

**MANEJO E VIABILIDADE ECONÔMICA DA
IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NA
CULTURA DA CEBOLA**

RENATO CARVALHO VILAS BOAS

2010

RENATO CARVALHO VILAS BOAS

**MANEJO E VIABILIDADE ECONÔMICA DA IRRIGAÇÃO POR
GOTEJAMENTO NA CULTURA DA CEBOLA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia de Água e Solo, para obtenção do título de “Doutor”.

Orientador
Prof. Dr. Geraldo Magela Pereira

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

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

Vilas Boas, Renato Carvalho.

Manejo e viabilidade econômica da irrigação por gotejamento na cultura da cebola / Renato Carvalho Vilas Boas. – Lavras : UFLA, 2010.

114 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: Geraldo Magela Pereira.

Bibliografia.

1. *Allium cepa* L. 2. Irrigação localizada. 3. Considerações econômicas. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.587

RENATO CARVALHO VILAS BOAS

**MANEJO E VIABILIDADE ECONÔMICA DA IRRIGAÇÃO POR
GOTEJAMENTO NA CULTURA DA CEBOLA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia de Água e Solo, para obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 25 de fevereiro de 2010

Prof. Dr. Rovilson José de Souza	UFLA
Prof. Dr. Ricardo Pereira Reis	UFLA
Prof. Dr. Jacinto de Assunção Carvalho	UFLA
Pesq. Dr. Édio Luiz da Costa	EPAMIG

Prof. Dr. Geraldo Magela Pereira
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

A Deus,

pelo maravilhoso dom da vida, pela força e presença sempre constante

OFEREÇO

Aos meus pais, Carlos e Izilda,

pelo amor, apoio e incentivo.

À minha irmã Racielle,

pela compreensão, apoio e carinho.

À minha sobrinha Beatriz,

pelo convívio, alegria e carinho.

Aos meus familiares e amigos,

pelo apoio e incentivo na realização deste trabalho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha existência.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Departamento de Engenharia (DEG), pela oportunidade de realização do curso.

À FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pelo financiamento do projeto de pesquisa (Nº. do processo: CAG-APQ-1569-3.12/07) e pela concessão da bolsa de estudos e ao CNPq – Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão da bolsa de iniciação científica.

Ao professor, Dr. Geraldo Magela Pereira, pela oportunidade, orientação e amizade durante a realização do curso.

Aos professores, Dr. Rovilson José de Souza e Dr. Ricardo Pereira Reis, pela atenção prestada, co-orientação e apoio na realização deste estudo e, também, pelos ensinamentos.

A todo o corpo docente do curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola/Engenharia de Água e Solo do Departamento de Engenharia da UFLA, pelos ensinamentos repassados.

Aos professores, Dr. Joel Augusto Muniz e Dr. Marcelo Ângelo Cirillo, pelos ensinamentos e sugestões na área de estatística.

À EMBRAPA/CNPH – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças e ao pesquisador Dr. Jony Eishi Yuri, pela doação das sementes de cebola utilizadas neste trabalho de pesquisa.

Aos funcionários do Setor de Engenharia de Água e Solo da UFLA, Gilson, Oswaldo (Nenê), José Luiz, Daniela e Greice pelos serviços prestados no decorrer do curso e do experimento.

Aos funcionários do Setor de Olericultura da UFLA, Pedro, Milton, Josemar e Leandro, por estarem sempre dispostos a ajudar na condução do experimento.

Ao bolsista de iniciação científica, Rodrigo Consoni, pela amizade e ajuda na condução do experimento.

Aos alunos de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Gustavo Guerra Costa, Luciano Oliveira Geisenhoff e Joaquim Alves de Lima Junior, pela ajuda durante a montagem do sistema de irrigação do experimento.

A todos os colegas dos cursos de Graduação e de Pós-graduação da UFLA, pelo convívio e, principalmente, pela grande amizade.

Ao meu tio, professor, Dr. Márcio Antônio Vilas Boas, pelos ensinamentos e incentivos constantes.

À minha tia, Maria José de Carvalho, e às minhas avós, Maria Aparecida de Jesus e Angelita Mendonça Vilas Boas, pelas orações, pelo carinho, incentivo e apoio nos momentos de dificuldades da vida.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram para o êxito deste trabalho científico.

BIOGRAFIA

RENATO CARVALHO VILAS BOAS, filho de Carlos Meres Vilas Boas e Izilda Aparecida de Carvalho Vilas Boas, nasceu em Lavras, Minas Gerais, em 17 de maio de 1978.

Em 1988, concluiu o ensino fundamental na Escola Estadual Álvaro Botelho, em Lavras, MG. O ensino médio foi concluído em 1995, na Escola Estadual Dr. João Batista Hermeto, em Lavras, MG.

Cursou Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Lavras – UFLA, de agosto de 1998 a julho de 2003. Foi bolsista de iniciação científica da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, de 2001 a 2003, desenvolvendo trabalhos relacionados à fertilidade do solo, nutrição mineral de plantas e irrigação e drenagem.

Cursou o Mestrado em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Lavras – UFLA, área de concentração em Irrigação e Drenagem, de agosto de 2004 a fevereiro de 2006.

Ingressou no curso de Doutorado em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Lavras – UFLA, área de concentração em Engenharia de Água e Solo, em março de 2006.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1 Aspectos gerais da cultura da cebola.....	03
2.2 Necessidade de água da cultura.....	05
2.3 Manejo da irrigação com base na tensão da água no solo.....	07
2.4 Características dos métodos de irrigação por aspersão e localizada.....	09
2.5 Custos de produção.....	12
2.5.1 Custos de irrigação.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Localização e época do experimento.....	19
3.1.1 Clima.....	20
3.2 Solo.....	20
3.2.1 Análises físicas.....	20
3.2.2 Análises químicas.....	22
3.2.3 Preparo do solo e canteiros.....	23
3.3 Delineamento experimental e tratamentos.....	24
3.4 Sistema e manejo da irrigação.....	26
3.5 Cultivares empregadas e produção das mudas.....	30
3.6 Instalação e condução do experimento.....	31
3.7 Práticas culturais.....	32
3.7.1 Adubação.....	32
3.7.2 Controle de plantas daninhas.....	33

3.7.3 Controle fitossanitário.....	33
3.8 Variáveis meteorológicas.....	34
3.9 Características avaliadas.....	34
3.9.1 Avaliação do desenvolvimento vegetativo.....	34
3.9.1.1 Altura da planta.....	35
3.9.1.2 Diâmetro na região do colo.....	35
3.9.2 Avaliação da produção.....	35
3.9.2.1 Produtividade total de bulbos.....	35
3.9.2.2 Produtividade de bulbos comerciais.....	36
3.9.2.3 Classificação de bulbos comerciais.....	36
3.9.2.4 Massa média de bulbos comerciais.....	36
3.9.2.5 Sólidos solúveis totais.....	37
3.9.2.6 Teor de matéria seca de bulbos comerciais.....	37
3.9.2.7 Eficiência no uso da água (EUA).....	38
3.9.3 Avaliação da conservação pós-colheita.....	38
3.10 Análises estatísticas.....	38
3.11 Custos de produção.....	38
3.11.1 Custo fixo.....	41
3.11.2 Custo variável.....	42
3.12 Estudo econômico simplificado.....	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
4.1 Caracterização das condições climáticas.....	46
4.2 Tensões e lâminas de água aplicadas.....	48
4.3 Avaliação do sistema de irrigação.....	55
4.4 Desenvolvimento vegetativo.....	55
4.4.1 Altura da planta.....	55
4.4.2 Diâmetro na região do colo.....	58
4.5 Produção.....	64

4.5.1 Produtividade total de bulbos.....	64
4.5.2 Produtividade de bulbos comerciais.....	70
4.5.3 Classificação de bulbos comerciais.....	73
4.5.4 Massa média de bulbos comerciais.....	76
4.5.5 Sólidos solúveis totais.....	80
4.5.6 Teor de matéria seca de bulbos comerciais.....	84
4.5.7 Eficiência no uso da água.....	85
4.6 Conservação pós-colheita.....	88
4.6.1 Perda de massa.....	88
4.7 Custo total de produção.....	93
4.8 Estudo econômico simplificado.....	97
5 CONCLUSÕES.....	98
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
ANEXOS.....	110

RESUMO

VILAS BOAS, Renato Carvalho. **Manejo e viabilidade econômica da irrigação por gotejamento na cultura da cebola.** 2010. 114 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola/Engenharia de Água e Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

Objetivou-se, com este estudo, avaliar o efeito de diferentes tensões da água no solo sobre o desenvolvimento, produção e conservação pós-colheita de duas cultivares de cebola, irrigadas por gotejamento, bem como estimar a viabilidade econômica desta irrigação na cultura da cebola. O experimento foi conduzido em canteiros construídos a “céu aberto”, na área experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), “Setor de Olericultura”, no período de junho a outubro de 2008. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 6, com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de duas cultivares de cebola, cultivar híbrida Optima F1 e cultivar não híbrida Alfa Tropical, e seis tensões da água no solo, 15, 25, 35, 45, 60 e 75 kPa. Com os resultados concluiu-se que o híbrido Optima F1 apresentou melhores respostas com relação às seguintes características analisadas: produtividade total de bulbos, produtividade de bulbos comerciais, massa média de bulbos comerciais, eficiência no uso da água e perda de massa de bulbos; a altura da planta e o diâmetro do colo apresentaram respostas lineares decrescentes à medida que se aumentaram as tensões da água no solo, para ambas cultivares; em ambas cultivares, para a obtenção de plantas mais altas, maiores produtividades de bulbos (total e comercial), maior porcentagem de bulbos das classes 3 e 4, e maior massa média de bulbos comerciais, deve-se irrigar no momento em que a tensão da água no solo estiver em torno de 15 kPa à profundidade de 0,15 m; o teor de sólidos solúveis totais apresentou resposta quadrática, com relação às tensões da água no solo e o valor máximo, obtido à tensão de 29,8 kPa; não houve resposta do teor de matéria seca de bulbos comerciais às tensões da água no solo aplicadas; a eficiência no uso da água aumentou, linearmente, em função do acréscimo da tensão da água no solo; a perda de massa de bulbos mostrou tendência linear crescente com relação ao aumento de dias após cura, tendo o híbrido Optima F1 apresentado menos perdas, durante o período de armazenamento; os custos totais médios foram, inversamente, proporcionais às produtividades dos tratamentos de tensão da água no solo, para ambas cultivares, indicando uma resposta à escala

¹Comitê Orientador: Geraldo Magela Pereira – UFLA (Orientador), Rovilson José de Souza – UFLA e Ricardo Pereira Reis – UFLA.

de produção; a recomendação é de que se adote, como momento de irrigar, a tensão da água no solo de 15 kPa e, como cultivar, o híbrido Optima F1, para que se obtenha maior lucratividade na atividade produtiva; a irrigação por gotejamento na cultura da cebola, adotando-se as tensões da água no solo e as cultivares estudadas neste trabalho, é economicamente viável.

Palavras-chave: *Allium cepa* L. Irrigação localizada. Considerações econômicas.

ABSTRACT

VILAS BOAS, Renato Carvalho. **Drip irrigation management and economic viability on onion crop.** 2010. 114 p. Thesis (Doctorate in Agricultural Engineering/Engineering of Water and Soil) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.¹

This study aimed to assess the effect of different water tensions in soil over the development, production and postharvest conservation of two onion cultivars irrigated by drip system, as well, to estimate the economic viability of this irrigation system. The experiment was conducted in open field beds at the experimental area on the Agriculture Department at the Federal University of Lavras (UFLA), Horticulture sector, from June to October 2008. The experimental design used was the randomized block design in factorial scheme 2 x 6, with four repetitions. The treatments were two onion cultivars, the hybrid Optima F1 and the non hybrid Alfa Tropical and six soil water tensions, i.e., 15, 25, 35, 45, 60 and 75 kPa. The results allowed to conclude the hybrid Optima F1 presented best responses regarding the following analyzed characteristics: total bulb yield, commercial bulb yield, average mass of commercial bulbs, water use efficiency and loss in bulb mass; the plant height and the hypocotyls diameter presented decrescent linear response as the water tensions were increased, for both cultivars; in both cultivars, in order to achieve taller plants, higher bulb yields (total and commercial), higher percentage of classes 3 and 4 bulbs, and higher average mass of commercial bulbs, the irrigation must be applied when the soil water tensions is around 15 kPa at 0.15 m depth; the total solids content presented a quadratic response regarding to the water soil tensions, and the maximum value, obtained at the tension of 29.8 kPa; there were no responses to the dry matter content of commercial bulbs related to the water tensions applied to the soil; the water use efficiency augmented linearly regarding to an increase of the water soil tension; the loss in bulb mass showed a crescent linear trend related to increase of days after maturation, and the hybrid Optima F1 presented lower losses during the storage period; the average total costs were inversely proportional to the yield of the soil water tension treatments, for both cultivars, indicating a response related to the production scale; the recommendation is to adopt the tension of 15 kPa as the moment for irrigation, along with the hybrid cultivar Optima F1, for higher incomes in the onion production; the drip irrigation on onion crop adopting the soil water tensions and the cultivars used in this study, is economically viable.

¹Guidance Committee: Geraldo Magela Pereira – UFLA (Major Professor), Rovilson José de Souza – UFLA and Ricardo Pereira Reis – UFLA.

Key words: *Allium cepa* L. Trickle irrigation. Economical aspects.

1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de cebola, em 2005, foi de 59,5 milhões de toneladas, cultivadas em 3,2 milhões de hectares, que proporcionou uma produtividade média de 18,6 t.ha⁻¹ (Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO, 2007). No Brasil, a cebola é considerada a terceira hortaliça mais importante em termos de valor econômico (Souza & Resende, 2002). Em 2008, a produtividade média nacional, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2009), situou-se em torno de 20,4 t.ha⁻¹ e, nos Estados de São Paulo e Minas Gerais, maiores produtores do Sudeste, houve uma produtividade média de 28,8 e 46,7 t.ha⁻¹, respectivamente.

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, ao reduzir o crescimento e, conseqüentemente, a produção e a qualidade de bulbos. Desta 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 nessa atividade agrícola, visando maximizar a eficiência no uso da água com competitividade do agronegócio e sustentabilidade ambiental, sem se esquecer da interação com os outros fatores, tais como: cultivar, densidade de plantio, fertilização, tratos culturais, colheita, dentre outras atividades.

Outro fator que pode influenciar no sucesso do cultivo da cebola é o modo de aplicação da água de irrigação (aspersão, gotejamento). A irrigação por aspersão, pode propiciar condições desfavoráveis ao desenvolvimento da cultura e levar à queda na produtividade, além de aumentar os custos com energia de bombeamento e fertilizantes, ao se trabalhar com baixa eficiência de irrigação e de fertirrigação, podendo até mesmo resultar na contaminação dos recursos hídricos (por agrotóxicos e fertilizantes), pelo escoamento superficial.

O sistema de irrigação por gotejamento apresenta muitas vantagens, dentre elas podem-se destacar: 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), redução dos gastos com energia e com mão-de-obra e possibilidade de automação.

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 comerciais 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 e de defensivos, aliada a um possível aumento da produtividade.

No Brasil, estudos sobre a produção de cebola irrigada por gotejamento, ainda, são incipientes, tanto no aspecto do manejo adequado da irrigação, ou seja, o momento oportuno de irrigar e a quantidade de água a ser aplicada, quanto em relação à análise de viabilidade econômica.

Diante do exposto, objetivou-se, com este estudo, avaliar o efeito de diferentes tensões da água no solo sobre o desenvolvimento, produção e conservação pós-colheita de duas cultivares de cebola irrigadas por gotejamento, bem como estimar a viabilidade econômica desta irrigação na cultura da cebola.

2 REVISÃO DE LITERATURA

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 et al., 1996). Assim, quando as características de solo e do sistema radicular são levadas em consideração, o manejo da irrigação pode ser ajustado às condições momentâneas da cultura.

Segundo Costa N. et al. (2002), 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, reprodutiva, quando se verifica o florescimento e a produção de sementes. Em condições de temperatura elevada (30°C), na fase inicial de desenvolvimento vegetativo, poderá apresentar bulbificação precoce. Por outro lado, sob condições prolongadas de temperaturas baixas, em torno de 12°C, poderá ser induzida ao florescimento prematuro.

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).

Dentre os sistemas de cultivo utilizados no Brasil, destaca-se a semeadura seguida por transplante de mudas (Ferreira M., 2000; Souza & Resende, 2002). Segundo Souza & 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.

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).

Em relação à adubação, o fósforo deve ser aplicado no plantio e a recomendação deve ser com base no teor de argila do solo e na disponibilidade do mesmo (Ribeiro et al., 1999); já o potássio, deve ser aplicado juntamente com o nitrogênio em cobertura, em duas vezes (aos 30 e 45 DAT) (Ferreira M., 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 et al., 1998). O plantio deve ser feito em canteiros, após aração e gradagem, a fim de favorecer a obtenção de bulbos bem formados (Filgueira, 2000). Galmarini & Gaspera (1995) observaram aumento na produtividade da cebola, com o incremento da densidade de 156.000 plantas.ha⁻¹ (29,92 t.ha⁻¹), para 830.000 plantas.ha⁻¹ (62,86 t.ha⁻¹), todavia, com redução no tamanho do bulbo. Recomenda-se a densidade de 300.000 a 415.000 plantas.ha⁻¹ como a ideal.

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. No entanto, recomenda-se que a colheita deve iniciar quando mais de 60% das plantas estiverem estaladas (Vidigal et al., 2001).

Conforme a duração do ciclo e a exigência fotoperiódica, as cultivares (híbridas e não-híbridas), plantadas no Brasil, podem ser reunidas em três grupos (Filgueira, 2000):

- ✓ precoces: apresentam ciclo curto, com duração de 4-5 meses, são menos exigentes em fotoperíodo (10-11 horas de luz). Exemplos: Granex 429, Alfa Tropical e Optima F1;
- ✓ ciclo mediano: o ciclo apresenta duração de 5-6 meses e a exigência fotoperiódica é de 11-13 horas de luz. Exemplos: Baia Periforme, Bola Precoce e IPA-6;
- ✓ tardias: apresentam ciclo mais longo, de 6-8 meses, são mais exigentes em fotoperíodo (acima de 13 horas de luz). Exemplos: Conquista, Jubileu e Bella Crioula.

2.2 Necessidade de água da cultura

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).

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 d'água entre 4 e 5 mm.d⁻¹ (Araujo et al., 1997). Nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, o consumo total de água varia de 350 a 550 mm (Costa E. et al., 2002).

Durante o estágio inicial de desenvolvimento, a cultura da cebola necessita de uma lâmina d'água entre 3 e 5 mm.d⁻¹, com frequência de 1 a 2 dias, dependendo das condições climáticas e do tipo de solo. Caso a temperatura e a

radiação solar sejam muito altas e o solo apresente baixa capacidade de retenção de água, deve-se irrigar de duas a três vezes ao dia (Silva, 1986).

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 E. et al. (2002), 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 et al., 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).

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 (Costa E. et al., 2002).

Há um estreito relacionamento entre as doenças na cultura da cebola e a forma de aplicação de água. O uso de cultivares adaptadas à região, associado a métodos de irrigação adequados a cada tipo de solo e topografia, pode reduzir a incidência de doenças, bem como aumentar a produtividade. Doenças como tombamento das mudas (*damping off*), mal-de-sete-voltas (antracnose), podridão-basal (fusariose), podridão-mole, mancha-púrpura (requeima), queima-

das-pontas (mofo-cinzento), podridão-aquosa (mela) são exemplos de danos causados à cebola, em função das condições de alta umidade no solo e/ou parte aérea. Além disso, a presença de tripes, que “raspa” a cerosidade da folha, favorece a entrada de alternária e míldio, especialmente, quando a irrigação é realizada por aspersão.

2.3 Manejo da irrigação com base na tensão da água no solo

Sempre que um solo não estiver saturado, nele existem ar e interfaces água/ar (meniscos) que lhe conferem o estado de tensão (pressão negativa). Assim, a água no solo, via de regra, encontra-se sob tensões. A tensão da água no solo, chamada de potencial matricial, é resultante da afinidade da água com a matriz do solo, por causa das forças de adsorção e de capilaridade, oriundas das forças coesivas e adesivas, que se desenvolvem entre as três fases do solo (Gomide, 2000).

O potencial matricial do solo é um importante indicador da disponibilidade de água para as plantas (Smajstrla & Harrison, 1998), o qual corresponde a uma medida da quantidade de energia requerida pelas plantas para extrair água do solo (Smajstrla & Pitts, 1997).

Há uma série de instrumentos empregados na determinação do potencial da água no solo (Reichardt & Timm, 2004), entretanto, o controle da tensão é, geralmente, realizado com o auxílio de tensiômetros, que trabalham na faixa de tensão entre 0 e 80 kPa (Costa E. et al., 2002).

O tensiômetro consiste de uma cápsula porosa, de cerâmica em contato com o solo, ligada a um vacuômetro, por meio de um tubo de PVC completamente cheio de água (Reichardt & Timm, 2004). Quando colocado no solo, a água do tensiômetro entra em contato com a água do solo e o equilíbrio tende a se estabelecer. Qualquer mudança no teor de água no solo e, conseqüentemente, em seu estado de energia, será transmitida à água no interior

da cápsula e indicada pelo dispositivo de leitura. A cápsula do tensiômetro funciona como uma membrana semipermeável, permitindo a livre passagem de água e íons, não permitindo a passagem de ar e partículas de solo (Gomide, 2000).

Para a maioria dos solos, a tensão máxima registrada pelos tensiômetros corresponde à utilização de mais de 50% da água disponível, que é a compreendida entre a umidade do solo na capacidade de campo e o ponto de murcha permanente (Cabello, 1996).

Utilizando-se a tensão da água no solo para o manejo, a irrigação deve ser realizada toda vez que a tensão atingir um determinado valor crítico que não afete o desempenho da cultura. Segundo Morgan et al. (2001), o teor de água do solo deve ser mantido entre certos limites específicos acima e abaixo, cuja água disponível para a planta não seja limitada, enquanto a lixiviação é prevenida.

Para o cálculo da lâmina d'água a ser aplicada por irrigação, torna-se necessário o conhecimento do teor de água no solo em equilíbrio com dada tensão. Para isso, podem-se utilizar as curvas de retenção de água no solo, consideradas como uma das ferramentas básicas no estudo dos processos de movimentação e retenção de água no solo, que representa a relação entre a porcentagem de água no solo e a tensão com que a água está retida no solo, podendo ser obtida em laboratório ou no campo (Costa E. et al., 2002).

Conhecendo-se quando irrigar pela tensão da água no solo por meio do tensiômetro, é estabelecido quanto de água deve ser aplicada pela irrigação com base no armazenamento de água no solo.

Trabalhos de avaliação da cultura da cebola, sob diferentes níveis de umidade do solo, têm mostrado que os níveis mais altos proporcionam maiores rendimentos (Coelho et al., 1996; Shock et al., 1998, 2000).

Segundo Carrijo et al. (1990), a faixa de tensão da água no solo, na região de maior concentração de raízes para a cebola, é de 15 a 45 kPa, valores

estes tomados como limites para a manutenção de teores adequados de água à cultura, além dos quais deve-se irrigar. Tensões menores devem ser utilizadas, nos estádios mais exigentes em água, como bulbificação e crescimento de bulbos (Doorenbos & Pruitt, 1977; Whithers & Vipond, 1977) e, em solos mais arenosos ou solos de Cerrado, inclusive, os de textura argilosa (Marouelli et al., 1996).

Muitos trabalhos sobre a irrigação da cebola mostram que a produtividade de bulbos é altamente dependente da quantidade de água aplicada (Abu Awwad, 1996; Imtiyaz & Singh, 1990; Koriem et al., 1999; Prashar et al., 1994; Saha et al., 1997; Santa Olalla et al., 1994; Sharma et al., 1994; Shock et al., 1998, 2000; Thabet et al., 1994).

Entretanto, em poucos estudos são analisados critérios de manejo da irrigação por gotejamento na cultura da cebola (Chopade et al., 1998; Santa Olalla et al., 2004; Shock et al., 1998). Estes autores relatam que as melhores produtividades de bulbos ocorreram, quando o solo foi mantido, constantemente, com alto teor de água.

Em diversos trabalhos da literatura verifica-se ser a tensão da água no solo indicada, tanto para determinar o momento de irrigar, quanto para estimar a quantidade de água a ser aplicada em várias culturas (Figuerêdo, 1998; Gondim et al., 2000; Guerra et al., 1994; Guerra, 1995; Sá et al., 2005; Santos & Pereira, 2004).

2.4 Características dos métodos de irrigação por aspersão e localizada

Atualmente, os sistemas por aspersão são os mais utilizados no Brasil, para a irrigação da cultura da cebola, destacando-se o convencional, especialmente nas regiões Sul e Sudeste. Entretanto, 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 E. et al., 2002).

Como principais vantagens da aspersão, podem-se destacar: a possibilidade de ser usada em qualquer tipo de solo e em terrenos declivosos, a possibilidade de automação e de aplicação de fertilizantes via água de irrigação. A aspersão, no entanto, pode ter a uniformidade de distribuição de água severamente afetada pela interferência do vento e, sob climas secos e quentes, tem a eficiência reduzida pela evaporação. E, ainda, a água aplicada sobre a planta pode lavar produtos aplicados à folhagem e favorecer uma maior incidência de doenças na parte aérea (Marouelli et al., 2001).

Em virtude da preocupação, em nível 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, tanto para novas áreas quanto para a substituição dos métodos de irrigação por superfície e por aspersão, por ser mais eficiente na aplicação de água e de fertilizantes (fertirrigação), nas mais diversas condições ambientais (Nogueira et al., 1998).

A irrigação localizada compreende, segundo Bernardo et al. (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 Bernardo et al. (2005) e Vermeiren & Jobling (1997), são as seguintes: maior eficiência no uso da água, maior produtividade, maior eficiência na adubação e no controle fitossanitário, não interfere nas práticas culturais, adapta-se a diferentes tipos de solo e topografia, possibilidade de ser usada com água salina ou em solos

salinos, economia de mão-de-obra, redução dos gastos de energia e possibilidade de automação.

Dentre as limitações destacam-se as que estão diretamente relacionadas aos acessórios e emissores, assim como a forma de aplicação da água particular desse sistema de irrigação, podendo citar (Bernardo et al., 2005; Vermeiren & Jobling, 1997): entupimento dos gotejadores, acúmulo de sais no solo, restrição ao desenvolvimento das raízes da planta e alto custo de implantação, embora se apresente como um sistema viável para o agricultor, principalmente, quando se leva em consideração a economia no uso da água e de defensivos, aliada a um possível aumento da produtividade.

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 comerciais cultivadas com a cebola irrigadas pelo sistema de gotejamento. Uma das principais limitações é seu alto custo inicial.

Embora Ellis et al. (1986) não tenham verificado incrementos de produtividade de cebola sob irrigação por gotejamento, comparativos à irrigação por aspersão, Shock et al. (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.

Neste contexto, a irrigação localizada destaca-se na horticultura brasileira como um dos métodos de maior sintonia com a nova Lei de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97), pois, a água é utilizada com maior eficiência, o que permite um melhor controle da lâmina aplicada.

2.5 Custos de produção

Os fundamentos teóricos ligados à tecnologia, aos preços dos insumos e à busca da eficiência na alocação dos recursos produtivos constituem a base da relação entre custo total e produção. O custo total de produção constitui-se na soma de todos os pagamentos efetuados pelo uso dos recursos e serviços, incluindo o custo alternativo do emprego dos fatores produtivos.

Na teoria do custo, para efeito de planejamento, deve-se determinar o período de tempo, que pode ser classificado em curto ou longo prazo. Em curto prazo, os recursos utilizados são classificados em custos fixos e variáveis. Os custos fixos (CF) são aqueles correspondentes aos recursos que não são assimilados totalmente pelo produto no curto prazo, considerando-se apenas uma parcela de sua vida útil, por meio da depreciação. Constitui-se em recursos que, dificilmente, são alteráveis em curto prazo e seu conjunto determina a capacidade de produção, ou seja, a escala de produção. Já os custos variáveis (CV) são aqueles referentes aos recursos com duração inferior ou igual ao curto prazo, no qual se incorporam totalmente ao produto e a sua recomposição é feita a cada ciclo do processo produtivo e que podem provocar alterações quantitativas e qualitativas no produto dentro do ciclo. São facilmente alteráveis. A soma dos custos fixos e variáveis representa o custo total (CT), que corresponde à soma de todos os custos com fluxos de serviços de capital (depreciações) e insumos (despesas), para produzir certa quantidade do produto, durante o ciclo de produção da atividade agrícola. Outra classificação, importante para a análise, divide-se em custo alternativo ou de oportunidade e custo operacional (Cop) e, para facilitar as análises em termos unitários, apuram-se os custos médios (CMe) (Reis, 2007).

Os custos operacionais constituem os valores correspondentes às depreciações e aos insumos empregados, equivalentes ao prazo de análise, enquanto os custos alternativos correspondem à remuneração que esses recursos

teriam se fossem empregados na melhor das demais alternativas econômicas possíveis (Reis et al., 2001).

O custo econômico obtém-se da soma entre o custo operacional e o custo alternativo. Segundo Reis (2007), o custo operacional é dividido em custo operacional fixo (CopF), composto pelas depreciações e custo operacional variável (CopV), constituído pelos desembolsos. O custo operacional total (CopT) é a soma do custo operacional fixo e operacional variável. A finalidade dos custos operacionais na análise é a opção de decisão em casos em que os retornos financeiros sejam inferiores aos de outras alternativas, representadas pelos custos de oportunidade. Neste sentido, ainda, podem fazer importantes interpretações com base neste tipo de custo.

Quando se divide o custo desejado pela quantidade (q) do produto agrícola produzido, naquele ciclo estudado, encontra-se o custo total médio (CTMe) o qual é importante para se realizarem as análises, em termos unitários, comparando-se com os preços do produto.

Segundo Reis (2007), os resultados das condições de mercado e rendimento da empresa agrícola (ou atividade produtiva) são medidos pelo preço do produto ou pela receita média (RMe). A receita média pode ser considerada como o preço do produto mais o valor médio das vendas de explorações secundárias (subprodutos).

A análise econômica da atividade em questão por unidade produtiva é obtida comparando-se a receita média ou o preço recebido pelo produto com os custos totais médios. As situações de análises econômicas e operacionais de uma atividade produtiva, segundo Reis (2007), mostradas na Figura 1, são:

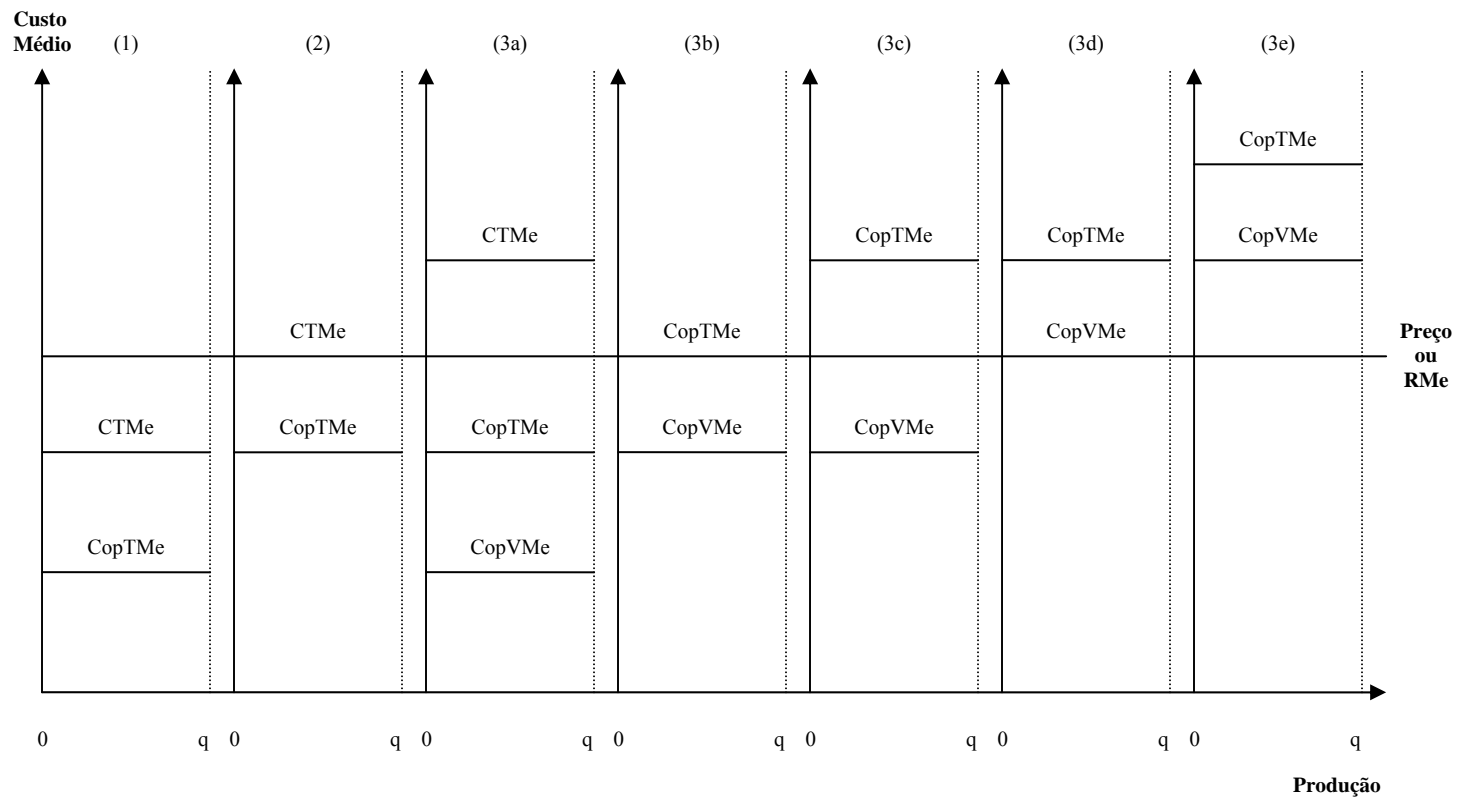


FIGURA 1 Situações de análises econômicas e operacionais de uma atividade produtiva.
 Fonte: Reis (2007).

- ✓ Situação (1): corresponde ao lucro supernormal ($RMe > CTMe$), paga todos os recursos aplicados na atividade econômica e proporciona um lucro adicional, superior ao de outras alternativas de mercado. A tendência em médio e longo prazo é de expansão e entrada de novas empresas, para a atividade, atraindo investimentos competitivos.
- ✓ Situação (2): representa o lucro normal ($RMe = CTMe$), paga todos os recursos aplicados na atividade em questão. A remuneração é igual à de outras alternativas (custo de oportunidade) e, por isto, diz-se que o lucro é normal. Este valor seria o que o empresário receberia, se aplicasse os recursos (insumos e serviços) na alternativa considerada; por exemplo, o valor com base na taxa de juros estipulada para o cálculo de rendimento alternativo. A atividade permanece sem expansão, mas também sem retração, e a tendência em curto e longo prazo é de equilíbrio.
- ✓ Situação (3a): corresponde ao resíduo positivo ($CTMe > RMe > CopTMe$), paga todos os recursos aplicados na atividade. A remuneração é menor que a de outras alternativas (custo de oportunidade) e, neste caso, o empresário estaria diante de uma situação em que há rendimento menor do que o dos juros ou aluguel, ou de outra base de cálculo para o custo alternativo. A tendência é de permanecer na atividade, mas em longo prazo poderia buscar outras melhores alternativas de aplicação do capital.
- ✓ Situação (3b): ocorre quando o resíduo é nulo ($RMe = CopTMe$), paga todos os recursos de produção. Nesta circunstância não há remuneração alternativa, ou seja, a atividade deixa de ganhar o equivalente ao custo alternativo. A tendência é de permanecer na atividade, mas o empresário poderia abandoná-la se os resultados não melhorassem.
- ✓ Situação (3c): representa o resíduo negativo com cobertura de parte do custo fixo ($CopTMe > RMe > CopVMe$), paga os recursos variáveis e

parte dos fixos. A tendência do empresário em médio e longo prazo é de retrair e sair da atividade.

- ✓ Situação (3d): ocorre quando o resíduo é negativo sem cobertura dos recursos fixos ($RMe = CopVMe$), paga somente os recursos variáveis. A tendência é de sair da atividade.
- ✓ Situação (3e): representa o resíduo negativo, sem cobrir os recursos variáveis ou capital de giro ($RMe < CopVMe$), ocorre a necessidade de subsidiar os recursos variáveis. A saída da atividade reduz os prejuízos.

Caso a empresa seja capaz de ajustar-se, totalmente, a mudanças de circunstâncias, alterando o tamanho do empreendimento, de forma que não existem fatores fixos, trata-se da análise em longo prazo. A empresa, em cada nível de produção, procura aperfeiçoar esta produção com menor custo total, por meio da alocação ótima dos fatores produtivos e ganhos de escala (Silva, 2002).

2.5.1 Custos de irrigação

No processo de produção agrícola irrigada, é necessário distinguir agricultura irrigada de irrigação. Os custos, associados à primeira, dizem respeito à produção agrícola, obtida com uso da irrigação, abrangendo todos os elementos necessários à produção agrícola, inclusive, a água suprida por irrigação. Já os custos pertinentes à irrigação decorrem apenas dos fatores e insumos utilizados para suprir a água utilizada na produção agrícola. No caso da irrigação, portanto, tem-se, tipicamente, um problema de cálculo de custos de um insumo (água) a ser empregado na produção de outros bens (Melo, 1993).

Segundo Thompson et al. (1983), os custos anuais de irrigação devem incluir todos os custos associados com a compra do equipamento, operação e manutenção do sistema de irrigação. Adicionalmente ao custo do sistema de irrigação, devem ser acrescentados outros custos associados com a produção da cultura irrigada. Desse modo, o custo anual de um empreendimento de irrigação

pode ser determinado conforme os seguintes itens de custos: custo da água; custo anual de compra ou aluguel do sistema de irrigação; custo com energia para a operação do sistema; custo para reparo, operação e manutenção do sistema, incluindo, a mão-de-obra; taxas e seguros; outros custos com a agricultura irrigada e custos de produção da empresa agrícola.

A depreciação dos componentes de um sistema de irrigação é baseada na vida útil esperada do equipamento. A variabilidade da vida útil esperada de um componente pode ocorrer em razão das diferenças de condições físicas de operação, do nível de reparo, operação e manutenção praticada e do número total de horas em que o sistema é usado em cada ano (Thompson et al., 1983). De acordo com Francisco (1981), vários são os métodos utilizados para o cálculo da depreciação, a exemplo do: método linear, método da taxa constante, método da taxa variável, método da Cole, método da capitalização e método das anuidades. A escolha de um ou outro método depende do recurso produtivo que se está depreciando, além de outros fatores.

Segundo Brasil (1987), dentre as inúmeras despesas que acarreta a operação de um sistema de irrigação, sobressaem as seguintes: energia, mão-de-obra, lubrificantes e água. A energia é necessária, para acionar os motores das casas de bomba, equipamentos de irrigação e máquinas usadas no deslocamento dos sistemas. Porém, segundo Scaloppi (1985), tem sido, extensivamente, reconhecido que não existe sistema de irrigação ideal, em relação à utilização de energia. A quantidade total de energia, requerida por unidade de área irrigada, depende da quantidade de água aplicada, da energia para fornecer a quantidade de água, requerida na área a ser irrigada (perdas de carga + altura geométrica), da energia hidráulica, requerida pelo sistema de irrigação (pressão de serviço + energia para locomoção) e da eficiência total do sistema de bombeamento. A mão-de-obra são as despesas com salários e encargos sociais de todas as pessoas envolvidas na operação do sistema de irrigação, inclusive, fiscais e supervisores,

caso existirem. Os custos com lubrificantes são aqueles referentes à utilização de lubrificantes, como por exemplo, óleo do cárter do motor. E o custo da água somente terá importância quando seu fornecimento for cobrado pela administração pública.

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 Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), “Setor de Olericultura”, 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 918,841 m de altitude.

O experimento teve início com a semeadura no dia 26/04/2008 e o transplante das mudas realizado em 05/06/2008. O término das colheitas ocorreu nos dias 24/09 e 01/10/2008, totalizando um período de 151 dias para o híbrido Optima F1 e 158 dias para a cultivar Alfa Tropical. Uma visão geral do experimento encontra-se na Figura 2.



FIGURA 2 Visão geral do experimento.

3.1.1 Clima

De acordo com a classificação climática de Köppen (Dantas et al., 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 é apresentado 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	Areia	Silte	Argila	Classe textural
	(dag.kg ⁻¹)			
Amostra Exp.	15	11	74	Muito argilosa

Para a determinação da curva de retenção da água no solo, amostras de solo foram coletadas à profundidade de 0,15 m e levadas ao Laboratório de Física do Solo para análise.

Amostras de solo com estrutura deformada (terra fina seca ao ar) foram colocadas em cilindros de PVC e, depois de saturadas, foram levadas para uma bancada dotada de funil de Haines, a fim de determinar pontos de baixa tensão (2, 4, 6 e 10 kPa), bem como para Câmara de Pressão de Richards para os pontos de maior tensão (33, 100, 500 e 1500 kPa). Esse procedimento foi realizado para a caracterização físico-hídrica da camada de 0 a 0,30 m de solo.

Utilizando-se o programa computacional SWRC, desenvolvido por Dourado Neto et al. (1990), foi gerada a equação, ajustada segundo modelo proposto por Genuchten (1980), que descreve o comportamento da umidade do solo em função da tensão da água no solo (Equação 1). Com base nessa equação e nos valores observados, foi gerada a curva de retenção da água no solo para a camada em estudo (Figura 3).

$$\theta = 0,231 + \frac{0,381}{\left[1 + (0,485 \cdot |\Psi|)^{1,734} \right]^{0,423}} \quad (1)$$

em que:

θ – umidade do solo com base em volume ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$);

Ψ – tensão da água no solo (kPa).

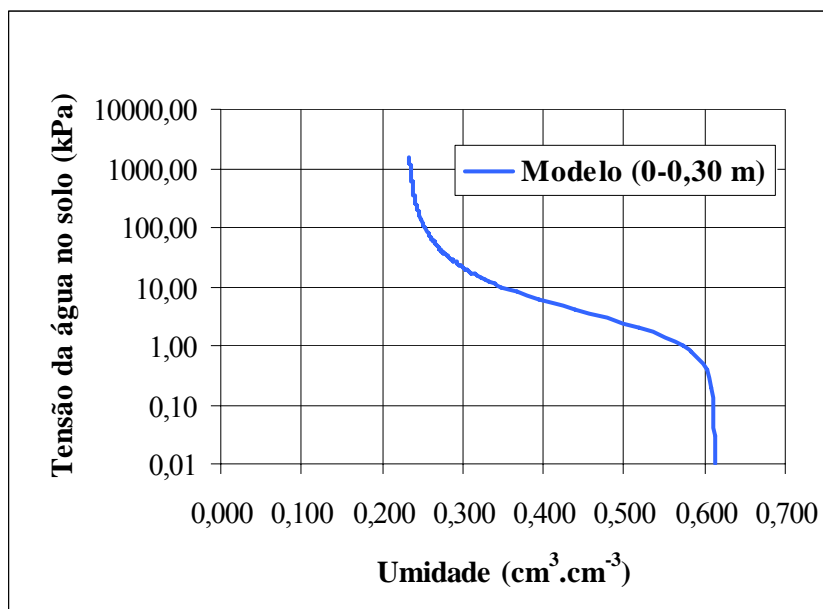


FIGURA 3 Curva de retenção da água no solo, gerada utilizando-se o modelo proposto por Genuchten (1980).

A tensão da água no solo, equivalente à umidade na capacidade de campo, foi obtida por meio de teste *in loco*, conforme Bernardo et al. (2005), resultando no valor de 10 kPa. Com essa tensão, obtida para o solo e utilizando-se a Equação 1, foi encontrado o valor de umidade na capacidade de campo ($0,347 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$), correspondente à camada de 0 a 0,30 m de profundidade.

3.2.2 Análises químicas

Na Tabela 2 são mostrados 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 Exp. ¹
pH	Em água (1:2,5)	-	5,6 (AM)
P	Fósforo disp. (Mehlich 1)	mg.dm ⁻³	4,3 (B)
K	Potássio disponível	mg.dm ⁻³	119,0 (b)
Ca ²⁺	Cálcio trocável	cmol _c .dm ⁻³	1,8 (M)
Mg ²⁺	Magnésio trocável	cmol _c .dm ⁻³	0,4 (B)
S	Enxofre disponível	mg.dm ⁻³	22,7 (mb)
Al ³⁺	Acidez trocável	cmol _c .dm ⁻³	0,2 (MB)
H+Al	Acidez potencial	cmol _c .dm ⁻³	4,0 (M)
SB	Soma de bases	cmol _c .dm ⁻³	2,5 (M)
(t)	CTC efetiva	cmol _c .dm ⁻³	2,7 (M)
(T)	CTC a pH 7,0	cmol _c .dm ⁻³	6,5 (M)
V	Saturação por bases	%	38,5 (B)
m	Saturação por alumínio	%	7,0 (MB)
MO	Matéria orgânica	dag.kg ⁻¹	3,0 (M)
P-rem	Fósforo remanescente	mg.L ⁻¹	8,8 (M)
Zn	Zinco disponível	mg.dm ⁻³	9,8 (A)
Fe	Ferro disponível	mg.dm ⁻³	40,1 (b)
Mn	Manganês disponível	mg.dm ⁻³	16,4 (A)
Cu	Cobre disponível	mg.dm ⁻³	3,0 (A)
B	Boro disponível	mg.dm ⁻³	0,9 (b)

¹AM – acidez média; b – bom; mb – muito bom; A – alto; M – médio; B – baixo; MB – muito baixo (Alvarez V. et al., 1999).

3.2.3 Preparo do solo e canteiros

A calagem foi realizada 45 dias antes do transplante das mudas, aplicando-se calcário dolomítico com 95% de PRNT (14% de MgO), 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 Delineamento experimental e tratamentos

Foi empregado o delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2 x 6, sendo utilizados 12 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de duas cultivares de cebola, Alfa Tropical (A) e Optima F1 (O) e seis tensões da água no solo, 15, 25, 35, 45, 60 e 75 kPa como indicativo do momento de irrigar (tensão crítica). Os tratamentos foram, assim, representados: A15, A25, A35, A45, A60, A75, O15, O25, O35, O45, O60 e O75.

Para monitorar o estado de energia da água no solo, foi instalado um conjunto com três tensiômetros por parcela (dois a 0,15 m de profundidade para monitoramento da irrigação e um a 0,30 m de profundidade para verificar a ocorrência de percolação) (Figura 4). Para cada tratamento, os conjuntos de tensiômetros foram instalados somente em duas das quatro repetições. As leituras nos tensiômetros foram realizadas, utilizando-se um tensímetro digital de punção (Figura 5), duas vezes ao dia, às 9 e às 14 horas. Os tensiômetros foram instalados no alinhamento da cultura entre duas plantas e ficaram 0,20 m distanciados entre si em cada conjunto.

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 plantas, totalizando 56 plantas por parcela. Foram consideradas úteis as plantas das linhas centrais e descartadas, nestas linhas, duas plantas no início e duas no final (parcela útil de 0,40 m² com 20 plantas). Na Figura 6 está representado o esquema de uma parcela experimental, incluindo a disposição dos sensores de tensão da água no solo.



FIGURA 4 Conjunto composto por três tensiômetros instalados em uma parcela experimental.



FIGURA 5 Tensímetro digital de punção inserido em um tensiômetro.

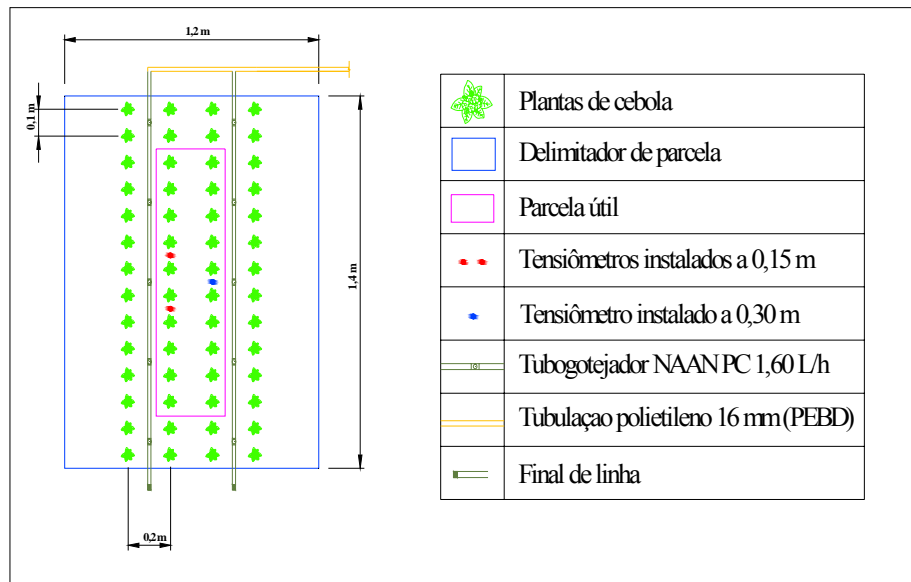


FIGURA 6 Esquema de uma parcela experimental com o sistema de irrigação implantado e os sensores de tensão da água no solo.

3.4 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 $1,6 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ 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 IRRIGATION INC. 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 (marca RAIN BIRD), previamente programado, em cada irrigação, para funcionar o tempo necessário visando repor a lâmina d'água acusada indiretamente pelos tensiômetros.

Buscava-se, em todas as irrigações, elevar à capacidade de campo a umidade correspondente à tensão verificada no momento de irrigar (aplicação dos tratamentos). O cálculo do tempo de funcionamento do sistema de irrigação em cada tratamento foi feito com base nos tensiômetros instalados na profundidade de 0,15 m. Estes tensiômetros funcionavam como sensores de decisão, ou seja, de posse dos valores de suas respectivas leituras eram tomadas as decisões para irrigar ou não os tratamentos. Já os tensiômetros, instalados a 0,30 m de profundidade, funcionavam como sensores de controle da lâmina aplicada em cada tratamento. De posse dessas leituras, era possível estabelecer uma relação direta entre a lâmina aplicada e os valores de tensão observados, evitando-se, assim, o excesso no fornecimento de água e, conseqüentemente, percolação e lixiviação de nutrientes no perfil do solo.

O momento de irrigar foi estabelecido como aquele em que pelo menos três dos tensiômetros de decisão atingiam a tensão crítica estabelecida para cada tratamento. As leituras dos tensiômetros eram fornecidas em “bar” pelo tensímetro digital de punção e, em seguida, foram transformadas para “kPa” e aplicadas na Equação 2, para determinação da tensão da água no solo, corrigida para a profundidade desejada.

$$\Psi = L - 0,098.h \quad (2)$$

em que:

Ψ – tensão da água no solo (kPa);

L – leitura no tensímetro transformada em kPa (sinal positivo);

h – comprimento do tensiômetro (cm). Nesse caso, foram de 38,0 e 48,0 cm para as profundidades de instalação de 0,15 e 0,30 m, respectivamente.

Com as tensões observadas, estimavam-se as umidades correspondentes, por intermédio da curva de retenção de água no solo (Equação 1). De posse dessas umidades e com aquela correspondente à capacidade de campo e, ainda, considerando a profundidade efetiva do sistema radicular (300 mm), eram calculadas as lâminas de reposição (Equação 3 e 4) e, finalmente, o tempo de funcionamento do sistema de irrigação (Equação 6), de acordo com Cabello (1996).

$$LL = (\theta_{cc} - \theta_{atual}) \cdot Z \quad (3)$$

em que:

LL – lâmina líquida de irrigação (mm);

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

θ_{atual} – umidade do solo no momento de irrigar ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$);

Z – profundidade efetiva do sistema radicular (300 mm).

$$LB = \frac{LL}{(1 - k) \cdot CUD} \quad (4)$$

em que:

LB – lâmina bruta de irrigação (mm);

CUD – coeficiente de uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação (0,94);

k – constante que leva em conta a eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação. Foi determinada de acordo com a Equação 5, descrita a seguir:

$$k = 1 - E_a \quad (5)$$

em que:

E_a – eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação (0,90).

$$T = \frac{LB.A}{e.q_a} \quad (6)$$

em que:

T – tempo de funcionamento do sistema de irrigação em cada tratamento, visando elevar a umidade à capacidade de campo (h);

A – área ocupada por planta (0,02 m²);

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

q_a – vazão média dos emissores (L.h⁻¹).

Após a montagem do sistema, foram realizados testes para determinar a vazão média do gotejador e o coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD) do sistema de irrigação. Para isso, foi adaptado o procedimento recomendado por Merriam & Keller (1978 citado por Cabello, 1996), em que se escolhe uma subunidade e nela se selecionam quatro laterais: a primeira, a situada a 1/3 do início, a situada a 2/3 e a última. Em cada lateral, selecionam-se quatro emissores: o primeiro, o situado a 1/3, o situado a 2/3 e o último. São coletadas vazões desses emissores e, de acordo com a Equação 7, é calculado o coeficiente de uniformidade de distribuição.

No caso do sistema de irrigação em questão, os tratamentos eram as subunidades. Cada tratamento possuía oito linhas laterais, entretanto, foram usadas apenas duas laterais de cada tratamento e empregados os emissores 1, 3 e 5 de cada lateral no teste.

$$\text{CUD} = \frac{q_{25}}{q_a} \quad (7)$$

em que:

q_{25} – média das 25% menores vazões coletadas (L.h^{-1});

q_a – média das vazões coletadas (L.h^{-1}).

Além do coeficiente de uniformidade, foi determinado, também, o coeficiente de variação total (CVt) de vazão, conforme metodologia apresentada por Bralts & Kesner (1978), descrita por Cabello (1996). O coeficiente de variação total é a relação entre o desvio padrão das vazões e a vazão média e indica como está a uniformidade da vazão na subunidade estudada. Cabello (1996) apresenta uma tabela, classificando a uniformidade, de acordo com o valor do CVt. Segundo essa tabela, o CVt estando acima de 0,4, a uniformidade é inaceitável, de 0,4 a 0,3 é baixa, de 0,3 a 0,2 é aceitável, de 0,2 a 0,1 é muito boa e de 0,1 a 0 é excelente.

3.5 Cultivares empregadas e produção das mudas

Foram utilizadas, no experimento, duas cultivares de cebola de ciclo precoce. Uma cultivar híbrida (Optima F1) e a outra cultivar não híbrida (Alfa Tropical) (Figura 7).



(i)

(ii)

FIGURA 7 Detalhe de tratamento com as plantas de cebola na fase de maturação submetidas à tensão de 15 kPa: (i) híbrido Optima F1; (ii) cultivar Alfa Tropical.

As mudas foram obtidas por sementeira em bandejas de poliestireno expandido com 200 células, do tipo cone, com fundo aberto para permitir a poda das raízes pelo ar. Para o preenchimento das células das bandejas, foi utilizado o substrato comercial Plantmax[®] HT. Após semeio, as bandejas foram levadas para o interior de uma casa de vegetação com sombrite e irrigação por nebulização automatizada, localizada no Setor de Olericultura do Departamento de Agricultura da UFLA, permanecendo até o momento oportuno para as mudas serem transplantadas ao solo.

3.6 Instalação e condução do experimento

Após o transplante das mudas, feito aos 40 dias após a sementeira, a irrigação foi realizada por microaspersão com o tape SANTENO[®], composto por uma mangueira de polietileno linear de baixa densidade, com micro furos 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 20,7 mm.h⁻¹. Este sistema foi usado até 14 dias após o transplante (DAT), período necessário para o pegamento e a climatização das mudas, no campo. Após este período, a cultura foi irrigada por gotejamento. Suspendeu-se a irrigação da cultura sete dias antes de cada colheita.

Desde o transplante (05/06/2008) até o início da diferenciação dos tratamentos (19/06/2008), foram feitas irrigações com frequência de dois dias. As lâminas aplicadas podem ser observadas na Tabela 3.

TABELA 3 Lâminas aplicadas no cultivo da cebola desde o transplante das mudas até o início da diferenciação dos tratamentos.

Data	Lâmina aplicada (mm)
06/06/2008	7,0
08/06/2008	6,0
10/06/2008	5,2
12/06/2008	6,0
14/06/2008	6,0
16/06/2008	5,2
18/06/2008	6,0
Total	41,4

3.7 Práticas culturais

3.7.1 Adubação

A adubação de plantio foi realizada, com base nas análises de solo (Tabela 1 e 2) e, conforme as recomendações de Fontes (1999). Já a adubação de cobertura foi realizada, manualmente, em duas aplicações, de acordo com as recomendações de Ferreira M. (2000).

As épocas de aplicação das fontes de nutrientes utilizadas e suas respectivas dosagens são mostradas na Tabela 4.

TABELA 4 Cronograma de aplicação de nutrientes: épocas de aplicação, fertilizantes utilizados e dosagens aplicadas.

Dias antes do transplante	Dias após o transplante	Fertilizantes (fontes de nutrientes)	Dosagem aplicada (g.m⁻²)
6	-	Uréia	9,0
6	-	Super fosfato simples	150,0
6	-	Cloreto de potássio	3,5
6	-	Sulfato de zinco	1,5
6	-	Bórax	1,0
-	30	Sulfato de amônio	10,0
-	30	Cloreto de potássio	6,5
-	45	Sulfato de amônio	10,0
-	45	Cloreto de potássio	6,5

3.7.2 Controle de plantas daninhas

Durante a condução do experimento, as plantas daninhas, que eventualmente emergiam, foram eliminadas por meio de capinas manuais. Em todo o ciclo da cultura, foram feitas três capinas manuais: aos 21, 42 e 84 dias após o transplante.

3.7.3 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 de doenças foi feito, preventivamente, com pulverizações quinzenais. Com relação às pragas, o controle foi realizado na medida em que se detectava a presença do inseto no nível crítico que justificasse a aplicação de defensivos. Foram realizadas oito pulverizações ao longo do experimento, como mostra a Tabela 5.

TABELA 5 Cronograma de pulverizações: épocas de aplicação, defensivos agrícolas utilizados, princípios ativos e dosagens aplicadas.

DAT¹	Defensivo agrícola	Princípio ativo	Dosagem aplicada
1	Folio	Metalaxyl+Clorotalonil	200 g.100 L ⁻¹ de água
15	Dithane PM	Mancozeb	200 g.100 L ⁻¹ de água
29	Rovral SC	Iprodione	150 mL. 100 L ⁻¹ de água
	Decis 25 CE	Deltamethrin	30 mL.100 L ⁻¹ de água
43	Folio	Metalaxyl+Clorotalonil	200 g.100 L ⁻¹ de água
57	Dithane PM	Mancozeb	200 g.100 L ⁻¹ de água
71	Rovral SC	Iprodione	150 mL. 100 L ⁻¹ de água
	Decis 25 CE	Deltamethrin	30 mL.100 L ⁻¹ de água
85	Folio	Metalaxyl+Clorotalonil	200 g.100 L ⁻¹ de água
99	Rovral SC	Iprodione	150 mL. 100 L ⁻¹ de água
	Decis 25 CE	Deltamethrin	30 mL.100 L ⁻¹ de água

¹DAT – dias após o transplante das mudas.

3.8 Variáveis meteorológicas

Visando monitorar e caracterizar as condições meteorológicas, durante o experimento, foi instalada, ao lado da área experimental, uma estação agrometeorológica automática portátil (marca DAVIS – modelo VANTAGE PRO 2), que registrou diariamente a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a precipitação atmosférica.

3.9 Características avaliadas

3.9.1 Avaliação do desenvolvimento vegetativo

A avaliação do desenvolvimento vegetativo foi realizada aos 60, 80 e 100 dias após o transplante, determinando-se a altura da planta e o diâmetro na região do colo.

3.9.1.1 Altura da planta

Foi realizada a medida, em 6 plantas da parcela útil, tomadas aleatoriamente, considerando-se a base da parte aérea da planta, ou seja, da superfície do solo até o ápice da folha de maior comprimento, com auxílio de uma trena. Os resultados foram expressos em centímetros.

3.9.1.2 Diâmetro na região do colo

Foi efetuada a medida, em 6 plantas da parcela útil, tomadas aleatoriamente, na região do colo, com auxílio de um paquímetro digital e os resultados expressos em centímetros.

3.9.2 Avaliação da produção

As colheitas foram realizadas, quando mais de 60% das plantas se encontravam estaladas (Vidigal et al., 2001), aos 111 DAT (híbrido Optima F1) e aos 118 DAT (cultivar Alfa Tropical). 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.

Após o período de cura, foi feita a toaleta, 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, classificação de bulbos comerciais, massa média de bulbos comerciais, sólidos solúveis totais, teor de matéria seca de bulbos comerciais e eficiência no uso da água.

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

Com o valor de massa de bulbos comerciais (bulbos perfeitos e com diâmetro transversal > 35 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 Classificação de bulbos comerciais

A classificação de bulbos comerciais foi realizada, conforme as normas de mercado em que pela Portaria Ministerial nº 529, de 18 de agosto de 1995 (Brasil, 1995), os bulbos sem defeitos são classificados de acordo com o maior diâmetro transversal (Tabela 6). Os resultados foram expressos em porcentagem.

TABELA 6 Classificação de bulbos de cebola sem defeitos, de acordo com o maior diâmetro transversal.

Classe (Calibre)	Classificação	Diâmetro transversal (mm)
2	Pequeno	35 até 50
3	Médio	50 até 70
4	Grande	70 até 90
5	Extra grande	Maior que 90

3.9.2.4 Massa média de bulbos comerciais

A massa média de bulbos comerciais foi determinada, 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 gramas.

3.9.2.5 Sólidos solúveis totais

O teor de sólidos solúveis totais (SST) foi determinado diretamente do suco, com refratômetro digital de compensação automática de temperatura. Os valores de sólidos solúveis totais foram expressos em % de °Brix (Association of Official Analytical Chemists – AOAC, 1990). Para se obter o suco, foi retirada, de cada bulbo, uma fatia na parte mediana, abrangendo desde a primeira “escama” até o centro do bulbo, esmagando-a, posteriormente, em um espremedor. A fim de determinar esta característica, foram utilizados bulbos da classe 3, visando padronizar as amostras de todos os tratamentos.

3.9.2.6 Teor de matéria seca de bulbos comerciais

O teor de matéria seca de bulbos comerciais foi determinado considerando-se a relação entre massa seca de bulbos comerciais e massa fresca de bulbos comerciais (Equação 8). Para a obtenção da massa seca de bulbos comerciais, eles foram cortados em cubos e, em seguida, colocados em sacos de papel, em estufa de circulação forçada à temperatura de 65°C, até atingirem peso constante. Visando à padronização da amostragem, em cada tratamento, foram utilizados bulbos da classe 3 para a obtenção desta característica.

$$\text{TMSBC} = \left(\frac{\text{MSBC}}{\text{MFBC}} \right) \cdot 100 \quad (8)$$

em que:

TMSBC – teor de matéria seca de bulbos comerciais (%);

MSBC – massa seca de bulbos comerciais (g.bulbo⁻¹);

MFBC – massa fresca de bulbos comerciais (g.bulbo⁻¹).

3.9.2.7 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 $\text{kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$.

3.9.3 Avaliação da conservação pós-colheita

A avaliação da conservação pós-colheita foi realizada pela perda de massa de bulbos. Após o período de cura, bulbos da classe 3 foram armazenados em galpão, sob temperatura ambiente e pesados, em intervalos de 10 dias, durante o período de 90 dias. Os valores foram comparados àqueles obtidos ao final da cura (15 dias após a colheita) e transformados em porcentagem de perda de massa.

3.10 Análises estatísticas

Os dados amostrados foram submetidos à análise de variância, com a realização do teste F, comparação de médias pelo teste de Tukey e análise de regressão polinomial a 5% e 1% de probabilidade (Gomes, 2000).

As análises foram efetuadas, utilizando-se o programa computacional Sisvar para Windows, versão 4.0 para análises estatísticas (Ferreira D., 2000).

3.11 Custos de produção

Utilizou-se, para a estimativa dos custos de produção, conceituado como a soma de valores de todos os recursos (insumos) e operações (serviços) utilizados no processo produtivo de certa atividade, incluindo os respectivos custos alternativos ou de oportunidade, o procedimento que considera o cálculo da depreciação e do custo alternativo (Reis, 2007).

Para estimar o custo de produção, neste trabalho, foram utilizados valores aproximados em reais (R\$), com base nas seguintes informações: área cultivada com cebola de 1 ha, período de uma safra e nos custos fixos e variáveis.

O custo necessário, para substituir os bens de capital, quando tornados inúteis, seja pelo desgaste físico ou econômico, foi definido como a depreciação. O método utilizado foi o linear, considerando-se o prazo de 110 dias (0,30 anos), referente ao ciclo médio de produção (período de cultivo da cultura no campo) das duas cultivares, utilizadas neste experimento, podendo ser mensurado pela Equação 9.

$$D = \left(\frac{V_a - V_r}{V_u} \right) \cdot P \quad (9)$$

em que:

D – depreciação (R\$);

V_a – valor atual do recurso (R\$);

V_r – valor residual (valor de revenda ou valor final do bem, após ser utilizado de forma racional na atividade) (R\$);

V_u – vida útil (período em que determinado bem é utilizado na atividade) (anos);

P – período de análise (anos).

Para efeito da análise do custo alternativo fixo dos recursos produtivos alocados no cultivo da cebola, considerou-se a taxa de juros real de 6% a.a. Em seu cálculo utilizou-se a Equação 10.

$$CA_{\text{fixo}} = \left(\frac{V_u - I}{V_u} \right) \cdot V_a \cdot T_j \cdot P \quad (10)$$

em que:

CA_{fixo} – custo alternativo fixo (R\$);

I – idade média de uso do bem (anos);

Tj – taxa de juros (decimal).

Buscando simplificar o cálculo do CA_{fixo} , considerou-se a idade média de uso dos recursos fixos como 50% da vida útil (V_u), que resulta na metade do valor atual do recurso (V_a), multiplicado pela taxa de juros (Tj) e pelo período de análise (P), conforme a Equação (11).

$$CA_{\text{fixo}} = \frac{V_a}{2} \cdot Tj \cdot P \quad (11)$$

Para o cálculo do custo alternativo variável, considerou-se a taxa de juros real de 6% a.a. e utilizada a Equação 12.

$$CA_{\text{var}} = \frac{V_{\text{gasto}}}{2} \cdot Tj \quad (12)$$

em que:

CA_{var} – custo alternativo variável (R\$);

V_{gasto} – desembolso financeiro realizado pelo produtor, para adquirir

insumos e serviços necessários para a produção agrícola (R\$).

3.11.1 Custo fixo

Para o cálculo de cada recurso fixo, foram somados a depreciação e o custo alternativo do fator produtivo. Os itens considerados nos custos fixos e o procedimento de operacionalização foram:

- a) Terra: não se deprecia, uma vez que, parte da hipótese de que o agricultor adota um manejo de solo adequado, repõe à terra todos os elementos químicos extraídos pelas plantas, por meio de adubações e realizando práticas conservacionistas, que mantêm as suas características. O valor considerado foi o custo alternativo, baseado no aluguel da terra explorada. O valor do aluguel foi de R\$ 80,00 para um hectare e por um mês, conforme citado nos índices de preços agrícolas do Departamento de Administração e Economia da Universidade Federal de Lavras (UFLA).
- b) Bandejas de poliestireno expandido com 200 células: o gasto com as bandejas foi de R\$ 21.600,00, referente à aquisição de 2.400 unidades para a produção de 480.000 mudas (semeadura de 20% a mais, visando garantir as mudas necessárias ao transplante). Realizou-se a depreciação das bandejas em 0,30 anos, considerando-se como vida útil o período de 5 anos.
- c) Calagem: o gasto com calagem neste trabalho foi de R\$ 237,50.ha⁻¹ a cada 2 anos.
- d) Imposto Territorial Rural (ITR): este recurso não é alterado em curto prazo, pois, seu valor é constante no ano. O valor considerado foi de R\$ 0,11 para um hectare e por um ano, conforme citado nos índices de preços agrícolas do Departamento de Administração e Economia da Universidade Federal de Lavras (UFLA).
- e) Sistema de irrigação: o custo de um sistema de irrigação é muito variável, pois, depende das condições do local e dos equipamentos

utilizados. Neste trabalho, considerou-se um projeto com as seguintes características: conjunto motobomba de 5 cv, chave de partida direta com contator e relé, Controlador Lógico Programável, injetor de fertilizantes tipo venturi com bomba reforço, válvulas de ar e vácuo, válvulas de comando elétrico (solenoides), válvula de alívio, adutora de aço zincado de 100 m até o cabeçal de controle, tubulação de PVC do cabeçal até os setores, tubo gotejador auto-compensante modelo NAAN PC com vazão nominal de $1,6 \text{ L.h}^{-1}$ e DN 16 mm (distanciados entre si a 0,30 m), 2 filtros de disco com retrolavagem automática e desnível do terreno de 40 m. A vida útil considerada foi de 15 anos.

- f) Custo alternativo: o cálculo do custo alternativo, para cada um dos recursos do custo fixo, foi feito considerando a taxa de juros real de 6% a.a., taxa essa próxima a uma remuneração mínima obtida no mercado financeiro.

3.11.2 Custo variável

O desembolso realizado para a aquisição de produtos e serviços, somado ao custo alternativo, serviu como base de cálculo para o custo de cada recurso variável. Os recursos variáveis e a forma de operacionalização utilizada foram:

- a) Insumos: corresponde ao gasto com a aquisição de sementes, substrato, fertilizantes químicos, defensivos (fungicidas, inseticida e herbicida) e espalhante adesivo. O valor unitário considerado foi aquele citado nos índices de preços agrícolas do Departamento de Administração e Economia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), e a quantidade usada de cada insumo foi baseada nas quantidades utilizadas no experimento e conforme descrito em Vidigal et al. (2001).
- b) Mão-de-obra: os custos com mão-de-obra referem-se à operação do sistema de irrigação, implantação da cultura (formação de mudas,

preparo dos canteiros, adubação de plantio e transplante de mudas), condução (adubações de cobertura e aplicação de defensivos), colheita (arranquio e enleiramento), limpeza (toalete), ensacamento e transporte dentro da propriedade. O valor unitário considerado foi aquele citado nos índices de preços agrícolas do Departamento de Administração e Economia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), e as quantidades usadas de cada serviço foram adotadas segundo Anuário da Agricultura Brasileira – Agriannual (2009) e Vidigal et al. (2001).

- c) Máquinas e implementos: foram computados os gastos com aluguel de máquinas e implementos utilizados na preparação do terreno (aração e gradagem) e no transporte dentro da propriedade. O valor unitário considerado foi aquele citado nos índices de preços agrícolas do Departamento de Administração e Economia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), e as quantidades utilizadas de cada recurso foram adotadas segundo Agriannual (2009) e Vidigal et al. (2001).
- d) Despesas com administração: foram considerados os gastos com mão-de-obra administrativa, assistência técnica e impostos (2,3% da receita total), cujos valores unitários e quantidades usadas foram adotados conforme descrito em Agriannual (2009).
- e) Despesas gerais: referem-se aos gastos com sacarias de 20 kg para o acondicionamento e transporte da cebola, e as quantidades utilizadas em função das produtividades médias observadas em cada tratamento do experimento.
- f) Energia: o custo com energia foi calculado, conforme a Equação 13, sugerida por Mendonça (2001).

$$CE = V_{\text{kWh}} \cdot T \cdot \frac{736 \cdot \text{Pot}}{1000 \cdot \eta} \quad (13)$$

em que:

CE – custo com energia (R\$);

V_{kWh} – valor do kWh (R\$);

T – tempo total de funcionamento do sistema de irrigação (h), variável para cada tratamento;

Pot – potência do conjunto motobomba (cv);

η – rendimento do conjunto motobomba (decimal).

O valor do kWh utilizado foi de R\$ 0,28, conforme sugerido pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG).

- g) Custo alternativo: para o cálculo do custo alternativo, a cada item dos recursos variáveis, utilizados no processo produtivo da cebola, foi considerada a taxa de juros real de 6% a.a.

3.12 Estudo econômico simplificado

O estudo econômico permite identificar se o empreendimento está operando com lucro, ou seja, como os recursos empregados no processo produtivo estão sendo remunerados, além de verificar como está a rentabilidade da atividade em questão, comparada a outras alternativas de emprego do tempo e capital.

Ao se fazer a análise da atividade produtiva, podem-se encontrar diversas condições, dependendo da posição do preço (ou receita média), em relação aos custos e cada qual sugerindo uma particular interpretação (Figura 1). Para a realização desta análise, foram consideradas as situações de análise econômica da atividade produtiva, descrita por Reis (2007).

Desta forma, este estudo apresenta-se ao empresário/produtor, como um diagnóstico do comportamento econômico-financeiro da safra, com informações a respeito da remuneração obtida, da cobertura dos recursos de curto (custos variáveis) e longo (custos fixos) prazo e comparações entre a remuneração obtida pela atividade produtiva e aquela que seria proporcionada por outras alternativas (custos alternativos).

No presente trabalho, o critério adotado para correção de valores foi o de preço único. Desta forma, foram somadas as quantidades de recursos, utilizadas durante o ciclo da cultura da cebola e o resultado foi multiplicado pelo preço vigente em determinada data, que neste caso, foi em novembro de 2009. Sendo assim, o preço *FOB* (despesas de transporte, seguro, taxas, etc., são por conta do comprador da mercadoria) adotado para a análise foi de R\$ 26,20 por saca de 20 kg, conforme sugerido pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo (ESALQ/USP).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização das condições climáticas

As temperaturas diárias máximas, médias e mínimas do ar, ocorridas durante a condução do experimento, estão apresentadas na Figura 8.

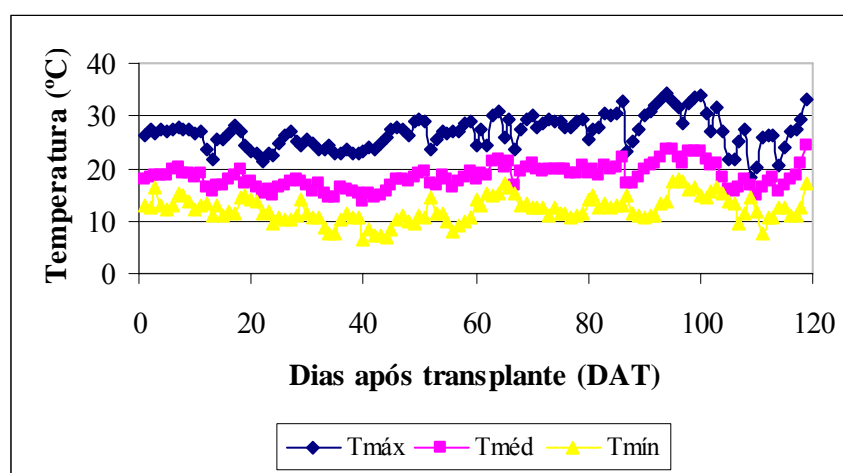


FIGURA 8 Temperaturas diárias máximas (Tmáx), médias (Tméd) e mínimas (Tmín) do ar ocorridas no período do experimento.

No período de condução do experimento, a temperatura diária média do ar foi de 18,4°C, as mínimas atingidas ficaram entre 6,3°C e 17,8°C e as máximas entre 18,4°C e 34,4°C.

Na Figura 9 são apresentados os valores diários máximos, médios e mínimos da umidade relativa do ar ocorridos durante o experimento.

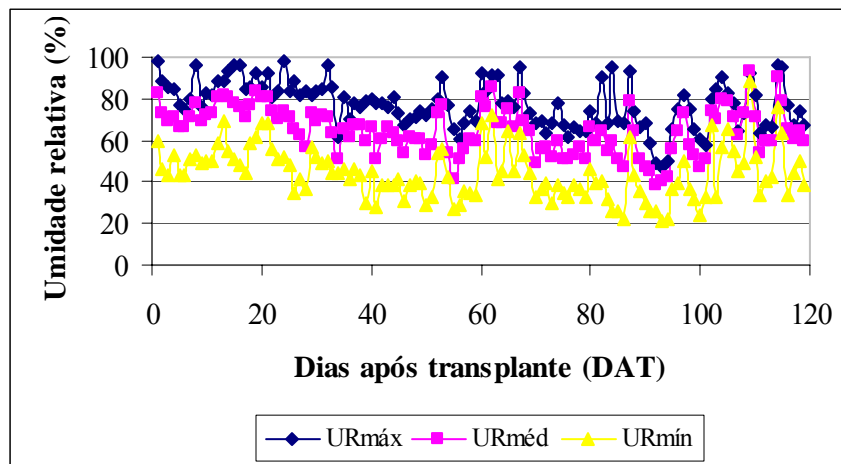


FIGURA 9 Umidades relativas diárias máximas (URmáx), médias (URméd) e mínimas (URmín) do ar ocorridas no período do experimento.

Nota-se, nesse experimento, que a umidade relativa diária máxima do ar oscilou entre 47% e 98% e a mínima entre 21% e 88%. O valor médio foi de 64,8%.

Segundo Souza & Resende (2002), a formação de bulbos de cebola é acelerada, em condições de altas temperaturas e, sob condições de temperaturas baixas, o processo é retardado. Temperaturas altas (acima de 32°C), na fase inicial de desenvolvimento das plantas, podem provocar a bulbificação precoce. A exposição das plantas a períodos prolongados de temperaturas baixas (abaixo de 10°C), contudo, pode induzir o florescimento prematuro (“bolting”), que é altamente indesejável, uma vez que se visa à produção comercial de bulbos e não de sementes. A temperatura ótima de bulbificação oscila de 25 a 30°C. Temperaturas em torno de 15,5 a 21,1°C promovem uma melhor formação de bulbos e maior produção.

Com relação à umidade relativa, Oliveira et al. (2004) relatam que a umidade elevada favorece a incidência de doenças foliares, que poderão aumentar os custos de produção e comprometer a produção da cultura.

Observa-se, então, que os valores médios de temperatura do ar, encontrados neste estudo, estão próximos dos relatados por Souza & Resende (2002), para a obtenção de uma boa produção da cultura. Verificou-se, ainda, que, apesar das altas temperaturas e umidades relativas do ar, ocorridas em alguns dias, estes valores não prejudicaram o desenvolvimento da cultura durante a realização do experimento.

Os valores mensais de precipitação, ocorridos durante o período de condução do experimento, são apresentados na Figura 10. Observa-se que, durante a condução do experimento, as precipitações ocorridas foram, praticamente, desprezíveis, não influenciando os tratamentos de irrigação aplicados (Figura 11, 12, 13 e 14).

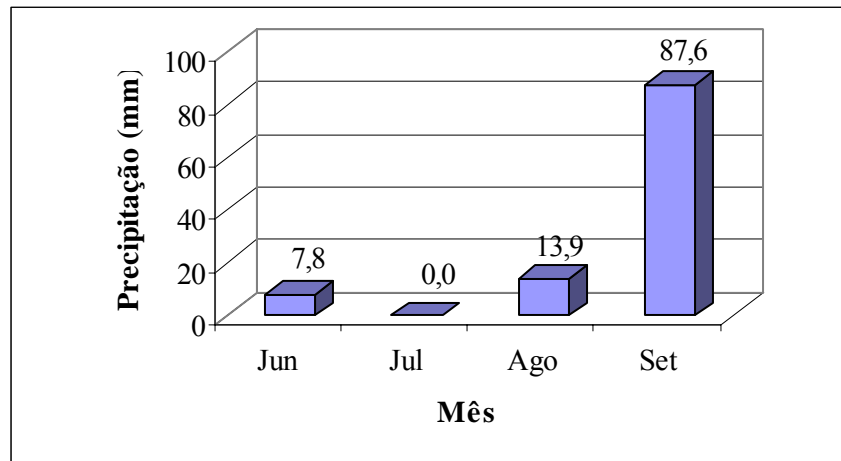


FIGURA 10 Precipitações mensais ocorridas durante o período de condução do experimento.

4.2 Tensões e lâminas de água aplicadas

As lâminas de água aplicadas antes (Inic) e, após a diferenciação dos tratamentos (Irrig), bem como as precipitações ocorridas (Precip), os totais de água fornecidos, para a cultura (Tot), a média por irrigação (mpi), o turno de

rega (TR) e o número de irrigações (NI) computados, durante a diferenciação dos tratamentos, são apresentados na Tabela 7.

TABELA 7 Tensões da água no solo à profundidade de 0,15 m, lâminas aplicadas antes da diferenciação dos tratamentos (Inic), lâminas aplicadas após a diferenciação dos tratamentos (Irrig), precipitações ocorridas (Precip), lâminas totais de água (Tot), média por irrigação (mpi), turno de rega (TR) e número de irrigações (NI).

Trat	Tensão (kPa)	Lâmina (mm)					TR (dia)	NI (ud)
		Inic	Irrig	Precip	Tot	mpi		
A15	15	41,4	464,5	109,3	615,2	10,8	2,7	43
A25	25	41,4	423,4	109,3	574,1	20,2	5,6	21
A35	35	41,4	392,7	109,3	543,4	24,5	7,4	16
A45	45	41,4	355,5	109,3	506,2	27,3	9,1	13
A60	60	41,4	240,2	109,3	390,9	30,0	14,8	8
A75	75	41,4	126,2	109,3	276,9	31,5	29,5	4
O15	15	41,4	452,9	109,3	603,6	10,5	2,6	43
O25	25	41,4	363,4	109,3	514,1	20,2	6,2	18
O35	35	41,4	296,5	109,3	447,2	24,7	9,3	12
O45	45	41,4	248,2	109,3	398,9	27,6	12,3	9
O60	60	41,4	209,4	109,3	360,1	29,9	15,9	7
O75	75	41,4	94,7	109,3	245,4	31,6	37,0	3

Nota-se, no presente trabalho, que as lâminas totais aplicadas seguiram um padrão decrescente em relação às tensões da água no solo, estabelecidas, para ambas cultivares; isto é, as maiores lâminas foram observadas nos tratamentos com menores tensões, comportando-se de maneira análoga a Guerra (1995), Marouelli et al. (2003), Oliveira et al. (1999) e Stone et al. (1988).

As quantidades de água, aplicadas em cada irrigação realizada, foram diferentes, sendo menores nos tratamentos com tensões mais baixas. Assim, os tratamentos, com menores tensões, apresentaram maior frequência de irrigação ao longo do ciclo da cultura e o sistema foi acionado mais vezes, porém,

permanecendo ligado por menos tempo, como pode ser observado no número de irrigações (NI).

Nas Figuras 11 a 14 estão representadas as tensões médias registradas pelos tensiômetros instalados nas profundidades de 0,15 e 0,30 m. Nessas figuras pode-se visualizar o número de irrigações realizadas durante o período de cultivo. Quanto menor as tensões para que fossem reiniciadas as irrigações, por exemplo, 15 e 25 kPa, mais frequentes foram as mesmas e menores foram os “picos”, sendo a tensão da água no solo mantida dentro de uma faixa mais estreita e, conseqüentemente, a umidade do solo permaneceu próxima à capacidade de campo, ao longo de todo o ciclo da cultura.

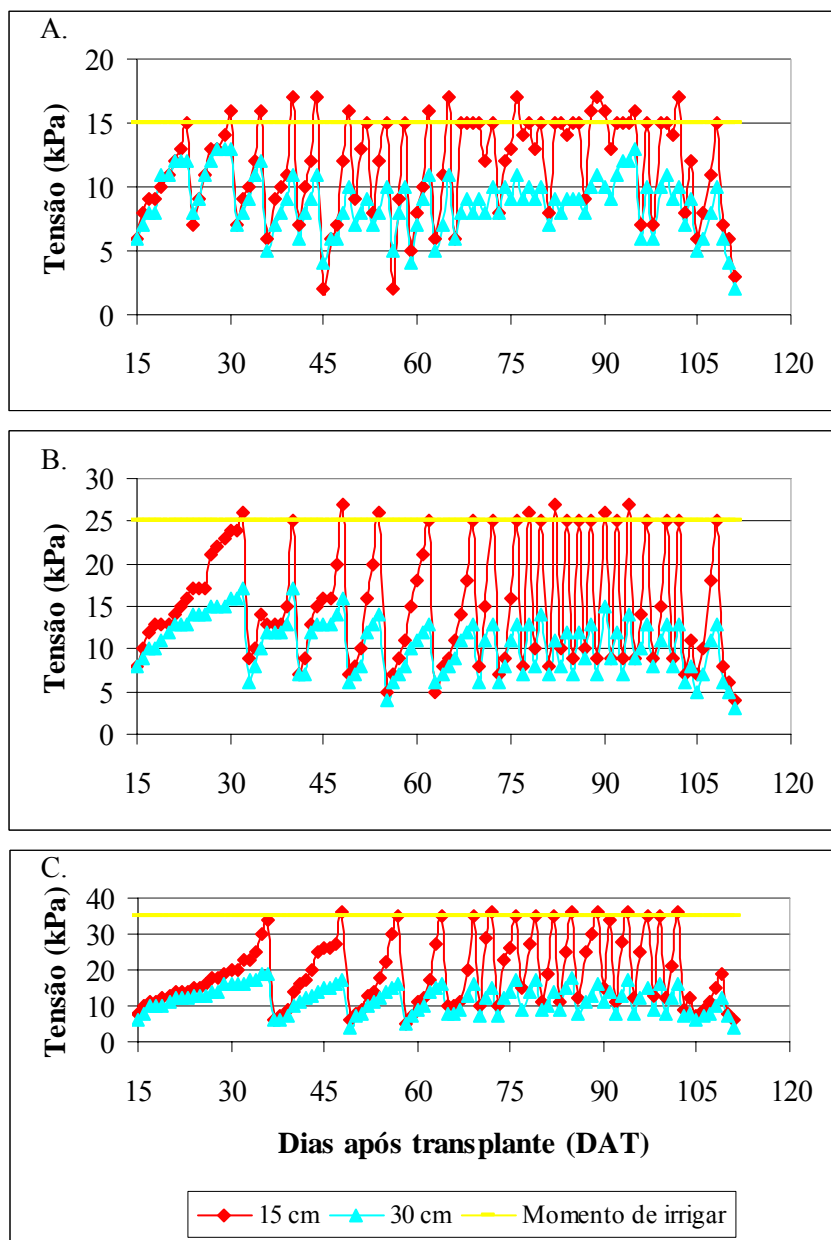


FIGURA 11 Variação das tensões da água no solo nos tratamentos A15 (A), A25 (B) e A35 (C) em duas profundidades ao longo do ciclo da cebola.

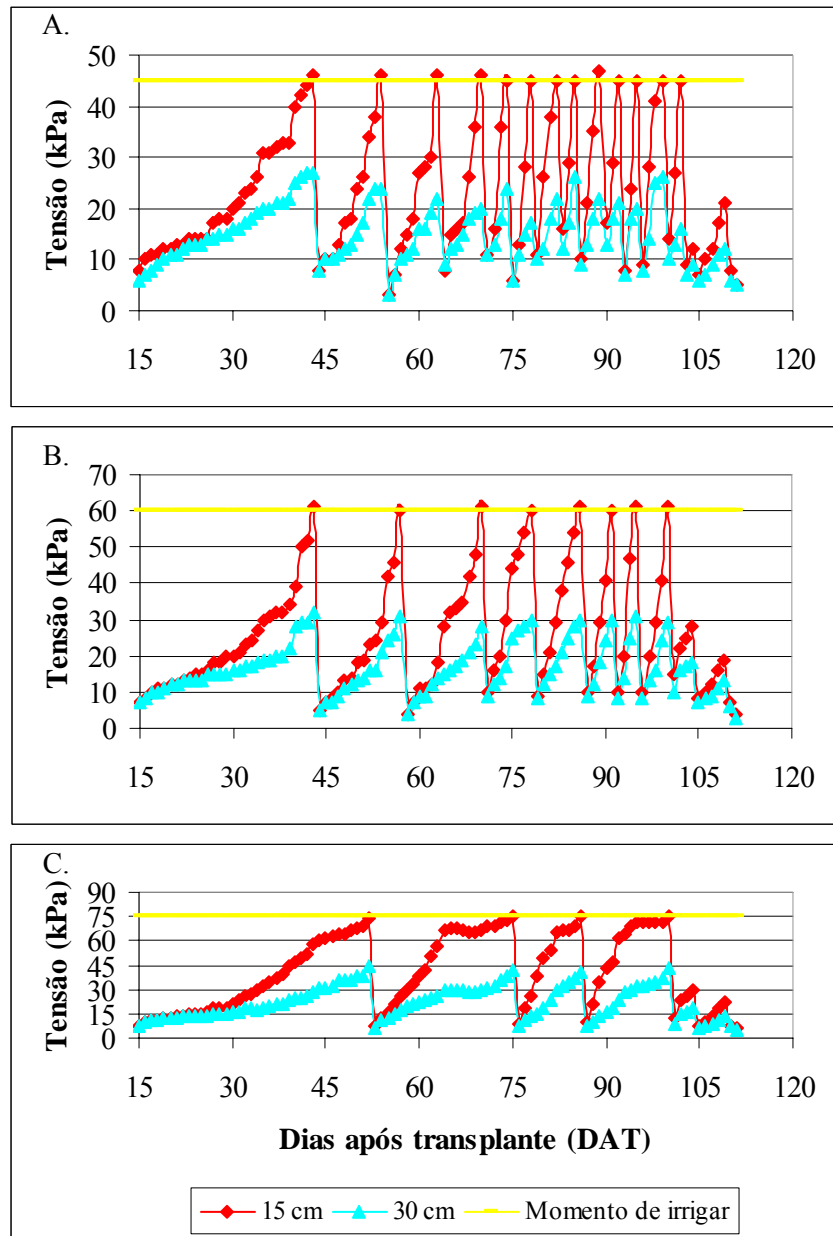


FIGURA 12 Variação das tensões da água no solo nos tratamentos A45 (A), A60 (B) e A75 (C) em duas profundidades ao longo do ciclo da cebola.

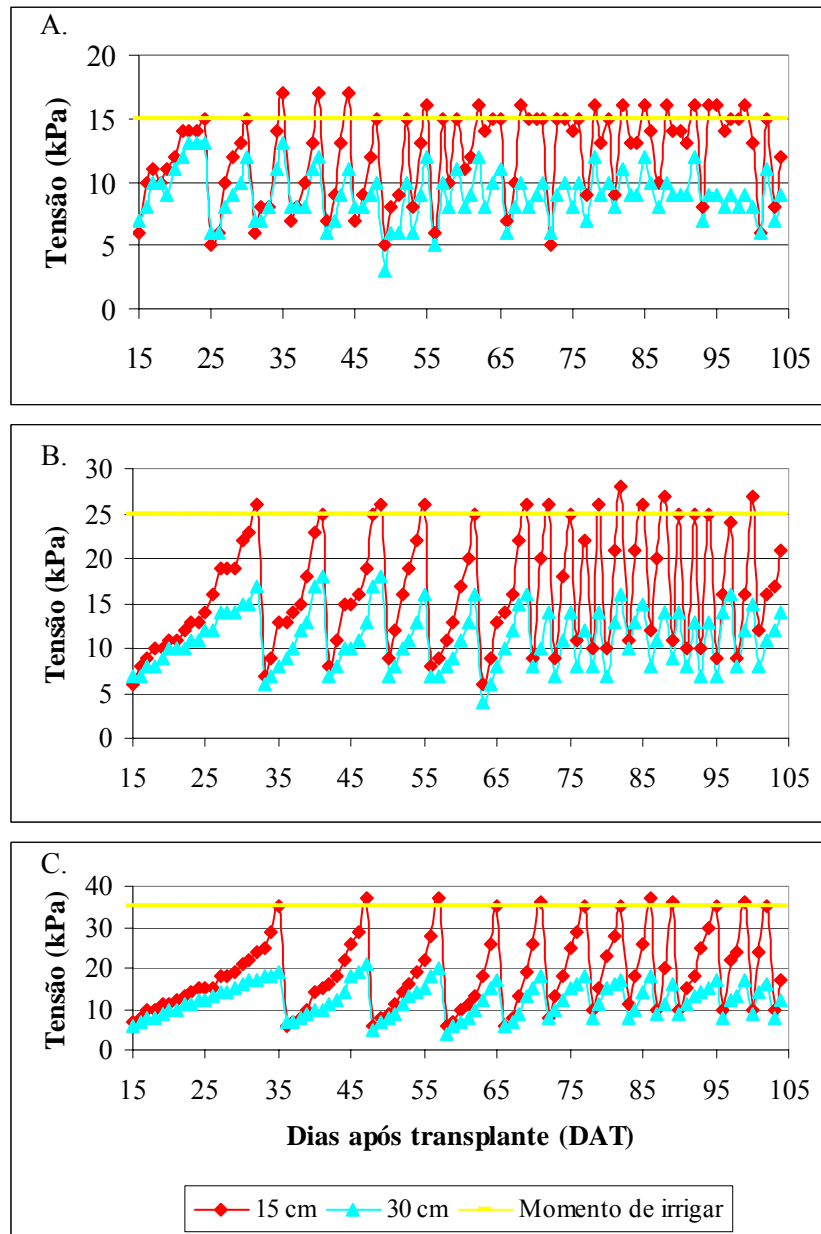


FIGURA 13 Variação das tensões da água no solo nos tratamentos O15 (A), O25 (B) e O35 (C) em duas profundidades ao longo do ciclo da cebola.

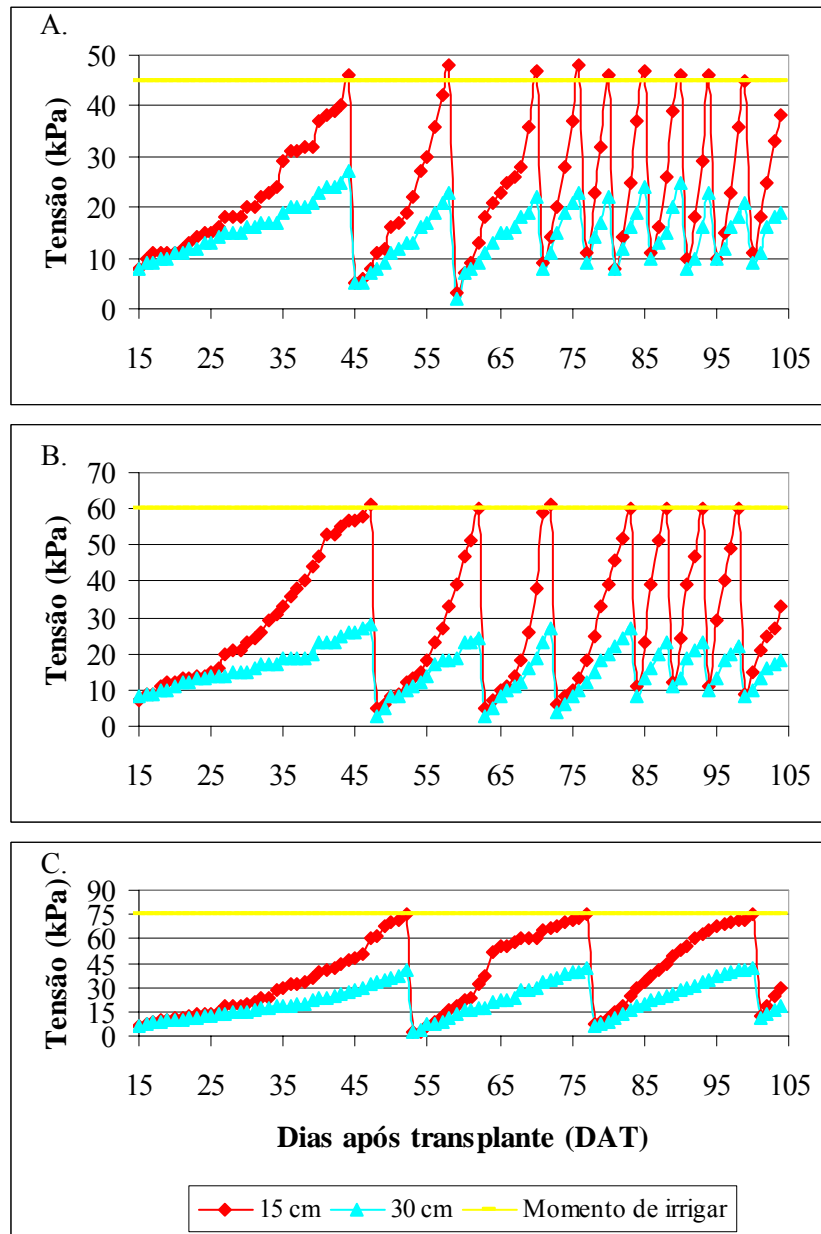


FIGURA 14 Variação das tensões da água no solo nos tratamentos O45 (A), O60 (B) e O75 (C) em duas profundidades ao longo do ciclo da cebola.

4.3 Avaliação do sistema de irrigação

Como os emissores possuíam uma faixa de compensação de vazão compreendida entre as pressões de 60 e 410 kPa, procurou-se manter a pressão de funcionamento do sistema em torno de 140 kPa, por meio de uma válvula reguladora de pressão, instalada no cabeçal de controle.

As parcelas, correspondentes aos tratamentos, foram submetidas ao teste de uniformidade de vazão. Encontrou-se uma vazão média dos gotejadores de $1,7 \text{ L.h}^{-1}$, um pouco acima do valor indicado pelo catálogo do fabricante ($1,6 \text{ L.h}^{-1}$).

O coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD) encontrado foi de 94,3%, significando que a água foi, uniformemente, distribuída nas parcelas, em qualquer nível de irrigação, não se constituindo em uma fonte de variação adicional ao ensaio.

Calculou-se, também, o coeficiente de variação total de vazão (CVt). O valor encontrado para o mesmo foi de 0,06, indicando uma excelente uniformidade de vazão nos tratamentos, de acordo com Cabello (1996). O CVt é um dos parâmetros usados para diagnosticar problemas de uniformidade em campo.

4.4 Desenvolvimento vegetativo

4.4.1 Altura da planta

De acordo com a análise de variância (Tabela 8), verifica-se efeito significativo a 1% de probabilidade, para a altura da planta, com relação aos fatores tensões da água no solo e dias após transplante.

TABELA 8 Resumo das análises de variância e de regressão para altura da planta (AP) de duas cultivares de cebola sob diferentes tensões da água no solo aos 60, 80 e 100 dias após transplante.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		AP (cm)
Bloco	3	36,29 ^{ns}
Cultivares	1	8,75 ^{ns}
Tensões	5	485,98 ^{**}
Cultivares x Tensões	5	17,43 ^{ns}
Resíduo 1	33	22,20
Dias	2	4185,58 ^{**}
Cultivares x Dias	2	8,65 ^{ns}
Tensões x Dias	10	10,52 ^{ns}
Cultivares x Tensões x Dias	10	5,07 ^{ns}
Resíduo 2	72	6,80
Média Geral	-	46,92
C.V. 1 (%)	-	10,04
C.V. 2 (%)	-	5,56
Tensões	(5)	485,98 ^{**}
Linear	1	2371,53 ^{**}
Quadrática	1	2,07 ^{ns}
Desvios	3	18,77 ^{ns}
Dias	(2)	4185,58 ^{**}
Linear	1	7577,48 ^{**}
Desvios	1	793,68 ^{**}

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F e ^{**} – significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

A altura da planta foi bastante influenciada pelas tensões da água no solo. O resultado de altura da planta mostrou resposta linear com nível de significância de 1% (Tabela 8), indicando haver um decréscimo da altura da planta à medida que se aumentaram as tensões da água no solo. Nota-se que 97,60% das variações, ocorridas na altura da planta, em função das tensões, são explicadas pela regressão linear (Figura 15). O valor máximo para a altura da planta ocorreu à tensão de 15 kPa, resultando em uma altura para esta característica de 52,4 cm.

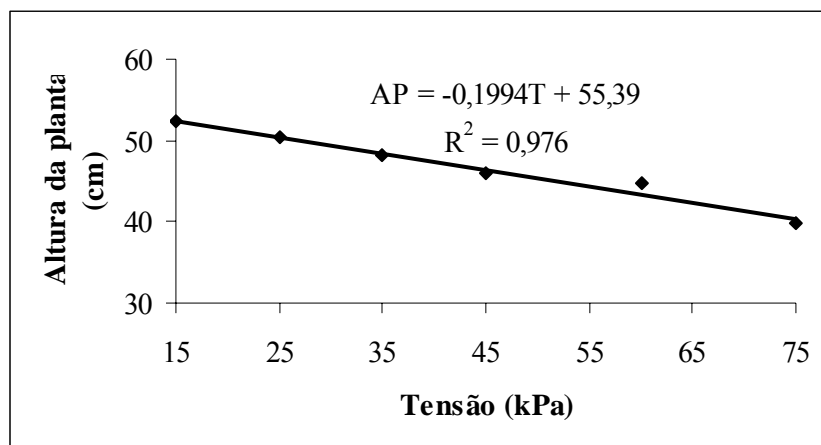


FIGURA 15 Altura da planta (AP) de cebola em função das diferentes tensões da água no solo.

De posse do resultado encontrado neste estudo, percebe-se que a umidade do solo favoreceu de forma direta a taxa de crescimento das plantas de cebola, ao mostrar que irrigações mais frequentes, mantendo a umidade do solo próxima à capacidade de campo, contribuíram para a obtenção de plantas mais altas.

Segundo Taiz & Zeiger (2004), a redução da área foliar pode ser considerada a primeira linha de defesa das plantas contra o déficit hídrico. Com a diminuição do conteúdo de água da planta, ocorre uma diminuição do turgor das células, provocando uma lentidão na expansão foliar. Além disso, de acordo com Winter (1976), quanto menor a quantidade de água disponível no solo para as plantas, maior será a diminuição do crescimento.

De acordo com a Figura 16, observa-se que a altura da planta apresentou comportamento linear crescente com relação aos dias após transplante (épocas de avaliação) a 1% de probabilidade (Tabela 8), que era de se esperar.

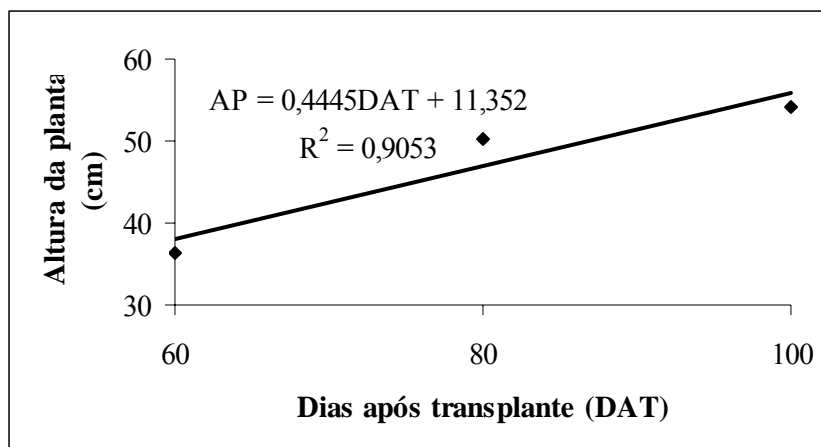


FIGURA 16 Altura da planta (AP) de cebola em função dos dias após transplante (DAT).

Ressalta-se, portanto, que os desvios de regressão foram significativos a 1% de probabilidade (Tabela 8), indicando haver outro modelo matemático que explique a relação entre as variáveis. Entretanto, a pouca quantidade de pontos, para ajuste de modelos, isto é, apenas 2 graus de liberdade, não permitiram analisar outros efeitos de regressão, para altura da planta, quanto ao fator dias após transplante.

Cabe salientar o incremento médio observado de 38,11 e 48,86% aos 80 e 100 dias após transplante (DAT), respectivamente, comparados à primeira avaliação aos 60 DAT. A altura das plantas de cebola chegou a aumentar em quase 40%, no intervalo de apenas 20 dias, mostrando a capacidade da planta, em desenvolver-se, quando bem adubada e sem restrições hídricas.

4.4.2 Diâmetro na região do colo

O diâmetro do colo das plantas de cebola foi, significativamente, afetado pelos fatores cultivares, tensões da água no solo, dias após transplante, interações entre cultivares versus dias após transplante e entre tensões da água

no solo versus dias após transplante, a 1% de probabilidade, pelo teste F (Tabela 9).

TABELA 9 Resumo das análises de variância e de regressão para diâmetro do colo (DC) de duas cultivares de cebola sob diferentes tensões da água no solo aos 60, 80 e 100 dias após transplante.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		DC (cm)
Bloco	3	0,03 ^{ns}
Cultivares	1	0,32 ^{**}
Tensões	5	0,58 ^{**}
Cultivares x Tensões	5	0,03 ^{ns}
Resíduo 1	33	0,02
Dias	2	9,52 ^{**}
Cultivares x Dias	2	0,41 ^{**}
Tensões x Dias	10	0,03 ^{**}
Cultivares x Tensões x Dias	10	0,01 ^{ns}
Resíduo 2	72	0,01
Média Geral	-	1,44
C.V. 1 (%)	-	10,63
C.V. 2 (%)	-	7,32
Tensões	(5)	0,58 ^{**}
Linear	1	2,87 ^{**}
Quadrática	1	0,001 ^{ns}
Desvios	3	0,02 ^{ns}
Dias	(2)	9,52 ^{**}
Linear	1	18,72 ^{**}
Desvios	1	0,33 ^{**}
Dias: Alfa Tropical	(2)	6,60 ^{**}
Linear	1	13,18 ^{**}
Desvios	1	0,01 ^{ns}
Dias: Optima F1	(2)	3,34 ^{**}
Linear	1	6,19 ^{**}
Desvios	1	0,48 ^{**}

“...continua...”

“TABELA 9, Cont.”

Tensões: 60 dias	(5)	0,10 ^{**}
Linear	1	0,46 ^{**}
Quadrática	1	0,01 ^{ns}
Desvios	3	0,01 ^{ns}
Tensões: 80 dias	(5)	0,18 ^{**}
Linear	1	0,86 ^{**}
Quadrática	1	0,02 ^{ns}
Desvios	3	0,01 ^{ns}
Tensões: 100 dias	(5)	0,36 ^{**}
Linear	1	1,77 ^{**}
Quadrática	1	0,0003 ^{ns}
Desvios	3	0,02 ^{ns}

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F e ^{**} – significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

De acordo com o teste de médias (Tabela 10), o maior diâmetro do colo da planta de cebola foi obtido pela cultivar Alfa Tropical (1,49 cm), quando comparado ao híbrido Optima F1 (1,39 cm), mostrando que a cultivar apresentou-se com um diâmetro de 7,19% maior. Esta diferença pode estar ligada a fatores genéticos de cada material estudado.

TABELA 10 Médias de diâmetro do colo (DC) de duas cultivares de cebola sob diferentes tensões da água no solo aos 60, 80 e 100 dias após transplante.

Cultivares	DC ¹ (cm)
Optima F1	1,39 b
Alfa Tropical	1,49 a

¹Médias seguidas por letras diferentes diferem, estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

No caso do diâmetro do colo, as variações ocorridas podem ser explicadas pela regressão linear, a 1% de probabilidade (Tabela 9). O valor médio encontrado para o diâmetro do colo foi de 1,44 cm. De acordo com a equação apresentada na Figura 17, o aumento de uma unidade na tensão da água

no solo (kPa) reduz em 0,0069 cm o diâmetro do colo das plantas de cebola. Observa-se que 98,42% das variações, ocorridas no diâmetro do colo, em função das tensões, são explicadas pela regressão linear. O valor máximo, obtido para o diâmetro do colo, ocorreu à tensão de 15 kPa, resultando em um diâmetro de 1,63 cm.

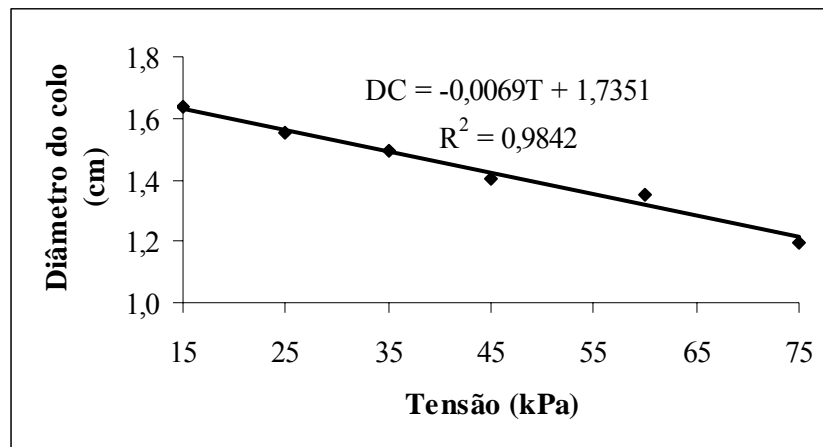


FIGURA 17 Diâmetro do colo (DC) da planta de cebola em função das diferentes tensões da água no solo.

O fato das plantas de cebola apresentar diâmetros do colo menores, em níveis mais elevados de tensão da água no solo está, provavelmente, relacionado aos efeitos do estresse hídrico no crescimento das plantas. O estresse hídrico, segundo Davies & Zhang (1991), pode provocar mudanças nas relações hídricas nas folhas que, por sua vez, afetam os processos químicos e fisiológicos e, em consequência, o crescimento e desenvolvimento da parte aérea da planta.

O diâmetro do colo da planta foi fortemente influenciado pelos dias após transplante. O resultado de diâmetro do colo mostrou resposta linear com nível de significância de 1% (Tabela 9), indicando haver um acréscimo no diâmetro do colo da planta à medida que se aumentaram os dias após transplante.

Observa-se que 98,26% das variações, ocorridas no diâmetro do colo, em função dos dias após transplante, são explicadas pela regressão linear (Figura 18). O valor máximo encontrado para o diâmetro do colo foi de 1,89 cm aos 100 dias após transplante.

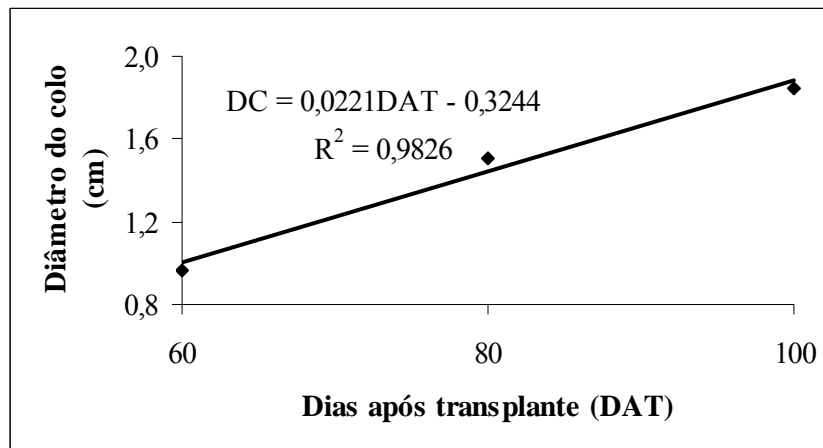


FIGURA 18 Diâmetro do colo (DC) da planta de cebola em função dos dias após transplante (DAT).

Analisando-se a interação entre cultivares versus dias após transplante (Figura 19), observa-se que a cultivar Alfa Tropical apresenta um maior aumento do diâmetro do colo da planta, em função do tempo, fato justificado pelo menor coeficiente angular da equação de regressão para o híbrido Optima F1 (0,0179) quando comparado à cultivar Alfa Tropical (0,0262).

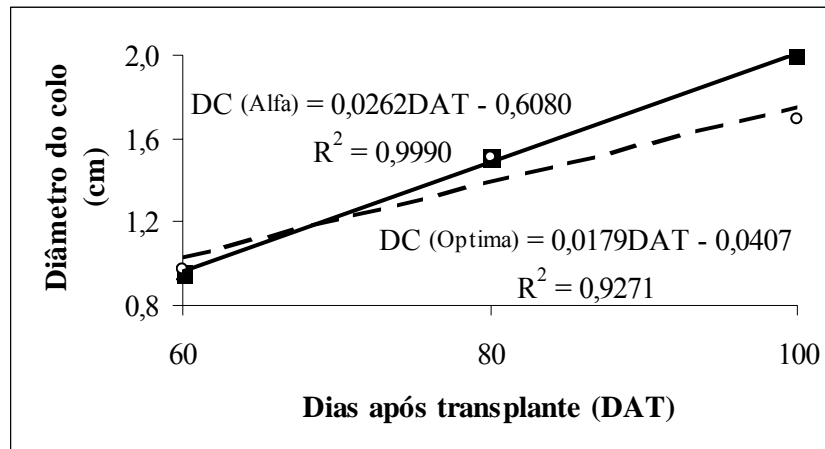


FIGURA 19 Diâmetro do colo (DC) de duas cultivares de cebola em função dos dias após transplante (DAT).

O resultado de diâmetro do colo apresentou resposta linear, com nível de significância de 1% (Tabela 9), em função do desdobramento do fator tensões da água no solo dentro de cada nível do fator dias após transplante. A Figura 20 mostra que houve um decréscimo do diâmetro do colo, à medida que se aumentaram as tensões da água no solo, dentro de cada nível do fator dias após transplante.

Independente do nível do fator dias após transplante, os maiores diâmetros do colo foram obtidos, quando a irrigação foi realizada à tensão da água no solo de 15 kPa e os valores máximos de 1,10, 1,69 e 2,11 cm aos 60, 80 e 100 DAT, respectivamente.

Segundo Lecoeur & Sinclair (1996), a deficiência de água gera um impacto significativo no crescimento e desenvolvimento das plantas. Os processos morfológicos e fisiológicos das plantas, que são dependentes da turgescência dos tecidos, são, particularmente, sensíveis à redução da disponibilidade de água no solo.

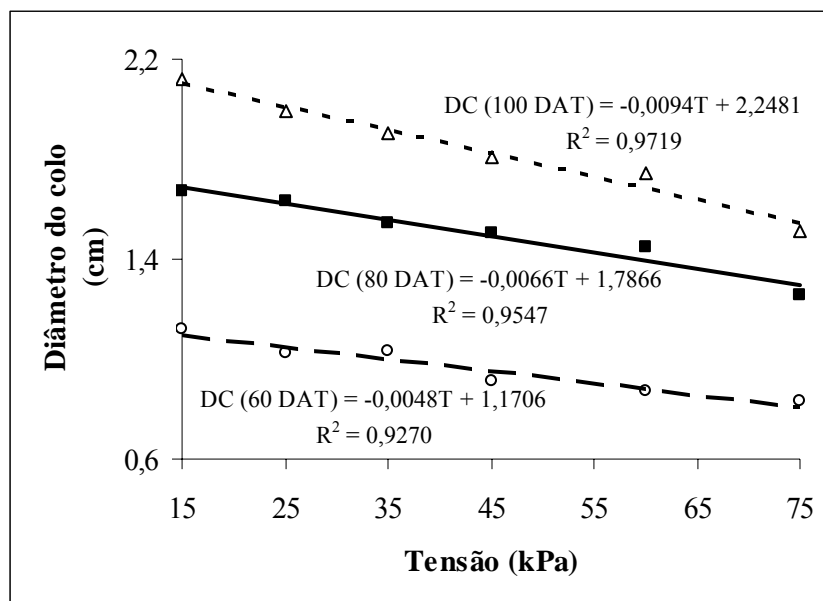


FIGURA 20 Diâmetro do colo (DC) da planta de cebola aos 60, 80 e 100 dias após transplante (DAT) em função das diferentes tensões da água no solo.

4.5 Produção

4.5.1 Produtividade total de bulbos

De acordo com a análise de variância (Tabela 11), verifica-se efeito significativo a 1% de probabilidade, para a produtividade total de bulbos, com relação aos fatores cultivares e tensões da água no solo. Já a interação entre os fatores apresentou diferença significativa a 5% de probabilidade, para esta característica estudada.

TABELA 11 Resumo das análises de variância e de regressão para produtividade total de bulbos (PTB) de duas cultivares de cebola sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		PTB (kg.ha ⁻¹)
Bloco	3	35833947,6 ^{ns}
Cultivares	1	930820638,0 ^{**}
Tensões	5	494098736,5 ^{**}
Cultivares x Tensões	5	59236390,5 [*]
Resíduo	33	19064121,2
Média Geral	-	40602,0
C.V. (%)	-	10,8
Tensões	(5)	494098736,5 ^{**}
Linear	1	2429694416,0 ^{**}
Quadrática	1	6816299,5 ^{ns}
Desvios	3	11327655,7 ^{ns}
Tensões: Alfa Tropical	(5)	123817946,7 ^{**}
Linear	1	583244321,6 ^{**}
Quadrática	1	33872383,6 ^{ns}
Desvios	3	657676,0 ^{ns}
Tensões: Optima F1	(5)	429517180,4 ^{**}
Linear	1	2075610170,1 ^{**}
Quadrática	1	4527378,1 ^{ns}
Desvios	3	22482784,6 ^{ns}

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F, ^{*} e ^{**} – significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Constata-se, pelo teste de médias (Tabela 12), maior produtividade total de bulbos para o híbrido Optima F1 (45.005,6 kg.ha⁻¹), quando comparado à cultivar Alfa Tropical (36.198,3 kg.ha⁻¹), independente dos outros fatores considerados, levando a crer que esta diferença seja em função apenas do fator genético.

Segundo Maluf (2001), os híbridos podem apresentar vantagens em relação às cultivares não híbridas, tais como: heterose (maior produtividade), maior uniformidade, homeostase genética, precocidade e maior resistência a pragas e doenças.

TABELA 12 Médias de produtividade total de bulbos (PTB) de duas cultivares de cebola sob diferentes tensões da água no solo.

Cultivares	PTB¹ (kg.ha⁻¹)
Optima F1	45.005,6 a
Alfa Tropical	36.198,3 b

¹Médias seguidas por letras diferentes diferem, estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O valor médio de produtividade total de bulbos, obtido neste estudo para o híbrido Optima F1, foi menor que aquele encontrado por May et al. (2007) (média de 53.274 kg.ha⁻¹), em São José do Rio Pardo, SP, ao trabalharem com híbridos de cebola em função da população de plantas e da fertilização nitrogenada e potássica.

Para a cultivar Alfa Tropical, a produtividade total média de bulbos, encontrada neste trabalho, foi semelhante àquela encontrada por Rodrigues et al. (2006), em Viçosa, MG, que ao trabalharem com 16 cultivares de cebola, conduzidas em sistema convencional e orgânico, encontraram para esta cultivar, uma produtividade total média de 36.450 kg.ha⁻¹ no sistema convencional.

Entretanto, as produtividades totais médias de bulbos, obtidas neste trabalho, de 45.005,6 kg.ha⁻¹ para o híbrido Optima F1 e de 36.198,3 kg.ha⁻¹ para a cultivar Alfa Tropical foram superiores à média brasileira que, segundo IBGE (2009), é de 20.368 kg.ha⁻¹ de bulbos.

A produtividade total de bulbos foi bastante influenciada pelas tensões da água no solo. O resultado de produtividade total de bulbos mostrou resposta linear com nível de significância de 1% (Tabela 11), indicando haver um decréscimo da produtividade total de bulbos, à medida que se aumentaram as tensões da água no solo. Nota-se que 98,35% das variações, ocorridas na produtividade total de bulbos, em função das tensões, são explicadas pela regressão linear (Figura 21). O valor máximo para a produtividade total de

bulbos ocorreu à tensão de 15 kPa, resultando em uma produtividade para esta característica de 50.211 kg.ha⁻¹.

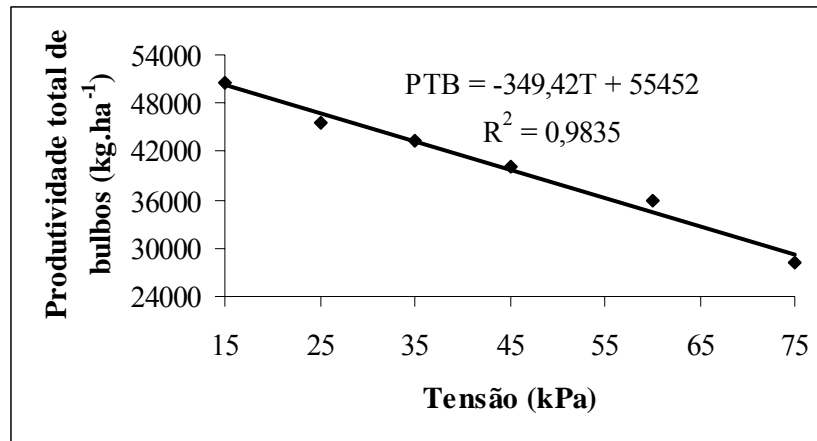


FIGURA 21 Produtividade total de bulbos (PTB) de cebola em função das diferentes tensões da água no solo.

De acordo com a equação apresentada na Figura 21, o aumento da tensão da água no solo, em uma unidade (kPa), implicará em uma diminuição de 349,42 kg.ha⁻¹ na produtividade total de bulbos de cebola, considerando o intervalo estudado (15 a 75 kPa). Isto quer dizer que, neste intervalo, quanto menor o intervalo entre irrigações (turno de rega), maior é a produtividade total de bulbos, pois, a água é aplicada em pequenas intensidades, porém, com alta frequência, de modo a manter a umidade do solo na zona radicular próxima à capacidade de campo.

Poucos estudos têm analisado critérios de manejo da irrigação por gotejamento na cultura da cebola (Chopade et al., 1998; Santa Olalla et al., 2004; Shock et al., 1998). Entretanto, estes autores, também, relatam que as melhores produtividades de bulbos ocorreram, quando o solo foi mantido, constantemente, com alto teor de água.

Segundo Filgueira (2003), o potássio e o nitrogênio são os elementos absorvidos em maiores quantidades na matéria seca da cebola. Entretanto, quanto à capacidade de resposta dessa cultura às doses de nitrogênio, diversos autores relatam que este nutriente contribui, decisivamente, para a produtividade (Resende et al., 2008). Provavelmente, quando a irrigação foi reiniciada com a tensão de 15 kPa, a umidade do solo favoreceu diretamente a absorção de nutrientes, havendo maior absorção em relação aos tratamentos submetidos a maiores tensões, que contribuiu para a obtenção da melhor produtividade total de bulbos.

Comportamento semelhante foi encontrado por Shock et al. (2000) que, visando definir critérios para o manejo da irrigação por gotejamento na cultura da cebola, avaliaram cinco tensões da água no solo (10, 20, 30, 50 e 70 kPa), medidas a 0,20 m de profundidade no ano de 1998, e constataram que a produtividade total de bulbos apresentou resposta linear decrescente com o aumento da tensão, alcançando o valor máximo de 59.670 kg.ha⁻¹, com a tensão de 10 kPa.

Shock et al. (1998), ao utilizarem a irrigação por sulco, na cultura da cebola, estudaram quatro tensões da água no solo (25, 50, 75 e 100 kPa) em 1992 e seis tensões da água no solo (12,5; 25; 37,5; 50; 75 e 100 kPa) em 1993 e 1994, e encontraram redução na produtividade total de bulbos, com o aumento da tensão aplicada, em todos os anos. Entretanto, os ajustes das equações foram quadráticos.

Kipkorir et al. (2002), ao estudarem cinco intervalos entre irrigação (4, 7, 14, 21 e 28 dias), utilizando-se a irrigação por sulco, na cultura da cebola, também, encontraram ajuste linear para a produtividade, em função da aplicação de lâminas de água, numa região semi-árida do Quênia (Perkerra). Segundo esses autores, o aumento das lâminas de irrigação proporcionou incrementos na produtividade de bulbos.

Kumar et al. (2007), estudando os efeitos de níveis de irrigação, baseados na evaporação do Tanque Classe A (ECA) (0,6; 0,8; 1,0 e 1,2), 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 467,75 e 451,34 mm nos anos de 2004 e 2005, respectivamente.

Analisando-se a interação entre os fatores (cultivares versus tensões da água no solo) (Figura 22), observa-se que, independente das cultivares estudadas, os melhores resultados de produtividade total de bulbos foram obtidos quando se reiniciavam as irrigações com a tensão de 15 kPa. Entretanto, percebe-se que o coeficiente angular da equação de regressão é menor para o híbrido Optima F1 (-456,73), quando comparado à cultivar Alfa Tropical (-242,11), isto é, o híbrido é mais responsivo à irrigação.

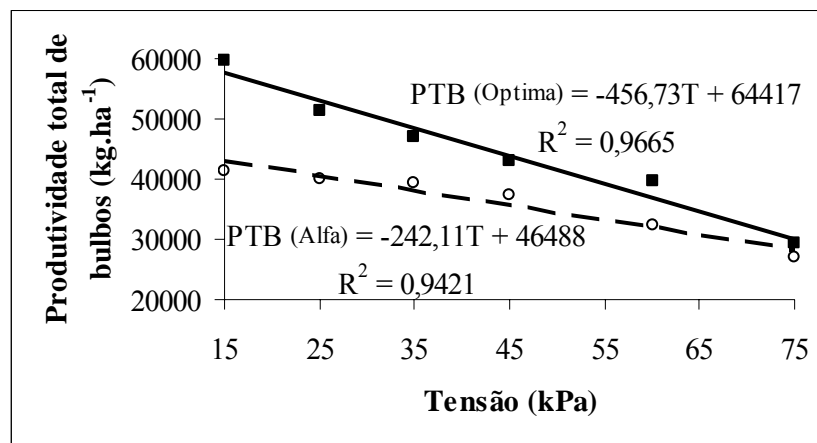


FIGURA 22 Produtividade total de bulbos (PTB) de duas cultivares de cebola em função das diferentes tensões da água no solo.

4.5.2 Produtividade de bulbos comerciais

De acordo com a análise de variância (Tabela 13), verifica-se efeito significativo a 1% de probabilidade, para a produtividade de bulbos comerciais, com relação aos fatores cultivares e tensões da água no solo. Já a interação entre os fatores apresentou diferença significativa a 5% de probabilidade, para esta característica estudada.

TABELA 13 Resumo das análises de variância e de regressão para produtividade de bulbos comerciais (PBC) de duas cultivares de cebola sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		PBC (kg.ha ⁻¹)
Bloco	3	71459247,1 *
Cultivares	1	1038605520,0 **
Tensões	5	494847275,8 **
Cultivares x Tensões	5	69266283,3 *
Resíduo	33	22999084,4
Média Geral	-	38128,9
C.V. (%)	-	12,6
Tensões	(5)	494847275,8 **
Linear	1	2425749305,9 **
Quadrática	1	13738,4 ^{ns}
Desvios	3	16157778,3 ^{ns}
Tensões: Alfa Tropical	(5)	120779136,5 **
Linear	1	566127459,8 **
Quadrática	1	20965357,6 ^{ns}
Desvios	3	5600955,1 ^{ns}
Tensões: Optima F1	(5)	443334422,5 **
Linear	1	2103072354,8 **
Quadrática	1	19474858,9 ^{ns}
Desvios	3	31374966,4 ^{ns}

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F, * e ** – significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

De acordo com o teste de médias (Tabela 14), o melhor comportamento produtivo foi obtido pelo híbrido Optima F1, apresentando uma produtividade

média de bulbos comerciais de 42.780,5 kg.ha⁻¹. O híbrido apresentou incremento médio na produtividade comercial da ordem de 27,8% acima da cultivar Alfa Tropical.

TABELA 14 Médias de produtividade de bulbos comerciais (PBC) de duas cultivares de cebola sob diferentes tensões da água no solo.

Cultivares	PBC¹ (kg.ha⁻¹)
Optima F1	42.780,5 a
Alfa Tropical	33.477,3 b

¹Médias seguidas por letras diferentes diferem, estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

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

No caso da produtividade de bulbos comerciais, as variações ocorridas, em função das tensões da água no solo, podem ser explicadas pela regressão linear, a 1% de probabilidade (Tabela 13). O valor médio encontrado para produtividade de bulbos comerciais foi de 38.128,9 kg.ha⁻¹.

De acordo com a equação apresentada na Figura 23, o aumento de uma unidade (kPa) na tensão da água no solo reduz em 349,14 kg.ha⁻¹ a produtividade de bulbos comerciais. Observa-se que 98,04% das variações, ocorridas na produtividade de bulbos comerciais, em função das tensões, são explicadas pela regressão linear. O valor máximo encontrado para a produtividade de bulbos comerciais ocorreu à tensão de 15 kPa, resultando em uma produtividade para este parâmetro de 47.730 kg.ha⁻¹.

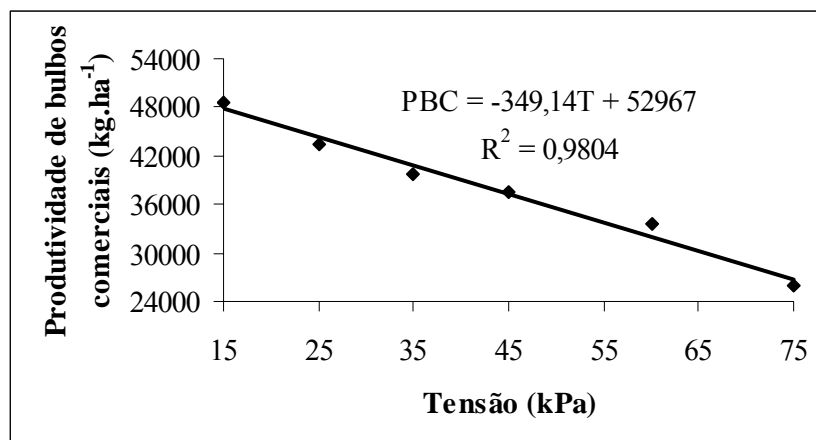


FIGURA 23 Produtividade de bulbos comerciais (PBC) de cebola em função das diferentes tensões da água no solo.

Comportamento semelhante foi encontrado por Shock et al. (2000) que, visando definir critérios para o manejo da irrigação por gotejamento na cultura da cebola, avaliaram cinco tensões da água no solo (10, 20, 30, 50 e 70 kPa), medidas a 0,20 m de profundidade no ano de 1998, e constataram que a produtividade de bulbos comerciais apresentou resposta linear decrescente com o aumento da tensão, alcançando o valor máximo de 56.310 kg.ha⁻¹, com a tensão de 10 kPa.

Coelho et al. (1996), pesquisando sobre o comportamento da cultura da cebola em três regimes de irrigação (regime 1: 6,0 a 8,5 kPa; regime 2: 7,0 a 10,0 kPa e regime 3: 10,0 a 28,0 kPa) e cinco espaçamentos, relataram que o maior valor médio de produtividade de bulbos comerciais (26.700 kg.ha⁻¹) foi verificado no regime 1, seguido, em ordem decrescente, dos regimes 2 e 3.

Shock et al. (1998), com o intuito de avaliar a produtividade e a qualidade de bulbos de cebola, estudaram os efeitos de quatro tensões da água no solo (25, 50, 75 e 100 kPa), em 1992 e de seis tensões da água no solo (12,5; 25; 37,5; 50; 75 e 100 kPa), em 1993 e 1994. Em todos os anos, os autores

encontraram, para a produtividade de bulbos comerciais, ajustes quadráticos em função das tensões aplicadas. No entanto, em 1992 e 1994, houve uma redução na produtividade de bulbos comerciais com o aumento da tensão. Já em 1993, a produtividade de bulbos comerciais máxima foi obtida à tensão de 27 kPa.

Na interação entre os fatores estudados (cultivares versus tensões da água no solo) (Figura 24) é mostrado um comportamento semelhante ao encontrado para a produtividade total de bulbos; isto é, os melhores resultados de produtividade de bulbos comerciais, em ambas cultivares, foram observados quando a irrigação foi reiniciada com a tensão de 15 kPa. O híbrido Optima F1 apresenta maior taxa de redução da produtividade de bulbos comerciais quando submetido a maiores tensões.

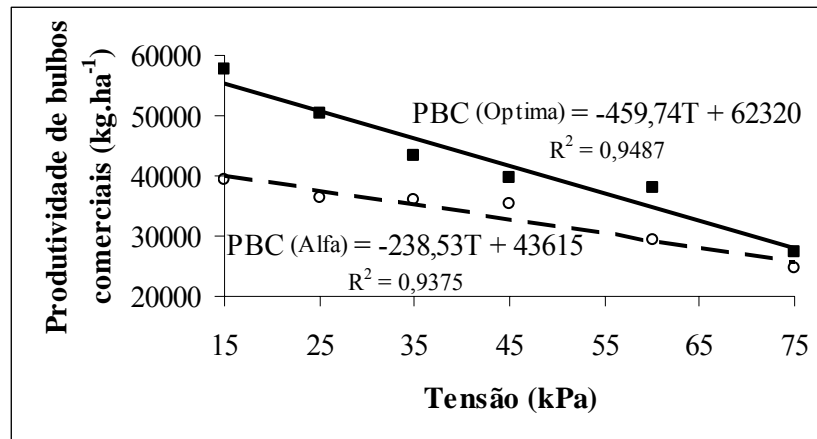


FIGURA 24 Produtividade de bulbos comerciais (PBC) de duas cultivares de cebola em função das diferentes tensões da água no solo.

4.5.3 Classificação de bulbos comerciais

De acordo com a análise de variância (Tabela 15), verificam-se diferenças significativas a 1% de probabilidade, para a classificação de bulbos comerciais em classe 2, classe 3 e classe 4, com relação ao fator tensões da água

no solo. Entre o fator cultivares e entre a interação dos fatores, não foram detectadas diferenças significativas.

TABELA 15 Resumo das análises de variância e de regressão para classificação de bulbos comerciais em classe 2 (CL2), classe 3 (CL3) e classe 4 (CL4) de duas cultivares de cebola sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.		
		CL2 (%)	CL3 (%)	CL4 (%)
Bloco	3	8,07 ^{ns}	5,74 ^{ns}	4,32 ^{ns}
Cultivares	1	0,03 ^{ns}	1,44 ^{ns}	0,96 ^{ns}
Tensões	5	2969,77 ^{**}	482,86 ^{**}	1071,65 ^{**}
Cultivares x Tensões	5	0,77 ^{ns}	0,63 ^{ns}	1,09 ^{ns}
Resíduo	33	7,38	11,68	11,80
Média Geral	-	30,15	52,74	17,13
C.V. (%)	-	9,01	6,48	20,05
Tensões	(5)	2969,77 ^{**}	482,86 ^{**}	1071,65 ^{**}
Linear	1	14803,73 ^{**}	2395,76 ^{**}	5283,13 ^{**}
Quadrática	1	11,06 ^{ns}	5,88 ^{ns}	33,35 ^{ns}
Desvios	3	11,34 ^{ns}	4,22 ^{ns}	13,92 ^{ns}

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F e ^{**} – significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Nota-se que, tanto as classes 2 e 3 quanto a classe 4, foram fortemente influenciadas pelas tensões da água no solo estabelecidas. Os resultados das classes mostraram respostas lineares com nível de significância de 1% (Tabela 15). À medida que se aumentaram as tensões, ocorreu um acréscimo no percentual de bulbos da classe 2 (bulbos de tamanhos menores). Já para as classes 3 e 4, a tendência é oposta, ou seja, há uma diminuição no percentual de bulbos com o aumento das tensões (Figura 25). Ressalta-se, portanto, que não houve a produção de bulbos com diâmetro maior que 90 mm (classe 5) em nenhum dos tratamentos estudados.

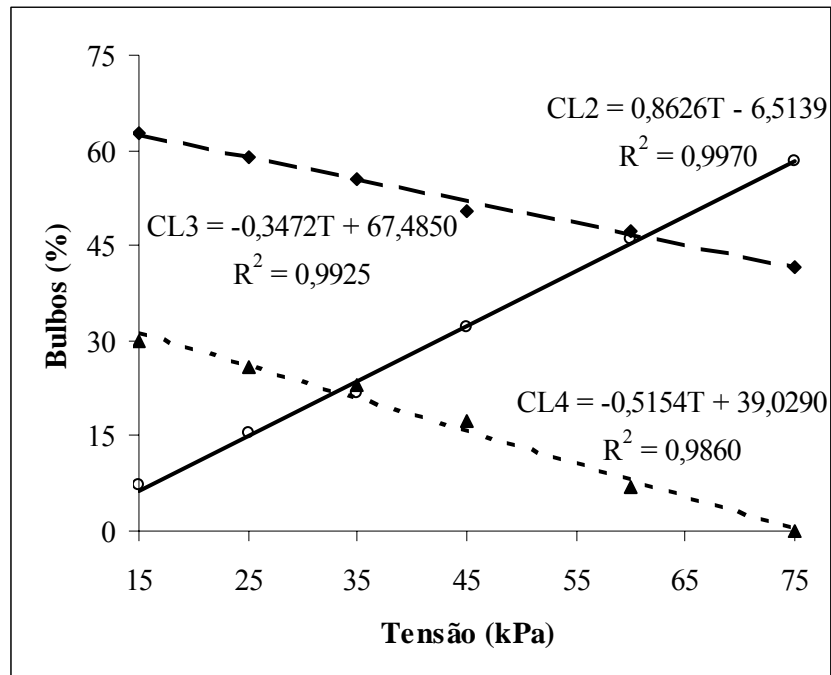


FIGURA 25 Porcentagem de bulbos de cebola classe 2 (CL2), classe 3 (CL3) e classe 4 (CL4) em função das diferentes tensões da água no solo.

As maiores porcentagens de bulbos das classes 3 e 4, bem como a menor porcentagem de bulbos da classe 2, foram obtidas nas parcelas submetidas aos tratamentos mais úmidos, ou seja, tensões mais baixas (15 e 25 kPa). Segundo Santa Olalla et al. (1994), altura e diâmetro de bulbos estão diretamente relacionados com a quantidade de água aplicada.

Os resultados deste estudo corroboram com os encontrados por Coelho et al. (1996) que registraram maiores porcentagens de bulbos grandes ($D > 60$ mm) e médios ($45 \leq D < 60$ mm), e menor porcentagem de bulbos miúdos ($30 \leq D < 45$ mm) sob irrigação do regime 1 (tensão entre 6,0 e 8,5 kPa). Um efeito semelhante à irrigação, no tamanho de bulbos de cebola, também, foi

observado por Santa Olalla et al. (2004) sob sistema de irrigação por gotejamento.

Kumar et al. (2007), também, encontraram comportamento semelhante para a classificação de bulbos de cebola em função da irrigação. Segundo esses autores, a porcentagem de bulbos classe B ($40 \leq D < 59$ mm) (tamanho de maior preferência) foi alta (acima de 50%) nos tratamentos que foram aplicados os maiores níveis de irrigação. Já a menor porcentagem de bulbos na classe B e a maior porcentagem de bulbos na classe D ($D < 30$ mm) (bulbos de tamanhos menores) foram obtidas no tratamento submetido à menor quantidade de água de irrigação. Porém, a menor porcentagem de bulbos da classe D ocorreu no tratamento em que foi aplicada a maior lâmina de irrigação.

4.5.4 Massa média de bulbos comerciais

Na análise de variância (Tabela 16) foi verificado que houve diferenças significativas a 1% de probabilidade, entre os fatores cultivares e tensões da água no solo, quanto à característica de massa média de bulbos comerciais. Já a interação entre os fatores apresentou diferença significativa a 5% de probabilidade, para esta característica estudada.

Observa-se, pelo teste de médias (Tabela 17), que o híbrido Optima F1 apresentou maior massa média de bulbos comerciais (114,2 g), representando 20,6% de massa a mais do que a cultivar Alfa Tropical (94,7 g).

TABELA 16 Resumo das análises de variância e de regressão para massa média de bulbos comerciais (MMBC) de duas cultivares de cebola sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		MMBC (g)
Bloco	3	76,0 ^{ns}
Cultivares	1	4537,7 ^{**}
Tensões	5	2586,6 ^{**}
Cultivares x Tensões	5	401,5 [*]
Resíduo	33	154,6
Média Geral	-	104,5
C.V. (%)	-	11,9
Tensões	(5)	2586,6 ^{**}
Linear	1	12695,6 ^{**}
Quadrática	1	2,4 ^{ns}
Desvios	3	78,3 ^{ns}
Tensões: Alfa Tropical	(5)	487,6 [*]
Linear	1	2422,4 ^{**}
Quadrática	1	0,3 ^{ns}
Desvios	3	5,1 ^{ns}
Tensões: Optima F1	(5)	2500,5 ^{**}
Linear	1	12128,2 ^{**}
Quadrática	1	7,5 ^{ns}
Desvios	3	122,2 ^{ns}

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F, ^{*} e ^{**} – significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

TABELA 17 Médias de massa média de bulbos comerciais (MMBC) de duas cultivares de cebola sob diferentes tensões da água no solo.

Cultivares	MMBC ¹ (g)
Optima F1	114,2 a
Alfa Tropical	94,7 b

¹Médias seguidas por letras diferentes diferem, estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Rebouças et al. (2008), estudando o híbrido Mercedes e a cultivar Serrana, em função da densidade de plantio de cebola no sistema de semeadura,

em Salinas, MG, também, obtiveram para o híbrido um incremento na massa média de bulbos comerciais da ordem de 18,8% em relação à cultivar.

Para o híbrido Optima F1, a massa média de bulbos comerciais, encontrada neste estudo, foi semelhante àquela encontrada por May et al. (2007), em São José do Rio Pardo, SP, os quais, trabalhando com híbridos de cebola em função da população de plantas e da fertilização nitrogenada e potássica, obtiveram 113,2 g de massa média de bulbos, utilizando-se 60 plantas.m⁻².

O valor médio de massa média de bulbos comerciais, obtido neste trabalho, para a cultivar Alfa Tropical, foi maior do que aquele encontrado por Rodrigues et al. (2006), que estudaram 16 cultivares de cebola em Viçosa, MG e encontraram, para esta cultivar, 75,65 e 64,85 g nos sistemas convencional e orgânico, respectivamente.

Segundo Souza & Resende (2002), o consumidor brasileiro prefere os bulbos de cebola com coloração amarelo-avermelhada, de formato arredondado, com massa média entre 90 e 100 g e sem a presença de raízes e folhas. Neste contexto, tanto o híbrido Optima F1 quanto a cultivar Alfa Tropical atendem ao mercado consumidor interno em termos de coloração, formato e massa média de bulbo. No entanto, o que se verifica na prática é a preferência do consumidor por bulbos de menor tamanho, os quais são utilizados na sua totalidade, quando consumidos *in natura* e possuem maior poder de conservação, em virtude do menor teor de água (Resende et al., 2003).

A massa média de bulbos comerciais foi bastante influenciada pelas tensões da água no solo. O resultado de massa média de bulbos comerciais mostrou resposta linear, com nível de significância de 1% (Tabela 16), indicando haver um decréscimo da massa média de bulbos comerciais à medida que se aumentaram as tensões da água no solo. Nota-se que 98,17% das variações ocorridas na massa média de bulbos comerciais, em função das tensões, são explicadas pela regressão linear (Figura 26).

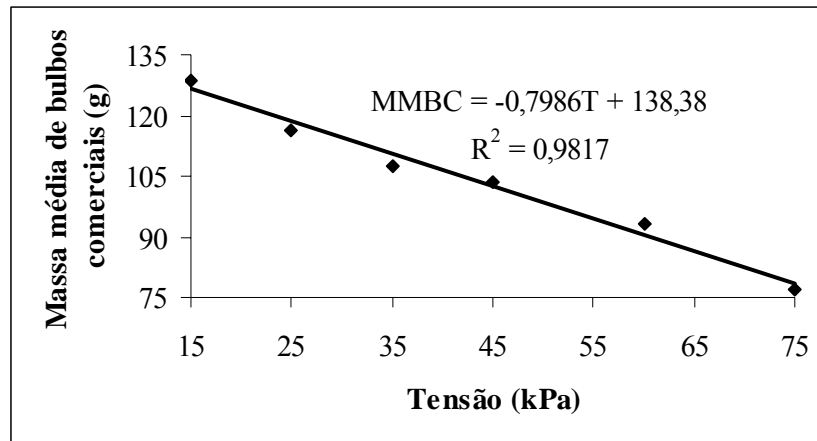


FIGURA 26 Massa média de bulbos comerciais (MMBC) de cebola em função das diferentes tensões da água no solo.

O valor máximo de massa média de bulbos comerciais ocorreu à tensão de 15 kPa (tratamento em que a umidade do solo foi mantida próxima da capacidade de campo), resultando em uma massa média, para esta característica, de 126,4 g, fato justificado pela maior quantidade de bulbos das classes 3 e 4 (bulbos maiores) observada para esta tensão. Segundo Santa Olalla et al. (1994), altura e diâmetro de bulbos estão, diretamente, relacionados com a quantidade de água aplicada.

Kumar et al. (2007) observaram que a massa média de bulbos foi, positivamente, influenciada 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 (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. A menor quantidade de irrigação produziu menor massa média de bulbos, em função da alta porcentagem de bulbos de tamanho pequeno, obtida nos dois anos de estudo.

Analisando-se a interação entre os fatores cultivares versus tensões da água no solo (Figura 27), observa-se que a massa média de bulbos comerciais relacionou-se de maneira inversa com a tensão da água no solo e, diretamente, com as lâminas de irrigação aplicadas (Tabela 7), independente das cultivares analisadas e os máximos valores foram obtidos à tensão de 15 kPa. Sob a tensão de 75 kPa, a massa média de bulbos comerciais foi, praticamente, igual entre as duas cultivares estudadas, mostrando que o híbrido Optima F1 possui maior sensibilidade à variação da umidade do solo.

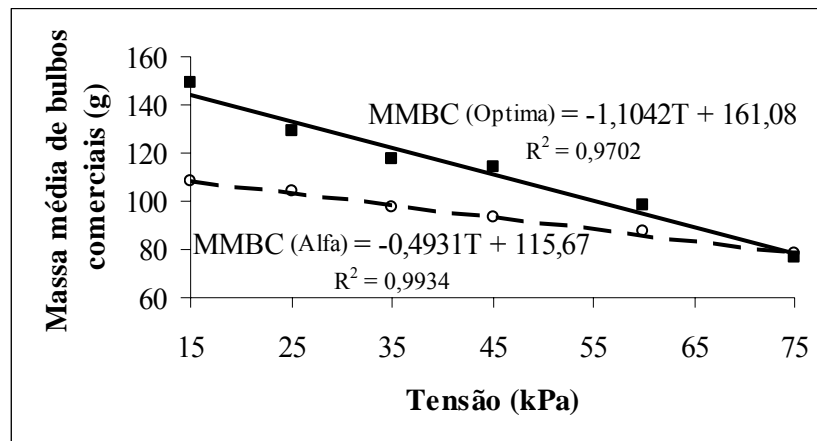


FIGURA 27 Massa média de bulbos comerciais (MMBC) de duas cultivares de cebola em função das diferentes tensões da água no solo.

4.5.5 Sólidos solúveis totais

Os sólidos solúveis totais de bulbos foram, significativamente, afetados pelos fatores cultivares e tensões da água no solo, a 1% de probabilidade, pelo teste F (Tabela 18). Não houve efeito significativo sobre a interação cultivares versus tensões da água no solo.

TABELA 18 Resumo das análises de variância e de regressão para sólidos solúveis totais (SST) de bulbos de duas cultivares de cebola sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		SST (% de °Brix)
Bloco	3	0,05 ^{ns}
Cultivares	1	0,56 ^{**}
Tensões	5	1,88 ^{**}
Cultivares x Tensões	5	0,01 ^{ns}
Resíduo	33	0,02
Média Geral	-	10,80
C.V. (%)	-	1,30
Tensões	(5)	1,88 ^{**}
Linear	1	6,53 ^{**}
Quadrática	1	2,73 ^{**}
Desvios	3	0,04 ^{ns}

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F e ^{**} – significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

De acordo com o teste de médias (Tabela 19), o maior conteúdo de sólidos solúveis totais de bulbos foi obtido pela cultivar Alfa Tropical (10,9% de °Brix), quando comparado ao híbrido Optima F1 (10,7% de °Brix), apresentando incremento médio da ordem de 1,9% no teor de °Brix.

TABELA 19 Médias de sólidos solúveis totais (SST) de bulbos de duas cultivares de cebola sob diferentes tensões da água no solo.

Cultivares	SST ¹ (% de °Brix)
Alfa Tropical	10,9 a
Optima F1	10,7 b

¹Médias seguidas por letras diferentes diferem, estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Segundo Chitarra & Chitarra (2005), os sólidos solúveis correspondem a todas as substâncias que se encontram dissolvidas em um determinado solvente, o qual, no caso dos alimentos, é a água. São constituídos, principalmente, por

açúcares e variáveis com a espécie, a cultivar, o estágio de maturação e o clima, com valores médios entre 8 a 14 °Brix (faixa de variação entre 2 a 25 °Brix). Em cebolas, os valores de sólidos solúveis totais podem oscilar de 5 a 20% (Carvalho, 1980), portanto, os resultados obtidos, neste trabalho, encontram-se nessa faixa.

Em cultivo orgânico no Vale do São Francisco, os teores de sólidos solúveis totais em cebola variaram de 5,25 a 11,72%, com destaque para IPA 10 e IPA 11 que apresentaram os maiores valores (Araújo et al., 2004). Em Minas Gerais, Chagas et al. (2004) observaram maiores valores de sólidos solúveis totais, para as cultivares Crioula, Pira Ouro, Jubileu e Baia Periforme, com variações de 12,68 a 13,10%.

No caso dos sólidos solúveis totais, as variações ocorridas podem ser explicadas pela regressão quadrática, a 1% de probabilidade (Tabela 18). O valor médio encontrado para o teor de sólidos solúveis totais foi de 10,8% de °Brix.

Nota-se, pela Figura 28, que houve um acréscimo no conteúdo de sólidos solúveis totais, à medida que se aumentaram as tensões da água no solo, até o valor de 29,8 kPa, em que se obteve o máximo de sólidos solúveis de 11,1% de °Brix. Observa-se que 98,75% das variações, ocorridas no teor de sólidos solúveis totais, em função das tensões, são explicadas pela regressão quadrática.

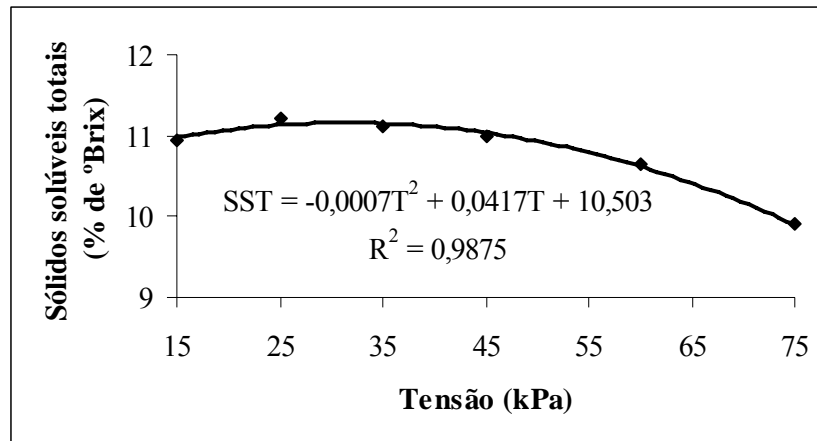


FIGURA 28 Sólidos solúveis totais (SST) de bulbos de cebola em função das diferentes tensões da água no solo.

Comportamento semelhante foi encontrado por Kumar et al. (2007). Estes autores descrevem que os teores de sólidos solúveis totais aumentaram com o incremento das lâminas de irrigação, diminuindo com o tratamento que recebeu maior lâmina de irrigação no ano de 2004. Mudanças no teor de sólidos solúveis totais com a irrigação, provavelmente, podem ser por causa da demanda de água da cultura e da melhor utilização de nutrientes sob disponibilidade ótima de umidade no solo. Estes resultados estão de acordo com Chopade et al. (1998), que obtiveram alto teor de sólidos solúveis totais em cebola com aplicação ótima de água.

A análise dos sólidos solúveis, para a agroindústria, é importante, pois, o teor de sólidos solúveis totais está ligado à pungência (combinação entre sabor e odor). Segundo Moretti & Durigan (2002), a pungência conferida pelo ácido pirúvico é maior quanto maior o teor de sólidos solúveis totais.

As cebolas, utilizadas para processamento, principalmente desidratadas, diferentemente daquelas destinadas ao mercado *in natura*, devem ser brancas, ter elevado teor de sólidos solúveis totais e de pungência. Entretanto, quanto mais

pungente, mais limitante é o consumo fresco. Esta característica depende da cultivar e do clima (Carvalho et al., 1987; Feimberg, 1973).

4.5.6 Teor de matéria seca de bulbos comerciais

De acordo com a análise de variância (Tabela 20), verifica-se diferença significativa a 1% de probabilidade, para o teor de matéria seca de bulbos comerciais, com relação ao fator cultivares. Entre o fator tensões da água no solo e entre a interação dos fatores, não foram detectadas diferenças significativas.

TABELA 20 Resumo da análise de variância para teor de matéria seca de bulbos comerciais (TMSBC) de duas cultivares de cebola sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		TMSBC (%)
Bloco	3	0,61 ^{ns}
Cultivares	1	47,40 ^{**}
Tensões	5	0,90 ^{ns}
Cultivares x Tensões	5	0,35 ^{ns}
Resíduo	33	0,82
Média Geral	-	13,34
C.V. (%)	-	6,81

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F e ^{**} – significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

O teste de médias (Tabela 21) indica que a cultivar Alfa Tropical apresentou maior teor de matéria seca de bulbos comerciais (14,3%) que o híbrido Optima F1, superando esse último, em 16,3%. Como ocorreu independente dos outros fatores estudados, essa diferença pode ser função do fator genético de cada cultivar.

TABELA 21 Médias de teor de matéria seca de bulbos comerciais (TMSBC) de duas cultivares de cebola sob diferentes tensões da água no solo.

Cultivares	TMSBC¹ (%)
Alfa Tropical	14,3 a
Optima F1	12,3 b

¹Médias seguidas por letras diferentes diferem, estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O conteúdo de matéria seca é um importante fator de qualidade, principalmente, para a indústria de processamento. Quanto maior o teor de matéria seca, menor é a quantidade de energia exigida para o processo de desidratação (Soares et al., 2004).

Apesar da análise de variância não ter detectado diferença significativa entre o fator tensões da água no solo, para a característica teor de matéria seca de bulbos comerciais, muitos trabalhos mostram que a produção de matéria seca de bulbos de cebola é altamente dependente da aplicação adequada de água (Abu Awwad, 1996; Koriem et al., 1999; Saha et al., 1997; Shock et al., 1998, 2000).

Considerando-se a utilização de amostras de somente bulbos da classe 3 para a obtenção das massas fresca e seca de bulbos, o tamanho padronizado de bulbos pode ter influenciado no resultado do teor de matéria seca de bulbos comerciais. Segundo Kumar et al. (2007), a variação de matéria seca por planta pode ser atribuída à variação no tamanho de bulbos.

Santa Olalla et al. (2004), avaliando quantidades de água no cultivo da cebola em clima semi-árido, também, não encontraram diferença significativa para a matéria seca de bulbos.

4.5.7 Eficiência no uso da água

Observa-se, na Tabela 22, que a eficiência no uso da água foi afetada, significativamente, pelos fatores cultivares e tensões da água no solo, pelo teste

F a 1% de probabilidade. No entanto, a interação entre os fatores não apresentou diferença significativa.

TABELA 22 Resumo das análises de variância e de regressão para eficiência no uso da água (EUA) de duas cultivares de cebola sob diferentes tensões da água no solo.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		EUA ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$)
Bloco	3	107,41 ^{ns}
Cultivares	1	10632,65 ^{**}
Tensões	5	687,71 ^{**}
Cultivares x Tensões	5	35,61 ^{ns}
Resíduo	33	61,99
Média Geral	-	92,00
C.V. (%)	-	8,56
Tensões	(5)	687,71 ^{**}
Linear	1	3218,49 ^{**}
Quadrática	1	175,45 ^{ns}
Desvios	3	14,87 ^{ns}

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F e ^{**} – significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Nota-se, pelo teste de médias (Tabela 23), que o híbrido Optima F1 apresentou-se mais eficiente (38,7%) no uso da água, para a produtividade total de bulbos do que a cultivar Alfa Tropical. Esse fato é justificado pela maior produtividade total média de bulbos (Tabela 12) e, também, pelo menor consumo de água pela planta (Tabela 7), observado para esta cultivar.

TABELA 23 Médias de eficiência no uso da água (EUA) de duas cultivares de cebola sob diferentes tensões da água no solo.

Cultivares	EUA ¹ ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$)
Optima F1	106,9 a
Alfa Tropical	77,1 b

¹Médias seguidas por letras diferentes diferem, estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

De acordo com a Figura 29, nota-se 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 (Tabela 22). Observa-se, ainda, que 93,60% das variações ocorridas, na eficiência no uso da água, em função das tensões da água no solo, são explicadas pela regressão linear. O valor máximo encontrado para a eficiência no uso da água foi de 105,1 kg.ha⁻¹.mm⁻¹ obtido à tensão de 75 kPa (tratamento correspondente à menor lâmina de água aplicada).

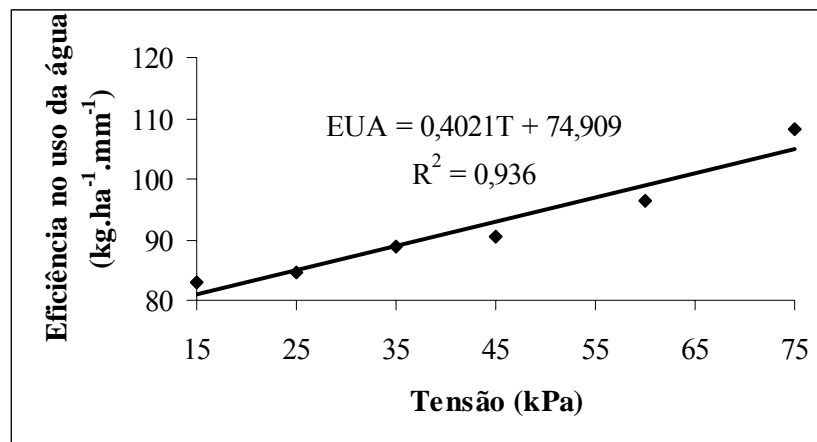


FIGURA 29 Eficiência no uso da água (EUA) da cebola em função das diferentes tensões da água no solo.

Resultado semelhante foi alcançado por Marouelli et al. (2008) que encontraram, nos tratamentos sob plantio direto, aumento linear da eficiência no uso da água com o incremento do nível de palhada, entre 90,7 e 106,7 kg.ha⁻¹.mm⁻¹. Os valores de eficiência reduziram com o aumento da lâmina de água aplicada.

Santa Olalla et al. (2004), avaliando quantidades de água no cultivo da cebola em clima semi-árido, obtiveram valores de eficiência no uso da água, variando de 91,6 a 116,0 kg.ha⁻¹.mm⁻¹ e as diferenças entre os tratamentos não

mostraram ser significativas. Entretanto, esses autores relataram que, de maneira geral, quanto menor o volume de água aplicado maior foi a eficiência alcançada.

Resultado oposto ao encontrado, neste trabalho, foi obtido por Coelho et al. (1996) que obtiveram maiores valores de eficiência no uso da água com a diminuição da tensão da água no solo (aumento das lâminas de irrigação aplicadas).

Alguns trabalhos da literatura, realizados com outras hortaliças, também, têm mostrado que a eficiência no uso da água (EUA) aumenta com o acréscimo da tensão da água no solo e/ou com o decréscimo da lâmina de água aplicada (Marouelli et al., 2003; Sá et al., 2005; Vilas Boas et al., 2007).

4.6 Conservação pós-colheita

4.6.1 Perda de massa

De acordo com a análise de variância (Tabela 24), verifica-se efeito significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, para a perda de massa de bulbos de cebola, com relação aos fatores cultivares, dias após cura e interação entre cultivares versus dias após cura.

TABELA 24 Resumo das análises de variância e de regressão para perda de massa (PM) de duas cultivares de cebola sob diferentes tensões da água no solo aos 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias após cura.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		PM (%)
Bloco	3	2,91 ^{ns}
Cultivares	1	888,29 ^{**}
Tensões	5	0,26 ^{ns}
Cultivares x Tensões	5	0,25 ^{ns}
Resíduo 1	33	1,42
Dias	8	347,19 ^{**}
Cultivares x Dias	8	30,03 ^{**}
Tensões x Dias	40	0,09 ^{ns}
Cultivares x Tensões x Dias	40	0,10 ^{ns}
Resíduo 2	288	0,25
Média Geral	-	4,78
C.V. 1 (%)	-	24,90
C.V. 2 (%)	-	10,53
Dias	(8)	347,19 ^{**}
Linear	1	2776,43 ^{**}
Quadrática	1	0,01 ^{ns}
Desvios	6	0,18 ^{ns}
Dias: Alfa Tropical	(8)	290,42 ^{**}
Linear	1	2321,61 ^{**}
Quadrática	1	0,03 ^{ns}
Desvios	6	0,28 ^{ns}
Dias: Optima F1	(8)	86,80 ^{**}
Linear	1	693,50 ^{**}
Quadrática	1	0,10 ^{ns}
Desvios	6	0,13 ^{ns}

Em que: ^{ns} – não significativo pelo teste F e ^{**} – significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Por meio do teste de médias (Tabela 25), observa-se que a cultivar Alfa Tropical apresentou-se mais susceptível à perda de massa de bulbos (6,2%), representando 82,4% de perda a mais do que o híbrido Optima F1. Ressalta-se, portanto, que essa diferença pode estar ligada a fatores genéticos de cada

material estudado, como por exemplo, à espessura da casca. Segundo Apeland (1971), a casca da cebola funciona como uma barreira contra a perda de água.

TABELA 25 Médias de perda de massa (PM) de duas cultivares de cebola sob diferentes tensões da água no solo aos 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias após cura.

Cultivares	PM¹ (%)
Alfa Tropical	6,2 a
Optima F1	3,4 b

¹Médias seguidas por letras diferentes diferem, estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Pereira (1999), estudando cura e conservação pós-colheita de bulbos de cebola, também, encontrou menor perda de massa de bulbos de cebola, para o híbrido, quando comparado com a cultivar. Segundo a autora, o híbrido Granex 90 apresentou perda de massa de 2,82%, após 1 mês de armazenamento e de 5,63%, em 7 semanas de armazenamento. A cultivar Crioula apresentou perdas entre 6,36% e 7,91%, em iguais períodos, dependendo do tratamento pós-colheita aplicado.

Ferreira & Minami (2000) avaliaram a qualidade de bulbos em consequência de tratamentos pré-colheita com os micronutrientes Cu e B, aplicados, durante a bulbificação, em seis genótipos de cebola. Segundo este estudo, as cultivares, com relação à perda de massa, podem ser divididas por uma escala cujos bulbos dos genótipos Crioula, Régia e Serrana e o híbrido HS-2 perderam mais massa, e os híbridos HT e HS-1, perderam menos massa, nas duas épocas de avaliação (25 e 45 dias após a colheita).

A análise de variância não detectou diferença significativa entre o fator tensões da água no solo para a característica de perda de massa de bulbos (Tabela 24). É de se esperar que a maior perda de massa ocorra em bulbos de tamanhos maiores, pois, segundo Saturnino & Medina (1980), há influência do

tamanho dos bulbos na perda de massa e é mais rápida nos bulbos maiores. Provavelmente, a utilização de amostras de bulbos da classe 3, visando à padronização dos tratamentos, pode ter influenciado no resultado da perda de massa de bulbos.

A perda de massa de bulbos foi, fortemente, influenciada pelos dias após cura. O resultado de perda de massa mostrou resposta linear com nível de significância de 1% (Tabela 24), indicando haver um acréscimo na perda de massa de bulbos à medida que se aumentaram os dias após cura. Observa-se que 99,96% das variações ocorridas na perda de massa, em função dos dias após cura, são explicadas pela regressão linear (Figura 30). O valor máximo encontrado para a perda de massa foi de 8,71% aos 90 dias após cura.

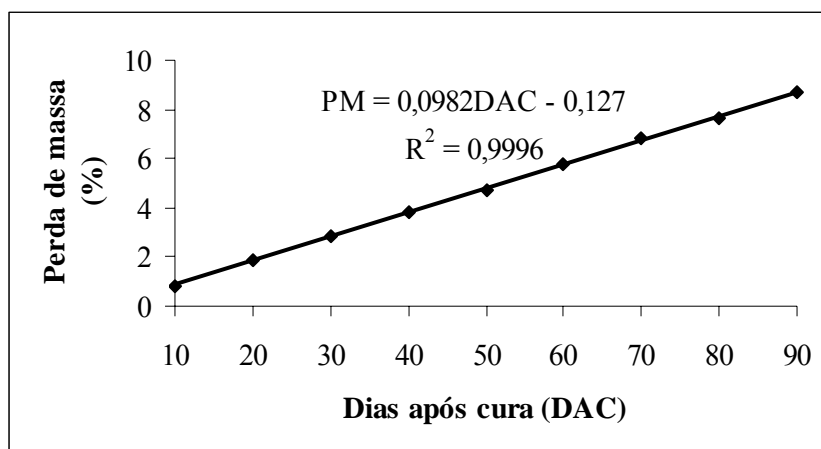


FIGURA 30 Perda de massa (PM) da cebola em função dos dias após cura (DAC).

O comportamento linear crescente da perda de massa de bulbos, com o aumento do tempo de armazenamento, é ocasionado, principalmente, pela perda de umidade e de material de reserva pela transpiração e respiração, respectivamente (Chitarra & Chitarra, 1990). Contudo, essa perda por si só não

representou comprometimento do valor comercial dos bulbos, uma vez que, na última avaliação, não foi registrado início de murcha nos mesmos.

Lima et al. (2004), em estudo sobre qualidade e conservação pós-colheita de genótipos de cebola, cultivados no Vale do São Francisco, também, encontraram aumento linear de perda de massa de bulbos, durante o período de armazenamento, sob temperatura ambiente, em todos os genótipos, atingindo 5% ao 26º dia após a colheita.

Analisando-se a interação entre os fatores estudados (cultivares versus dias após cura) (Figura 31), observa-se que, independente das cultivares estudadas, na perda de massa de bulbos foi observado que houve tendência linear crescente com relação ao aumento de dias após cura. Entretanto, percebe-se que o coeficiente angular da equação de regressão é menor para o híbrido Optima F1 (0,069), quando comparado a cultivar Alfa Tropical (0,127), indicando que o híbrido possui menor perda de massa, durante o período de armazenamento, podendo representar menores prejuízos econômicos, pois, normalmente, o bulbo é comercializado por unidade de peso.

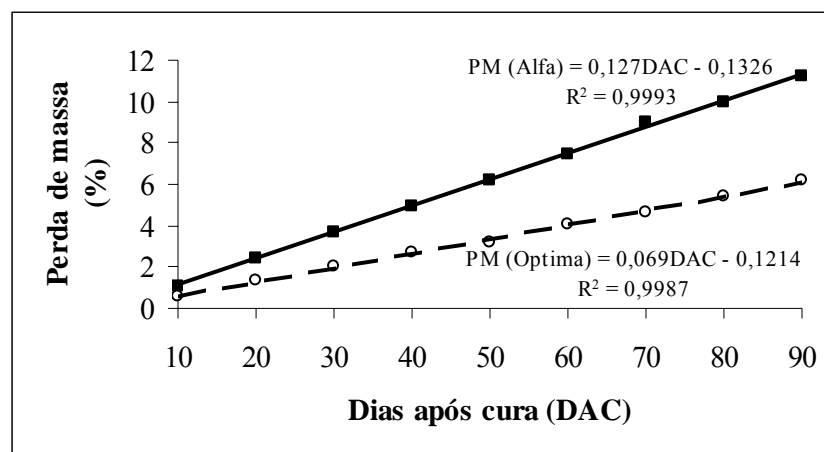


FIGURA 31 Perda de massa (PM) de duas cultivares de cebola em função dos dias após cura (DAC).

4.7 Custo total de produção

Na Tabela 26 são apresentados os percentuais de participação dos itens que compõem os custos totais de produção de cebola para os tratamentos A15 (cultivar Alfa Tropical e tensão de 15 kPa), A25 (cultivar Alfa Tropical e tensão de 25 kPa), A35 (cultivar Alfa Tropical e tensão de 35 kPa), A45 (cultivar Alfa Tropical e tensão de 45 kPa), A60 (cultivar Alfa Tropical e tensão de 60 kPa), A75 (cultivar Alfa Tropical e tensão de 75 kPa), O15 (híbrido Optima F1 e tensão de 15 kPa), O25 (híbrido Optima F1 e tensão de 25 kPa), O35 (híbrido Optima F1 e tensão de 35 kPa), O45 (híbrido Optima F1 e tensão de 45 kPa), O60 (híbrido Optima F1 e tensão de 60 kPa) e O75 (híbrido Optima F1 e tensão de 75 kPa).

Nota-se, para ambas cultivares estudadas, que os tratamentos de irrigação apresentaram uma diminuição da participação percentual dos custos fixos e um aumento da participação percentual dos custos variáveis, em função da diminuição da tensão da água no solo (redução do intervalo entre irrigações), e conseqüentemente, do aumento das lâminas de água aplicadas, as quais apresentaram valores crescentes de produtividades médias de bulbos comerciais (Tabela 27).

Em todos os tratamentos estudados, o item que teve maior participação no custo fixo foi bandejas (200 células), enquanto que os gastos com os itens insumos e mão-de-obra foram os que apresentaram maior participação na formação do custo variável.

No tratamento O15, a participação do item bandejas (200 células), no custo total de produção, foi de 6,74%, destacando-se com o menor percentual deste recurso nos custos fixos, quando comparado aos demais tratamentos. Já no tratamento A75, esse item apresentou o maior percentual deste recurso nos custos fixos (9,06% do custo total).

TABELA 26 Percentagem dos custos fixos e variáveis da produção de duas cultivares de cebola, em diferentes tratamentos de tensão da água no solo.

Custos Fixos e Variáveis Totais ¹	% do Custo Total											
	A15	A25	A35	A45	A60	A75	O15	O25	O35	O45	O60	O75
Terra	2,30	2,34	2,35	2,37	2,47	2,56	1,91	1,98	2,04	2,07	2,10	2,21
Bandejas (200 células)	8,11	8,26	8,30	8,38	8,73	9,06	6,74	6,99	7,20	7,33	7,41	7,80
Calagem	0,21	0,21	0,21	0,21	0,22	0,23	0,17	0,18	0,18	0,19	0,19	0,20
ITR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sistema de irrigação	1,35	1,37	1,38	1,39	1,45	1,50	1,12	1,16	1,19	1,21	1,23	1,29
CFT	11,97	12,18	12,24	12,35	12,87	13,36	9,94	10,30	10,61	10,81	10,92	11,50
Insumos	28,99	29,49	29,64	29,91	31,16	32,35	35,58	36,86	37,98	38,67	39,09	41,17
Mão-de-obra	29,36	29,88	30,03	30,30	31,57	32,77	24,40	25,27	26,04	26,52	26,80	28,23
Máquinas e implementos	5,06	5,15	5,18	5,22	5,44	5,65	4,21	4,36	4,49	4,57	4,62	4,87
Despesas com administração	9,90	9,52	9,53	9,45	8,75	8,17	10,87	10,14	9,39	8,99	8,81	7,50
Despesas gerais	6,80	6,37	6,36	6,26	5,42	4,72	8,28	7,46	6,64	6,19	5,98	4,52
Energia	7,13	6,63	6,24	5,72	4,01	2,20	5,92	4,80	4,06	3,46	2,98	1,42
Custo alternativo	0,79	0,79	0,79	0,79	0,78	0,78	0,81	0,80	0,80	0,80	0,80	0,79
CVT	88,03	87,82	87,76	87,65	87,13	86,64	90,06	89,70	89,39	89,19	89,08	88,50
CT	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

¹CFT – custo fixo total (já incluído o custo alternativo); CVT – custo variável total e CT – custo total.

TABELA 27 Valores médios observados de produtividade de bulbos comerciais de duas cultivares de cebola, em função das diferentes tensões da água no solo.

Tratamentos	Produtividade média de bulbos comerciais (sc.ha⁻¹)
A15	1974
A25	1816
A35	1804
A45	1759
A60	1463
A75	1228
O15	2891
O25	2516
O35	2172
O45	1988
O60	1902
O75	1366

O valor pago pela energia elétrica representou 7,13% do custo total médio de cada saca de cebola produzida para o tratamento A15. Este tratamento foi o que recebeu a maior quantidade de água e, por consequência, maior foi o número de horas de funcionamento do sistema de irrigação.

Entre os tratamentos aplicados, o O15 apresentou a maior participação dos custos variáveis no custo total de produção, destacando-se: despesas com administração (10,87%) e despesas gerais (8,28%). Este tratamento foi o que apresentou a maior produtividade de bulbos comerciais de cebola e, por consequência, maiores foram os custos com colheita, administração e impostos.

No Anexo encontram-se as estimativas dos custos fixos totais, dos custos variáveis totais (Tabela 1A e 2A), dos custos operacionais fixos totais e dos custos operacionais variáveis totais (Tabela 3A e 4A), em R\$.ha⁻¹, da produção das duas cultivares de cebola (Alfa Tropical e Optima F1), em diferentes tratamentos de tensão da água no solo.

Os resultados dos custos médios de produção de cebola, em relação aos diferentes tratamentos experimentais, são apresentados na Tabela 28. De acordo com esta tabela, pode-se notar que os custos totais médios, tanto econômicos quanto operacionais, apresentaram um aumento de valor, à medida que se aumentou o intervalo entre irrigações (aumento da tensão da água no solo), para ambas cultivares.

TABELA 28 Custos econômicos e operacionais médios¹ da produção de duas cultivares de cebola, em R\$.sc⁻¹ de 20 kg, em diferentes tratamentos de tensão da água no solo.

Tratamentos	CFMe	CVMe	CTMe	CopFMe	CopVMe	CopTMe
A15	1,06	7,77	8,82	0,77	7,70	8,46
A25	1,15	8,28	9,42	0,83	8,20	9,04
A35	1,16	8,28	9,44	0,84	8,21	9,05
A45	1,18	8,41	9,59	0,86	8,33	9,19
A60	1,42	9,65	11,07	1,03	9,56	10,59
A75	1,70	11,01	12,70	1,23	10,91	12,14
O15	0,72	6,53	7,25	0,52	6,47	6,99
O25	0,83	7,21	8,04	0,60	7,15	7,75
O35	0,96	8,08	9,04	0,70	8,01	8,70
O45	1,05	8,65	9,70	0,76	8,57	9,33
O60	1,10	8,94	10,03	0,80	8,86	9,65
O75	1,53	11,73	13,26	1,11	11,63	12,74
Média	1,15	8,71	9,86	0,84	8,63	9,47

¹CFMe – custo fixo médio; CVMe – custo variável médio; CTMe – custo total médio; CopFMe – custo operacional fixo médio; CopVMe – custo operacional variável médio; CopTMe – custo operacional total médio.

Observa-se, também, que os custos fixos e variáveis médios diminuíram à medida que a produtividade aumentava, sendo os menores valores apresentados pelo tratamento O15, cujos custos fixos e variáveis médios foram de R\$ 0,72.sc⁻¹ e R\$ 6,53.sc⁻¹, respectivamente, conforme apresentado na Tabela 28.

Dos custos econômicos, analisados na Tabela 28, podem-se decompor os custos operacionais e os alternativos (ou de oportunidade). Percebe-se que os

custos operacionais, representados pelas depreciações do capital fixo e pelos fatores variáveis, oneram, em média, 96,04% (significa quanto que R\$ 9,47.sc⁻¹ representa de R\$ 9,86.sc⁻¹) do custo econômico de cada saca de cebola produzida. Dessa forma, o custo alternativo do capital, investido no cultivo da cebola, variou de 3,59% a 4,41%, dependendo do tratamento, representando, em média, 3,96% (100% - 96,04%) do custo de cada saca de cebola produzida na região estudada.

4.8 Estudo econômico simplificado

Para a realização do estudo econômico simplificado, foram utilizados os dados contidos na Tabela 28, considerando como preço médio da saca de 20 kg de cebola o valor de R\$ 26,20, correspondente ao período de novembro de 2009.

No estudo econômico efetuado, observa-se que todos os tratamentos experimentais apresentaram receita média (RMe) superior aos custos totais médios (CTMe), indicando haver situações de lucro supernormal (RMe > CTMe). Esta é uma situação em que o investimento paga todos os recursos aplicados na atividade econômica e proporciona um lucro adicional, superior ao de outras alternativas de mercado. A tendência em médio e longo prazo é de expansão e entrada de novas empresas para a atividade, atraindo investimentos competitivos.

5 CONCLUSÕES

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

- a) O híbrido Optima F1 apresentou melhores respostas com relação às seguintes características analisadas: produtividade total de bulbos, produtividade de bulbos comerciais, massa média de bulbos comerciais, eficiência no uso da água e perda de massa de bulbos;
- b) A altura da planta e o diâmetro do colo apresentaram respostas lineares decrescentes, à medida que se aumentaram as tensões da água no solo, para ambas cultivares;
- c) Em ambas cultivares, para a obtenção de plantas mais altas, maiores produtividades de bulbos (total e comercial), maior porcentagem de bulbos das classes 3 e 4 e maior massa média de bulbos comerciais, deve-se irrigar no momento em que a tensão da água no solo estiver em torno de 15 kPa à profundidade de 0,15 m;
- d) O teor de sólidos solúveis totais apresentou resposta quadrática, com relação às tensões da água no solo e o valor máximo obtido foi à tensão de 29,8 kPa;
- e) Não houve resposta do teor de matéria seca de bulbos comerciais às tensões da água no solo aplicadas;
- f) A eficiência no uso da água aumentou, linearmente, em função do acréscimo da tensão da água no solo;

- g) A perda de massa de bulbos mostrou tendência linear crescente com relação ao aumento de dias após cura, tendo o híbrido Optima F1 apresentado menos perdas, durante o período de armazenamento, podendo representar menores prejuízos econômicos durante a comercialização;
- h) Os custos totais médios foram, inversamente, proporcionais às produtividades dos tratamentos de tensão da água no solo, para ambas cultivares, indicando uma resposta à escala de produção;
- i) A recomendação é de que se adote, como momento de irrigar, a tensão da água no solo de 15 kPa, e como cultivar, o híbrido Optima F1, para que se obtenha maior lucratividade na atividade produtiva;
- j) A irrigação por gotejamento na cultura da cebola, adotando-se as tensões da água no solo e as cultivares estudadas neste trabalho, é economicamente viável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 25-32.
- ANEZ, R. B.; TAVIRA, D. E. Aplicacion 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.
- ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. Agriannual. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2009.
- APELAND, J. Effects of scale quality in physiological processes in onion. **Acta Horticulturae**, Den Haag, v. 20, p. 72-79, 1971.
- ARAÚJO, J. F.; COSTA, N. D.; LIMA, M. A. C.; PEDREIRA, C. M.; SANTOS, C.; LEITE, W. M. Avaliação de genótipos em cultivo orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, jul. 2004. Suplemento. 1 CD-ROM.
- ARAUJO, M. T.; PEREIRA, L. S.; SILVA, H. R.; MASCARENHAS, M. H. T. **Cultivo da cebola**. Brasília: EPAMIG/EMBRAPA/CODEVASF, 1997. Folder.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the AOAC**. 15. ed. Washington, 1990. 2 v.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7. ed. atual. ampl. Viçosa, MG: UFV, 2005. 611 p.
- 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.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da 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 agosto de 1995. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, p. 13513, 1 set. 1995. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Irrigação. Programa Nacional de Irrigação. **Tempo de irrigar**: manual do irrigante. São Paulo: Mater, 1987. 160 p.

CABELLO, F. P. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación**. 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 511 p.

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

CARVALHO, V. D. Características nutricionais, industriais e terapêuticas da cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 6, n. 62, p. 71-78, fev. 1980.

CARVALHO, V. D.; CHALFOUN, S. M.; JUSTE JUNIOR, E. S. G.; LEITE, I. P. Efeito do tipo de cura na qualidade de algumas cultivares de alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 7, n. 22, p. 733-740, jul. 1987.

CHAGAS, S. J. R.; RESENDE, G. M.; PEREIRA, L. V. Características qualitativas de cultivares de cebola no Sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 1, p. 102-106, jan./fev. 2004.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293 p.

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

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.

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

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

COSTA, N. D.; LEITE, D. L.; SANTOS, C. A. F.; CANDEIA, J. A.; VIDIGAL, S. M. Cultivares de cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 218, p. 20-27, 2002.

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.

DAVIES, W. J.; ZHANG, J. Root signal and regulation of growth and development of plants in drying soil. **Annual Review Plant Physiology**, Palo Alto, v. 42, p. 55-76, 1991.

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

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

DOURADO NETO, D.; VAN LIER, Q. J.; BOTREL, T. A.; LIBARDI, P. L. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo utilizando o modelo de van Genuchten. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 1, p. 92-102, jul. 1990.

ELLIS, J. E.; KRUSE, E. G.; MCSAY, A. E.; NEALE, C. M. U.; HORN, R. A. A comparison of five irrigation methods on onions. **HortScience**, Alexandria, v. 21, n. 6, p. 1349-1351, Dec. 1986.

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.

FEIMBERG, B. Vegetables. In: ARSDEL, W. B. V.; COPLEY, M. J.; MORGAN JÚNIOR, A. I. (Ed.). **Food dehydratation**. New York: AVI, 1973. v. 2, p. 43-55.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows: versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos: Sociedade Internacional de Biometria, 2000. p. 255-258.

FERREIRA, M. D. **Cultura da cebola:** recomendações técnicas. Campinas: [s.n.], 2000. 36 p.

FERREIRA, M. D.; MINAMI, K. Qualidade de bulbos de cebola em consequência de tratamentos pré-colheita. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 693-701, out./dez. 2000.

FIGUERÊDO, S. F. **Estabelecimento do momento de irrigação com base na tensão de água no solo para a cultura do feijoeiro.** 1998. 94 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

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

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura:** agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2003. 412 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 OF THE UNITED NATIONS. **Agricultural production, primary crops.** Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 26 fev. 2007.

FRANCISCO, W. **Matemática financeira.** São Paulo: Atlas, 1981. 351 p.

GALMARINI, C. R.; GASPERA, P. G. Efecto de la época de transplante y la densidad de plantacion en el cultivo de cebolla tipo Valenciana. **Horticultura Argentina**, Mendoza, v. 14, n. 37, p. 23-29, Jul./Dic. 1995.

GENUCHTEN, M. Th. Van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, Sept./Oct. 1980.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. 477 p.

GOMIDE, R. L. Automação de sistemas de irrigação em fruticultura irrigada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16., 2000, Fortaleza. **Palestra...** Fortaleza: SBF, 2000. p. 156-181.

GONDIM, R. S.; AGUIAR, J. V.; COSTA, R. N. T. Estratégias de manejo de água em caupi irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 14-18, jan./abr. 2000.

GUERRA, A. F. Tensão de água no solo: efeito sobre a produtividade e qualidade dos grãos de cevada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 245-254, fev. 1995.

GUERRA, A. F.; SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A. Tensão de água no solo: um critério viável para a irrigação do trigo na região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 631-636, abr. 1994.

IMTIYAZ, M.; SINGH, S. J. The effect of soil moisture stress on onion: evapotranspiration-yield relationship. In: INTERNATIONAL AGRICULTURAL ENGINEERING CONFERENCE AND EXHIBITION, 1990, Camberra. **Proceedings...** Camberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1990. p. 889-898.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário estatístico do Brasil**, Rio de Janeiro, v. 68, p. irreg. 2009.

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.

KORIEM, S. O.; EL-KOLIEY, M. M.; EL-SHEEKH, H. M. Effect of drought conditions on yield, quality and some water relationships of onion. **Journal of Agricultural Sciences**, Assiut, v. 30, n. 1, p. 75-84, 1999.

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

LECOEUR, J.; SINCLAIR, R. T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Science**, Madison, v. 36, p. 331-335, 1996.

LIMA, M. A. C.; COSTA, N. D.; ABE, M. A.; TRINDADE, D. C. G. Qualidade e conservação pós-colheita de genótipos de cebola cultivados no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, jul. 2004. Suplemento. 1 CD-ROM.

MALUF, W. R. **Produção de hortaliças I**. Lavras: UFLA, 2001. 70 p. Apostila.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; ABDALLA, R. P.; MADEIRA, N. R. Necessidade de água da cultura da cebola em sistemas de plantio direto e convencional. In: TALLER DE RIEGO Y AMBIENTE, 2008, Santiago del Estero. **Anais...** Santiago del Estero: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2008.

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**, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 1-8, jan./abr. 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.; CECÍLIO FILHO, A. B.; PORTO, D. R. Q.; VARGAS, P. F.; BARBOSA, J. C. Produtividade de híbridos de cebola em função da população de plantas e da fertilização nitrogenada e potássica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 53-59, jan./mar. 2007.

MELO, J. F. **Custos da irrigação por aspersão em Minas Gerais**. 1993. 147 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MENDONÇA, F. C. Evolução dos custos e avaliação econômica de sistemas de irrigação utilizados na cafeicultura. In: SANTOS, C. M.; MENDONÇA, F. C.; BENJAMIN, M.; TEODORO, R. E. F.; SANTOS, V. L. M. **Irrigação da cafeicultura no cerrado**. Uberlândia: UFU, 2001. p. 45-78.

MORETTI, C. L.; DURIGAN, J. F. Processamento de cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 218, p. 94-104, 2002.

MORGAN, K. T.; PARSONS, L. R.; WHEATON, T. A. Comparison of laboratory and field, derived soil water retention curves for a fine sand soil using tensiometric resistance and capacitance methods. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 234, n. 2, p. 153-157, July 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.

OLIVEIRA, F. A.; CAMPOS, T. G. S.; OLIVEIRA, B. C. Efeito de tensões de água no solo sobre o rendimento do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 10, p. 1905-1911, out. 1999.

OLIVEIRA, V. R.; MENDONÇA, J. L.; SANTOS, C. A. F. **Sistema de produção de cebola (*Allium cepa* L.)**: clima. dez. 2004. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/cebola/climal.htm>>. Acesso em: 25 nov. 2009.

PEREIRA, M. C. R. V. **Cura e conservação pós-colheita de bulbos de cebola**. 1999. 85 p. Dissertação (Mestrado em Pré-Processamento de Produtos Agropecuários) - Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PRASHAR, C. R. K.; SHARMA, G. C.; GANDAH, M. Evapotranspiration of onion in Sahelian Niger. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 30, n. 4, p. 473-476, 1994.

REBOUÇAS, T. N. H.; SIQUEIRA, L. G.; LEMOS, O. L.; GRISI, F. A. Densidade de plantio em cebola no sistema de semeadura no Norte de Minas Gerais. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 20, n. 1, p. 78-86, jan./mar. 2008.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera**: conceitos, processos e aplicações. Barueri: Manole, 2004. 478 p.

REIS, R. P. **Fundamentos de economia aplicada**. 2. ed. rev. ampl. Lavras: UFLA/FAEPE, 2007. 95 p.

REIS, R. P.; MEDEIROS, A. L.; MONTEIRO, L. A. **Custos de produção da atividade leiteira na região Sul de Minas Gerais**. Lavras: UFLA/DAE, 2001. 23 p.

RESENDE, G. M.; CHAGAS, S. J. R.; PEREIRA, L. V. Características produtivas de cultivares de cebola no Sul de Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 722-725, out./dez. 2003.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D.; PINTO, J. M. Produtividade e qualidade pós-colheita de cebola adubada com doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, n. 3, v. 26, p. 388-392, set. 2008.

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.

RODRIGUES, G. B.; NAKADA, P. G.; SILVA, D. J. H.; DANTAS, G. G.; SANTOS, R. R. H. Desempenho de cultivares de cebola nos sistemas orgânico e convencional em Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 206-209, abr./jun. 2006.

SÁ, N. S. A.; PEREIRA, G. M.; ALVARENGA, M. A. R.; MATTIOLI, W.; CARVALHO, J. A. Comportamento da cultura do tomateiro sob diferentes tensões de água no solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 341-347, 2005.

SAHA, U. K.; KHAN, M. S. I.; HAIDER, J.; SAHA, R. R. Yield and water use of onion under different irrigation schedules in Bangladesh. **Japanese Journal of Tropical Agriculture**, Tokyo, v. 41, n. 4, p. 268-274, 1997.

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.

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.

SANTOS, S. R.; PEREIRA, G. M. Comportamento da alface tipo americana sob diferentes tensões de água no solo, em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 569-577, set./dez. 2004.

SATURNINO, H. M.; MEDINA, P. V. L. Armazenamento da cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 6, n. 62, p. 65-70, fev. 1980.

SCALOPPI, E. J. Exigências de energia para irrigação. **ITEM**, Brasília, v. 12, n. 2, p. 13-17, mar. 1985.

SHARMA, O. L.; KATOLE, N. S.; GAUTAM, K. M. Effect of irrigation schedules and nitrogen levels on bulb yield and water use by onion (*Allium cepa* L.). **Agricultural Science Digest**, Karnal, v. 14, n. 1, p. 15-18, 1994.

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, A. L. **Estudo técnico e econômico do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2002. 67 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SILVA, J. A. **Efeito da umidade no desenvolvimento de mudas de cebola (*Allium cepa* L.)**. 1986. 64 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SMAJSTRLA, A. G.; HARRISON, D. S. **Tensiometers for soil moisture measurement and irrigation scheduling**: Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences. Florida: University of Florida, 1998. 6 p. (Circular, 487).

SMAJSTRLA, A. G.; PITTS, D. J. **Tensiometer service, testing and calibration**: Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences. Florida: University of Florida, 1997. 5 p. (Bulletin, 319).

SOARES, V. L. F.; FINGER, F. L.; MOSQUIM, P. R. Influência do genótipo e do estágio de maturação na colheita sobre a matéria fresca, qualidade e cura dos bulbos de cebola. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 18-22, jan./mar. 2004.

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

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A.; SILVA, S. C. Efeitos da tensão da água do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 161-167, fev. 1988.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

THABET, E. M. A.; ABDALLAH, A. A. G.; MOHAMMED, A. R. A. G. Productivity of onion grown in reclaimed sandy soil using Tafla as affected by water regimes and nitrogen levels. **Annals of Agricultural Science**, Cairo, v. 39, n. 1, p. 337-344, 1994.

THOMPSON, G. T.; SPIESS, L. B.; KRIDER, J. N. Farm resources and system selection. In: JENSEN, M. E. (Ed.). **Design and operation of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASAE, 1983. p. 45-76.

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.; CARVALHO, J. A.; GOMES, L. A. A.; SOUZA, K. J.; RODRIGUES, R. C.; SOUSA, A. M. G. 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, n. 4, p. 393-397, 2007.

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

WINTER, E. G. **A água, o solo e a planta**. São Paulo: EPU, 1976. 170 p.

ANEXOS

ANEXO A		Página
TABELA 1A	Custos fixos e variáveis totais, em R\$.ha ⁻¹ , da produção de cebola, cultivar Alfa Tropical, em diferentes tratamentos de tensão da água no solo.....	111
TABELA 2A	Custos fixos e variáveis totais, em R\$.ha ⁻¹ , da produção de cebola, híbrido Optima F1, em diferentes tratamentos de tensão da água no solo.....	112
TABELA 3A	Custos operacionais fixos e variáveis totais, em R\$.ha ⁻¹ , da produção de cebola, cultivar Alfa Tropical, em diferentes tratamentos de tensão da água no solo.....	113
TABELA 4A	Custos operacionais fixos e variáveis totais, em R\$.ha ⁻¹ , da produção de cebola, híbrido Optima F1, em diferentes tratamentos de tensão da água no solo.....	114

TABELA 1A Custos fixos e variáveis totais, em R\$.ha⁻¹, da produção de cebola, cultivar Alfa Tropical, em diferentes tratamentos de tensão da água no solo.

Custos Fixos e Variáveis Totais	Custos (R\$.ha ⁻¹)					
	A15	A25	A35	A45	A60	A75
Terra	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
Bandejas (200 células)	1413,17	1413,17	1413,17	1413,17	1413,17	1413,17
Calagem	36,27	36,27	36,27	36,27	36,27	36,27
ITR	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Sistema de irrigação	234,25	234,25	234,25	234,25	234,25	234,25
Custo Fixo Total¹	2083,80	2083,80	2083,80	2083,80	2083,80	2083,80
Insumos	5046,62	5046,62	5046,62	5046,62	5046,62	5046,62
Mão-de-obra	5112,50	5112,50	5112,50	5112,50	5112,50	5112,50
Máquinas e implementos	881,25	881,25	881,25	881,25	881,25	881,25
Despesas com administração	1724,35	1629,02	1622,03	1595,15	1416,39	1275,08
Despesas gerais	1184,22	1089,30	1082,34	1055,58	877,59	736,89
Energia	1240,60	1133,85	1061,72	964,45	649,56	342,92
Custo alternativo	137,33	134,64	133,87	132,50	126,43	121,11
Custo Variável Total	15326,87	15027,19	14940,33	14788,06	14110,35	13516,37
Custo Total	17410,67	17110,99	17024,13	16871,86	16194,15	15600,17
Custo Total (R\$.sc⁻¹)	8,82	9,42	9,44	9,59	11,07	12,70
Receita Total (R\$.ha⁻¹)	51710,94	47566,10	47262,18	46093,66	38321,43	32177,53
Lucro (R\$.ha⁻¹)	34300,27	30455,11	30238,05	29221,80	22127,28	16577,36

¹Já incluído o custo alternativo.

OBS.: A15 – Alfa Tropical e tensão de 15 kPa; A25 – Alfa Tropical e tensão de 25 kPa; A35 – Alfa Tropical e tensão de 35 kPa; A45 – Alfa Tropical e tensão de 45 kPa; A60 – Alfa Tropical e tensão de 60 kPa; A75 – Alfa Tropical e tensão de 75 kPa.

TABELA 2A Custos fixos e variáveis totais, em R\$.ha⁻¹, da produção de cebola, híbrido Optima F1, em diferentes tratamentos de tensão da água no solo.

Custos Fixos e Variáveis Totais	Custos (R\$.ha ⁻¹)					
	O15	O25	O35	O45	O60	O75
Terra	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
Bandejas (200 células)	1413,17	1413,17	1413,17	1413,17	1413,17	1413,17
Calagem	36,27	36,27	36,27	36,27	36,27	36,27
ITR	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Sistema de irrigação	234,25	234,25	234,25	234,25	234,25	234,25
Custo Fixo Total¹	2083,80	2083,80	2083,80	2083,80	2083,80	2083,80
Insumos	7456,62	7456,62	7456,62	7456,62	7456,62	7456,62
Mão-de-obra	5112,50	5112,50	5112,50	5112,50	5112,50	5112,50
Máquinas e implementos	881,25	881,25	881,25	881,25	881,25	881,25
Despesas com administração	2277,15	2050,84	1844,09	1732,82	1680,87	1358,09
Despesas gerais	1734,63	1509,30	1303,44	1192,65	1140,93	819,54
Energia	1240,60	971,87	796,29	667,70	568,37	257,19
Custo alternativo	169,09	162,58	157,26	154,09	152,26	143,62
Custo Variável Total	18871,84	18144,96	17551,45	17197,63	16992,80	16028,81
Custo Total	20955,64	20228,76	19635,25	19281,43	19076,60	18112,61
Custo Total (R\$.sc⁻¹)	7,25	8,04	9,04	9,70	10,03	13,26
Receita Total (R\$.ha⁻¹)	75745,51	65906,10	56916,88	52079,05	49820,61	35786,58
Lucro (R\$.ha⁻¹)	54789,87	45677,34	37281,63	32797,62	30744,01	17673,97

¹Já incluído o custo alternativo.

OBS.: O15 – Optima F1 e tensão de 15 kPa; O25 – Optima F1 e tensão de 25 kPa; O35 – Optima F1 e tensão de 35 kPa; O45 – Optima F1 e tensão de 45 kPa; O60 – Optima F1 e tensão de 60 kPa; O75 – Optima F1 e tensão de 75 kPa.

TABELA 3A Custos operacionais fixos e variáveis totais, em R\$.ha⁻¹, da produção de cebola, cultivar Alfa Tropical, em diferentes tratamentos de tensão da água no solo.

Custos Operacionais Fixos e Variáveis Totais	Custos (R\$.ha ⁻¹)					
	A15	A25	A35	A45	A60	A75
Terra	-	-	-	-	-	-
Bandejas (200 células)	1296,00	1296,00	1296,00	1296,00	1296,00	1296,00
Calagem	35,63	35,63	35,63	35,63	35,63	35,63
ITR	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Sistema de irrigação	180,00	180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
Custo Operacional Fixo Total	1511,74	1511,74	1511,74	1511,74	1511,74	1511,74
Insumos	5046,62	5046,62	5046,62	5046,62	5046,62	5046,62
Mão-de-obra	5112,50	5112,50	5112,50	5112,50	5112,50	5112,50
Máquinas e implementos	881,25	881,25	881,25	881,25	881,25	881,25
Despesas com administração	1724,35	1629,02	1622,03	1595,15	1416,39	1275,08
Despesas gerais	1184,22	1089,30	1082,34	1055,58	877,59	736,89
Energia	1240,60	1133,85	1061,72	964,45	649,56	342,92
Custo Operacional Variável Total	15189,54	14892,54	14806,46	14655,56	13983,92	13395,26
Custo Operacional Total	16701,28	16404,28	16318,20	16167,29	15495,65	14907,00

OBS.: A15 – Alfa Tropical e tensão de 15 kPa; A25 – Alfa Tropical e tensão de 25 kPa; A35 – Alfa Tropical e tensão de 35 kPa; A45 – Alfa Tropical e tensão de 45 kPa; A60 – Alfa Tropical e tensão de 60 kPa; A75 – Alfa Tropical e tensão de 75 kPa.

TABELA 4A Custos operacionais fixos e variáveis totais, em R\$.ha⁻¹, da produção de cebola, híbrido Optima F1, em diferentes tratamentos de tensão da água no solo.

Custos Operacionais Fixos e Variáveis Totais	Custos (R\$.ha ⁻¹)					
	O15	O25	O35	O45	O60	O75
Terra	-	-	-	-	-	-
Bandejas (200 células)	1296,00	1296,00	1296,00	1296,00	1296,00	1296,00
Calagem	35,63	35,63	35,63	35,63	35,63	35,63
ITR	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Sistema de irrigação	180,00	180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
Custo Operacional Fixo Total	1511,74	1511,74	1511,74	1511,74	1511,74	1511,74
Insumos	7456,62	7456,62	7456,62	7456,62	7456,62	7456,62
Mão-de-obra	5112,50	5112,50	5112,50	5112,50	5112,50	5112,50
Máquinas e implementos	881,25	881,25	881,25	881,25	881,25	881,25
Despesas com administração	2277,15	2050,84	1844,09	1732,82	1680,87	1358,09
Despesas gerais	1734,63	1509,30	1303,44	1192,65	1140,93	819,54
Energia	1240,60	971,87	796,29	667,70	568,37	257,19
Custo Operacional Variável Total	18702,75	17982,38	17394,19	17043,54	16840,54	15885,19
Custo Operacional Total	20214,48	19494,12	18905,93	18555,27	18352,28	17396,92

OBS.: O15 – Optima F1 e tensão de 15 kPa; O25 – Optima F1 e tensão de 25 kPa; O35 – Optima F1 e tensão de 35 kPa; O45 – Optima F1 e tensão de 45 kPa; O60 – Optima F1 e tensão de 60 kPa; O75 – Optima F1 e tensão de 75 kPa.