares de alface sob altas temperaturas em cultivo protegido em três épocas de plantio na região norte-fluminense. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 3, p. 491-499, jul./set. 1999.

SINGH, D.; SHARMA, R. P. Effect of soil moisture regimes and nitrogen fertilization on onion. **Indian Journal of Agronomy**, New Delhi, v. 36, n. 1, p. 125-126, 1991.

SINGH, R. P.; JAIN, N. K.; POONIA, B. L. Response of Kharif onion to nitrogen, phosphorus and potash in eastern plains of Rajasthan. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 70, n. 3, p. 871-872, 2000.

SINGH, S.; YADAV, P. K.; SINGH, B. Effect of nitrogen and potassium on growth and yield of onion (*Allium cepa* L.) cv. Pusa Red. **Haryana Journal Horticultural Sciences**, Hisar, v. 33, n. 3/4, p. 308-309, 2004.

SOUZA, R. J.; RESENDE, G. M. **Cultura da cebola**. Lavras: UFLA, 2002. 115 p. (Texto Acadêmico, 21).

TROUT, T. J.; KINCAID, D. C. On-farm system design and operation and land management. In: LASCANO, R. J.; SOJKA, R. E. (Ed.). **Irrigation of agricultural crops**. 2nd ed. Madison: ASA, CSSA, and SSSA, 2007. p. 133-179.

VACHCHANI, M. U.; PATEL, Z. G. Growth and yield of onion (*Allium cepa* L.) as influenced by levels of nitrogen, phosphorus and potash under south Gujarat conditions. **Progressive Horticulture**, Uttar Pradesh, v. 25, n. 3/4, p. 166-167, 1996.

VERMEIREN, G. A.; JOBLING, G. A. **Irrigação localizada**. Campina Grande: UFPB, 1997. 184 p. (Irrigação e Drenagem, 36).

VIDIGAL, S. M.; COSTA, E. L.; MENDONÇA, J. L. **Cultivo da cebola irrigada na região Norte de Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2001. 36 p. (Boletim Técnico, 62).

VILAS BOAS, R. C. et al. Desempenho de cultivares de cebola em função do manejo da irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 117-124, 2011b.

VILAS BOAS, R. C. et al. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de cebola irrigadas por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 7, p. 706-713, 2012.

VILAS BOAS, R. C. et al. Efeito da irrigação no desenvolvimento da alface crespa, em ambiente protegido, em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, p. 393-397, 2007.

VILAS BOAS, R. C. et al. Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 781-788, jul./ago. 2011a.

VILAS BOAS, R. C. **Manejo e viabilidade econômica da irrigação por gotejamento na cultura da cebola**. 2010. 114 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

VOLPE, C. A.; CHURATA-MASCA, M. G. C. **Manejo da irrigação em hortaliças**: método do tanque classe A. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 19 p.