

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - FCA
PÓS - GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**Fertirrigação fosfatada e viabilidade econômica na produção, qualidade e
conservação pós-colheita de cultivares de cebola**

Cristiane Ferrari Bezerra Santos

**Dourados
Mato Grosso do Sul
2019**

Fertirrigação fosfatada e viabilidade econômica na produção, qualidade e conservação pós-colheita de cultivares de cebola

Cristiane Ferrari Bezerra Santos
Engenheira Agrônoma

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, para obtenção do título de Doutora em Agronomia.

Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Augusto Biscaro

Dourados
Mato Grosso do Sul
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S237f Santos, Cristiane Ferrari Bezerra
Fertirrigação fosfatada e viabilidade econômica na produção, qualidade e conservação
pós-colheita de cultivares de cebola [recurso eletrônico] / Cristiane Ferrari Bezerra Santos. -- 2019.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Guilherme Augusto Biscaro.
Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2019.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Allium cepa L.. 2. produtividade. 3. irrigação localizada. 4. armazenamento. 5. análise econômica. I. Biscaro, Guilherme Augusto. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

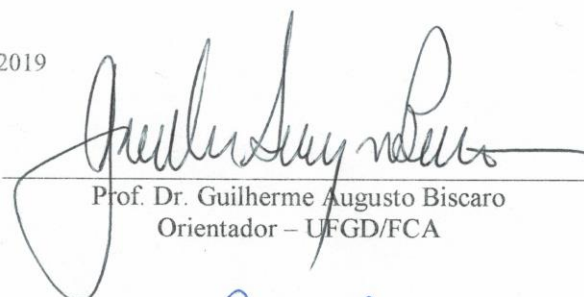
Fertirrigação fosfatada e viabilidade econômica na produção, qualidade e conservação pós-colheita de cultivares de cebola

por

Cristiane Ferrari Bezerra Santos

Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
DOUTORA EM AGRONOMIA

Aprovada em: 01/03/2019



Prof. Dr. Guilherme Augusto Biscaro
Orientador – UFGD/FCA



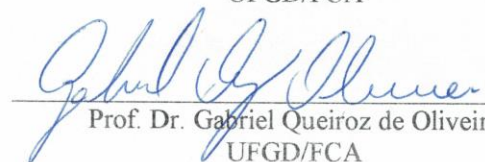
Prof. Dr. Anamari Viegas de Araujo Motomiya
UFGD/FCA



Prof. Dr. Alessandra Mayumi Tokura Alovise
UFGD/FCA



Prof. Dr. Aline Baptista Borelli
UFGD/FCA



Prof. Dr. Gabriel Queiroz de Oliveira
UFGD/FCA



Dr. Euriann Lopes Marques Yamamoto
Consultora

Aos meus pais, Dirceu Gonçalves Bezerra e Alice Aparecida Ferrari Bezerra, pelo exemplo de humildade, perseverança e fé.

Ao meu esposo, Erlegildo de Oliveira Santos, pelo carinho, amizade, apoio e dedicação para comigo.

Ao meu amado filho, Murilo Bezerra Santos, pelos momentos de carinho e amor.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e pela oportunidade de realizar este trabalho.

Aos meus familiares, pelo apoio e incentivo, em especial ao meus pais, irmã, esposo e filho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Guilherme Augusto Biscaro, pela amizade, confiança, ensinamentos, encorajamento e orientação neste trabalho.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia pelos ensinamentos e experiência compartilhados de suma importância para a construção deste trabalho e para a minha experiência profissional.

Ao Professor Dr. Gabriel Queiroz de Oliveira e a Professora Dr.^a Daiane Mugnol Dresch, pelas sugestões e a colaboração durante as análises estatísticas.

Aos colegas de iniciação científica, voluntários, estudantes de graduação e pós-graduação pela parceria e auxílio nos trabalhos de campo e laboratório.

Aos companheiros e amigos Thamiris Brabizan, Patrícia dos Santos Zomerfeld, Michele da Silva Gomes, Douglas Coimbra da Silva, Evair da Silva Ferreira, João Manoel Teixeira da Sila e Alan Gabriel Tosta pela parceria e colaboração durante todas as etapas da pesquisa.

À Universidade Federal da Grande Dourados e ao CNPq, pelo auxílio técnico e a concessão de bolsa.

Aos funcionários da Faculdade de Ciências Agrárias - Universidade Federal da Grande Dourados, que ajudaram na realização deste trabalho.

A empresa TOPSEED – Tecnologia em sementes, pela doação das sementes de cultivares de cebola utilizadas nesse trabalho.

Aos membros da banca examinadora, pela disponibilidade, atenção e sugestões.

A todos, que acompanharam minha caminhada e que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 Aspectos gerais da cultura da cebola	14
2.2 Necessidade hídrica da cultura da cebola.....	17
2.3 Fósforo no solo e na planta.....	18
2.4 Aspectos básicos em fertirrigação.....	21
2.5 Fertirrigação Fosfatada	25
2.6 Fertilizantes para fertirrigação fosfatada.....	29
2.7 Efeito da adubação fosfatada na produção de cebola.....	31
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
CAPÍTULO 1. Desempenho produtivo e viabilidade econômica de cultivares de cebola em função da adubação fosfatada, via fertirrigação por gotejamento.....	42
CAPÍTULO 2. Pós-colheita de cultivares de cebola em função fertirrigação fosfatada.....	86
Anexos	104

Fertirrigação fosfatada e viabilidade econômica na produção, qualidade e conservação pós-colheita de cultivares de cebola

SANTOS, C. F. B. **Fertirrigação fosfatada e viabilidade econômica na produção, qualidade e conservação pós-colheita de cultivares de cebola.** Dourados, 2019, 109f. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Federal da Grande Dourados. Orientador: Professor Doutor Guilherme Augusto Biscaro.

RESUMO GERAL

A cebola é considerada a terceira hortaliça mais importante em termos de valor econômico na horticultura brasileira. A água e os nutrientes são os fatores de produção que mais limitam a produtividade da espécie, de forma que, o controle da irrigação e da fertilidade do solo são critérios preponderantes para o êxito da cultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de doses de fósforo aplicadas via fertirrigação sobre o desenvolvimento, produção, qualidade e conservação pós-colheita de duas cultivares de cebola, irrigadas por gotejamento, bem como estimar a viabilidade econômica da fertirrigação fosfatada na cultura da cebola. Primeiro Capítulo: os experimentos foram conduzidos na área de Irrigação e Drenagem da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Grande Dourados, em Dourados-MS, nos anos de 2016 e 2017. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro tratamentos com fertirrigação fosfatada (0, 150, 300, 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e as subparcelas por duas cultivares de cebola, a Soberana e a Optima. O manejo da irrigação foi realizado com base no estado hídrico do solo. As doses foram aplicadas via fertirrigação, por gotejamento aos 15, 45, 65 e 85, tendo como fonte, o fosfato monoamônico. A colheita foi realizada aos 107 dias após o transplante, quando mais de 60% das plantas se encontravam com o pseudocaule prostrado sobre o solo, seguida por um período de cura de 15 dias. As variáveis avaliadas foram: altura de planta, produtividade total e comercial de bulbos, massa média de bulbos comerciais, teor de matéria seca de bulbos comerciais e classificação de bulbos. Determinou-se a análise econômica por meio de custo, receita, índice de lucratividade e produção comercial. Conclui-se que a fertirrigação fosfatada por gotejamento na cultura da cebola, adotando-se a dose de 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para as cultivares Soberana e Optima, é uma técnica economicamente viável, proporcionando a obtenção de maior produtividade comercial e maior renda líquida. Segundo Capítulo: o experimento foi conduzido em 2017, com delineamento experimental em blocos casualizados

em esquema de parcela subsubdividida com quatro repetições. As parcelas foram representadas pelas doses de fósforo (0, 150, 300, 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅), as subparcelas pelas cultivares de cebola, a Soberana e a Optima e, as subsubparcelas, pelo tempo de avaliação, constituído de dias após cura. Avaliou-se a conservação pós-colheita, pela perda de massa e, a qualidade de bulbos de cebola, através das seguintes variáveis: teor de sólido solúvel total, pH e acidez total titulável. A conservação pós-colheita não foi influenciada pela fertirrigação fosfatada e a qualidade pós-colheita de bulbos de cebola foi influenciada pela adubação fosfatada. A cultivar Soberana apresentou os maiores valores de pH, de acidez total titulável e de sólidos solúveis totais, sendo a última característica um indicativo positivo para um bom desempenho dessa cultivar para industrialização.

Palavras-chave: *Allium cepa* L.; produtividade; irrigação localizada; armazenamento; análise econômica.

Phosphate fertilization and economic viability in the production, quality and post-harvest conservation of onion cultivars

SANTOS, C. F. B. **Phosphate fertilization and economic viability in the production, quality and post-harvest conservation of onion cultivars.** Dourados, 2019, 109f. Thesis (PhD in Agronomy - Plant Production) - Federal University of Grande Dourados. Advisor: Teacher Guilherme Augusto Biscaro.

ABSTRACT

The onion is considered the third most important vegetable in terms of economic value in Brazilian horticulture. Water and nutrients are the production factors that most limit the productivity of the species, so irrigation control and soil fertility are preponderant criteria for crop success. The objective of this work was to evaluate the influence of phosphorus doses applied by fertirrigation on the development, production, quality and post-harvest conservation of two onion cultivars, irrigated by drip irrigation, as well as to estimate the economic viability of phosphate fertigation in onion culture. First, the experiments were conducted in the Irrigation and Drainage area of the Faculty of Agrarian Sciences, Federal University of Grande Dourados, in Dourados-MS, in the years 2016 and 2017. The experimental design was a randomized block design subdivided with four replicates. The plots consisted of four treatments with phosphate fertigation (0, 150, 300, 450 kg ha⁻¹ of P₂O₅) and the subplots for two onion cultivars, Soberana and Optima. Irrigation management was carried out based on soil water status. The doses were applied via fertigation, by dripping at 15, 45, 65 and 85, with the source as the monoammonium phosphate. Harvesting was performed 107 days after transplantation, when more than 60% of the plants found the pseudocaulis prostrate on the soil, followed by a cure period of 15 days. The evaluated variables were: plant height, total and commercial bulb productivity, average commercial bulb mass, commercial bulb dry matter content and bulb classification. The economic analysis was determined by means of cost, revenue, profitability index and commercial production. It is concluded that the phosphate drip fertigation in onion culture, adopting the dose of 450 kg ha⁻¹ of P₂O₅ for the cultivars Soberana and Optima, is an economically viable technique, providing a higher commercial productivity and higher income liquid. Second Chapter: the experiment was conducted in 2017, with experimental design in randomized blocks in a sub-divided plot scheme with four replications. The plots were represented by the doses of phosphorus (0, 150, 300, 450 kg ha⁻¹ of P₂O₅), the subplots for onion, Soberana and Optima cultivars, and sub-plots for the evaluation time, composed of days after cure. The post-harvest conservation, by loss of mass and the quality of onion bulbs, were evaluated

through the following variables: total soluble solids content, pH and total titratable acidity. Post-harvest conservation was not influenced by phosphate fertigation and the post harvest quality of onion bulbs was influenced by phosphate fertilization. The Soberana cultivar presented the highest values of pH, titratable total acidity and total soluble solids, the latter being a positive indication for a good performance of this cultivar for industrialization.

Keywords: *Allium cepa* L.; productivity; localized irrigation; storage; economic analysis.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A cebola (*Allium cepa* L.), dentre as várias espécies cultivadas pertencentes ao gênero *Allium* é a mais importante do ponto de vista de volume de consumo e de valor econômico (RESENDE et al., 2015). Este é o segundo vegetal mais importante do mundo (GALDON, 2009) e a terceira olerícola em importância econômica para o Brasil, superada apenas pela batata e tomate (CARVALHO e KIST, 2016).

O Brasil é o nono maior produtor de cebola, respondendo por 1,8% da produção mundial. A China lidera o ranking com 26,4% da produção mundial, seguido da Índia 21,2%, EUA 4,3%, Irã 2,7%, Rússia 2,45%, sendo que os cinco países, representam 58,9% da produção global de cebola (FAO, 2015, apud AGRIANUAL, 2016).

A produção brasileira de cebola foi de 1,7 milhões de toneladas na safra 2007, com aumento de 2,9% em relação à safra de 2006, com 1,65 milhões de toneladas. Houve acréscimo de 0,7% na área colhida na safra de 2017 (57,839 ha) em relação à safra de 2016 (57,449 ha), e aumento de 2,3 % no rendimento médio, que alcançou 29,49 t ha⁻¹, na safra 2017, em relação a 28,84 t ha⁻¹ na safra de 2016 (IBGE, 2017).

As quantidades de nutrientes demandadas pela cultura da cebola dependem da interação genótipo e ambiente, ou seja, época de cultivo (fatores climáticos), atributos químicos, físicos e biológicos do solo, método e qualidade de implantação da cultura, adubação, espaçamento e população de plantas, irrigação, condições fitossanitárias, entre outros (CECÍLIO FILHO et al., 2015).

Para a obtenção de alta produtividade e bulbos de qualidade, a cultura da cebola necessita de disponibilidade de nutrientes, sendo o equilíbrio nutricional promovido por meio das adubações (CECÍLIO FILHO et al., 2015). A adição de nutrientes, na quantidade, forma e momento mais adequado para a planta, assume grande importância para a cultura da cebola, visto que, os solos incorporados no sistema produtivo no Brasil, em especial, na região tropical, são deficientes em fósforo, tornando-se os fertilizantes fosfatados indispensáveis para o estabelecimento e a manutenção de sistemas de produção eficientes (SOUSA et al., 2010).

De acordo com Filgueira (2007), a ordem decrescente de extração dos macronutrientes pela cultura da cebola é potássio, nitrogênio, enxofre, fósforo, magnésio e cálcio. Apesar de ser o quarto nutriente em ordem de extração, o fósforo é aquele que oferece respostas mais substanciais, em produtividade e aumento do peso do bulbo (FILGUEIRA,

2007), na formação das raízes e na precocidade no ciclo (MALAVOLTA, 2006), e qualidade do bulbo (CECÍLIO FILHO et al., 2015).

Aliado a necessidade de fornecimento de fertilizantes fosfatados e buscando maximizar sua eficiência, tem-se a técnica da fertirrigação, que consiste na prática de realizar a aplicação de adubos na água de irrigação, em substituição à adubação convencional, com o objetivo de aumentar a eficiência no fornecimento de nutrientes para a plantas e reduzir os custos com mão de obra e fertilizantes (BISCARO e OLIVEIRA, 2014). De acordo com Satpute et al. (2013) a fertirrigação permite uma aplicação precisa dos nutrientes, reduz a lixiviação e aumenta a produção agrícola, promovendo o ganho em produtividade na cultura da cebola.

A aplicação de água no método de irrigação localizada por gotejamento visa molhar especificamente a área de solo na qual se encontra o sistema radicular da cultura e, é o mais adequado para a utilização da fertirrigação (BISCARO, 2014). Juntamente com a fertirrigação, a irrigação por gotejamento resulta em maior teor de água no solo, eficiência e economia do uso da água de irrigação em comparação com método convencional de irrigação (JEELANI; SHAFIQ; MUSHTAQ, 2017), possibilitando maior uniformidade e eficiência por aplicar água e os nutrientes próximo ao sistema radicular das plantas (BISCARO, 2014).

Realizando o manejo correto do sistema de irrigação e fertirrigação, é possível reduzir os custos de produção, já que permite maior eficiência operacional, evitando desperdício de água e lixiviação de nutrientes, reduzindo os gastos com energia elétrica e operações de manejo. Porém, é preciso levar em consideração o custo inicial de instalação do sistema. Segundo Vilas Boas et al. (2011), a irrigação por gotejamento é economicamente viável, possibilitando ganhos em produtividade e qualidade de bulbos. Novo Júnior et al. (2016) obtiveram máximo rendimento de bulbos de cebola com o incremento da adubação fosfatada via fertirrigação, por gotejamento, no qual houve aumento da renda bruta e líquida, taxa de retorno e lucratividade na cultura da cebola.

Diante do exposto objetivou-se com o presente trabalho, avaliar a influência de doses de fósforo aplicadas via fertirrigação sobre o desenvolvimento, produção, qualidade e conservação pós-colheita de duas cultivares de cebola, irrigadas por gotejamento, bem como estimar a viabilidade econômica da fertirrigação fosfatada na cultura da cebola.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais da cultura da cebola

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma das hortaliças cultivadas mais importantes e de ampla difusão no mundo. Os primeiros registros de seu cultivo data de cerca de 3200 ano e foram encontradas no Irã, indicando que a domesticação da cebola iniciou-se muito tempo antes, sendo uma das hortaliças de uso mais antigo (FRITSCH; FRIESEN, 2002).

McCollum (1974) sugere as áreas desérticas que incluem regiões do atual Paquistão, Afeganistão e Irã, como provável centro de origem da cebola. Acredita-se que tenha sido domesticada nas regiões da Ásia central que incluem Turcomenistão, Uzbequistão Tajiquistão, norte do Irã, Afeganistão e Paquistão, não havendo mais em estado silvestre.

As espécies de *Allium* e gêneros relacionados estão, atualmente, incluídas na família monofilética *Alliaceae*. Assim, o gênero *Allium* ocupa, atualmente, a seguinte classificação botânica: Classe: *Liliopsida*; Subclasse: *Lilliidae*; Superordem: *Lilliiana*; Ordem: *Amaryllidales*; Família: *Alliaceae*; Sbfamília: *Alliaceae*; Subfamília: *Allioidea*; Tribo: *Alliaae*; Genero: *Allium* (TAKHTAJAN, 1997).

A cebola (*Allium cepa* L.) é um vegetal versátil que pode ser consumido fresco ou em diversas formas processadas (BERTOLUCCI et al., 2015). O consumo *per capita* brasileiro situa-se próximo de 4,7 kg por habitante ano⁻¹ (BOEING, 2002), enquanto nos EUA, Argentina e Alemanha é em entorno de 12, 8,3, 6,3 kg por habitante ano⁻¹, respectivamente (FAO, 2013).

Os interesses nos potenciais terapêuticos que a cebola proporciona tem origem na antiguidade (BERTOLUCCI; SOUZA; PINTO, 2015), apresentando propriedades medicinais, como antitrombótica, antibiótica, antidiabética, anticancerígena, e, ainda, utilizada como remédio para enfermidade, como tosse, bronquite, inflamações, cicatrizes e enxaquecas (SHRI; BORA, 2008).

O vegetal é reconhecido como alimento funcional e nutricional, destacando-se como fonte de importantes fitonutrientes, como flavonóides, antocianinas, tiosulfatos, compostos com enxofre, entre outros, aos quais são atribuídos propriedades benéficas a saúde. Os flavonóides, por exemplo, são agentes potentes no tratamento de inflamações, doenças cardiovasculares e câncer, sendo os bulbos de cebola as fontes mais ricas de flavonóides na dieta humana (SLIMESTAD; FOSSEN; VAGEN, 2007).

Já os compostos com enxofre são metabólitos secundários vegetais, derivados de aminoácidos. As substâncias desses compostos, com atividade biológica, apresentam ação antibacteriana, tendo sido, também, descrita uma atividade protetora contra certas doenças degenerativas, como o câncer e doenças cardíacas (HEINZMAN, 2001).

Os bulbos de cebola contêm vitaminas A, B1, B2, B5 e C, sais minerais, como potássio, fósforo, cálcio, sódio, silício, magnésio, ferro, flúor, ácido salicílico e secretina (SCHNEIDER, 1990). Além disso, a cebola contém cromo, um elemento-traço que ajuda na resposta a insulina (MARIOT; HEIDEN; CASTRO, 2007).

De maneira geral, a composição química da cebola é variável e depende da cultivar, do estágio de maturação, do ambiente, das condições de manejo fitotécnico, do tempo de estocagem e de parte do bulbo (BERTOLUCCI et al., 2015). Além de fatores intrínsecos a cultivar da cebola, há diversos fatores extrínsecos que afetam a qualidade da cebola, como o ponto de maturação, a época de colheita e a adubação (FERREIRA; MINAMI, 2000).

A cebola apresenta todas as estruturas básicas que caracterizam as fanerógamas (plantas superiores): raiz, caule, folha, flores e sementes. A cebola faz parte do grupo das angiospermas, por possuir sementes protegidas por frutos (HEIDEN, 2007).

A planta é herbácea com cerca de 60 cm de altura que apresenta folhas grandes dispostas alternadamente em duas fileiras, podendo ser cerosas ou não (FILGUEIRA, 2007). As folhas são ditas simples por apresentar o limbo foliar indivisa e não apresentam pecíolo, apenas bainha e limbo. O caule da cebola, localizado na base da planta, é achatado, assumindo formato discoidal, constitui a base do bulbo e localiza-se abaixo do nível do solo. No centro do disco caulinar está o meristema apical, de onde surgem as folhas, opostas e alternadas (HEIDEN, 2007).

O que parece um caule aéreo é um pseudocaule formado pelas bainhas foliares concêntricas e laminas foliares jovens, que crescem do interior das bases das folhas antigas. A porção subterrânea e túrgida dessas bases, fundida com uma raiz, e junto com o caule constitui uma estrutura de reserva denominada bulbo (HEIDEN, 2007).

O bulbo é uma estrutura de origem mista, onde um sistema caulinar subterrâneo apresenta seu eixo extremamente reduzido, recebendo o nome de prato, e tem suas gemas e primórdios foliares protegidos por bases foliares ou folhas subterrâneas modificadas, que possuem substâncias de reserva (HEIDEN, 2007). A parte comestível é um bulbo tunicado, compacto, originado pela superposição de bainhas foliares carnosas. A bainha mais externa constitui uma película seca, formando as escamas ou casca do bulbo, com coloração típica da cultivar (FILGUEIRA, 2007).

O sistema radicular é do tipo fasciculado, formados por raízes adventícias que emergem, continuamente, ao redor do caule durante o ciclo vegetativo. As raízes são tenras, finas, pouco ramificadas e bem providas de pelos radiculares. Via de regra 90% das raízes se encontram nos primeiros 40 cm de profundidade (GREENWOOD, 1982).

Na cebola, a inflorescência é do tipo umbela sustentada por um escapo floral. São hermafroditas, porém predomina a polinização cruzada. Os frutos da cebola são pequenas cápsulas que podem conter no máximo seis sementes de coloração negra (HEIDEN, 2007; FILGUEIRA, 2007).

O desempenho agrônômico de uma dada espécie está relacionado tanto à sua adaptação local quanto às práticas de manejo fitossanitário. Na cultura da cebola a escolha do genótipo está primariamente condicionada aos requerimentos de fotoperíodo e temperatura, típicos de cada cultivar (e característicos a cada região produtora), necessários ao processo de bulbificação (MENEZES JÚNIOR; NETO, 2012).

Além das condições climáticas é importante considerar a fertilidade do solo como grande responsável pelo sucesso na produção agrícola. Macedo et al. (2011) afirmam que as quantidades de fósforo exigidas pelas culturas são geralmente baixas, principalmente quando comparadas com o nitrogênio e potássio, porém participa de processos essenciais como respiração, fotossíntese, absorção iônica dentre outros (PORTO et al., 2007).

Souza e Resende (2002) alertam que a carência deste nutriente resulta em menor crescimento das plantas, com clorose das folhas mais velhas que secam em seguida, as folhas mais jovens tornam-se de cor verde escura, finas e menores, ocorre também redução do tamanho dos bulbos sendo que seu excesso pode causar deficiências induzidas de micronutrientes, especialmente de zinco e cobre.

A cebola é sensível à acidez do solo (pH ideal entre 6,0 e 6,5), sendo fundamental que o calcário seja aplicado para elevar a saturação por bases dos solos a 70% (VIDIGAL; PEREIRA; PACHECO, 2002). O cultivo da cebola em solo de baixa fertilidade, o desconhecimento da exigência nutricional da planta, o manejo inadequado da irrigação e da adubação afetam de forma negativa o rendimento quanto a qualidade e a conservação de bulbos de cebola (MAROUELLI; VIDIGAL; COSTA, 2011).

A absorção e a eficiência do uso dos nutrientes pelas plantas são afetadas pelas condições climáticas e, principalmente, pela disponibilidade de água no solo. Irrigações deficientes minimizam a absorção dos nutrientes pelas raízes, como o fósforo, enquanto irrigações em excesso favorecem a lixiviação de alguns nutrientes, como o nitrogênio, ou até a absorção demasiada de alguns elementos. Assim, o manejo correto da irrigação, combinado

com o fornecimento de nutrientes na quantidade, forma e momento exigidos pelas plantas, é de grande importância para o sucesso da cultura da cebola (MAROUELLI; VIGIGAL; COSTA, 2011).

2.2 Necessidade hídrica da cultura da cebola

A necessidade total de água da cultura, dependendo das condições climáticas, do ciclo da cultivar e do sistema de irrigação varia de 350 a 650 mm (FERREIRA; MINAMI, 2000). Aumenta de forma proporcional ao crescimento vegetativo das plantas, atingindo o máximo no estágio de bulbificação e reduzindo no estágio de maturação (MAROUELLI; VIDIGAL; COSTA, 2011).

A duração do ciclo fenológico da cultura, depende da cultivar, do clima e do sistema de plantio, varia de 100 a 170 dias, podendo, em algumas cultivares tardias plantadas na região Sul, atingir 210 dias (FILGUEIRA, 2007). Segundo Marouelli, Vidigal e Costa (2011) em termos de necessidade de água, o período de crescimento pode ser dividido em quatro estádios: inicial, vegetativo, bulbificação e maturação.

Até a emergência das plântulas, brotação dos bulbinhos ou, especialmente, durante o período de pegamento das mudas, dependendo do sistema de produção de cebola adotado, é importante o fornecimento de quantidade suficiente de água por meio de irrigações leves e frequentes (MAROUELLI; VIDIGAL; COSTA, 2011), procurando manter a umidade na faixa entre 70% - 100% da capacidade de campo, na camada superficial do solo (0-0,2 m) onde se encontram concentradas as raízes das plantas de cebola (FILGUEIRA, 2007)

Segundo Doorenbos e Kassam (2000) o estágio vegetativo compreende o período entre o estabelecimento inicial das plantas e o início da bulbificação. Nesse estágio, mesmo as plantas sendo menos sensíveis à falta de água que nos estádios inicial e de bulbificação, irrigações deficitárias podem acarretar reduções significativas na produtividade, mesmo que no estágio seguinte as exigências de água sejam supridas.

O estágio mais sensível ao déficit hídrico é a bulbificação que se inicia aproximadamente aos 70 dias após a semeadura e, vai do início da formação de bulbo até o início da maturação. Nesse estágio, a necessidade hídrica da cultura atinge o máximo nível de demanda, e a deficiência de água, reduz drasticamente o rendimento e o tamanho de bulbos. Quando o solo é mantido relativamente úmido, sem excessos, o crescimento das raízes é reduzido, favorecendo o desenvolvimento do bulbo (DOORENBOS; KASSAM, 2000).

No estágio de maturação, compreendido entre o início da maturação dos bulbos e a colheita, há uma sensível redução da necessidade de água pelas plantas, por volta de 20% a 30%, menor que o estágio de bulbificação (DOORENBOS; KASSAM, 2000), a irrigação deve ser gradualmente reduzida até sua completa paralisação (FERREIRA; MINAMI, 2000)

A paralisação das irrigações em época inadequada pode reduzir tanto a produtividade quanto a qualidade de bulbos da cebola (VILAS BOAS et al., 2011). Dessa forma, a irrigação deverá ser suspensa de 6 a 14 dias antes da colheita dependendo do tipo de solo e do clima (MAROUELLI; SILVA; SILVA, 2001), visando garantir maior produtividade e qualidade, além de melhor conservação pós-colheita de bulbos (VILAS BOAS et al., 2011).

Segundo Filgueira (2007), o primeiro sinal de amadurecimento é o tombamento do pseudocaule (“estalo”) seguindo-se do secamento da planta. A ocorrência do “estalo” indica a perfeita adaptação da cultivar, bem como a completa maturação do bulbo, e favorece a sua conservação pós-colheita. A colheita antecipada, com planta imatura, prejudica a qualidade do bulbo.

A ocorrência de clima quente e seco, associado a paralisação das irrigações em época correta, favorece a obtenção de bulbos de melhor qualidade (DOORENBOS; KASSAM, 2000). O excesso de água durante a maturação torna os bulbos aquosos e com baixa capacidade de conservação. Sendo que, irrigações próximos a colheita reduzem o teor de matéria seca, os sólidos solúveis e a pungência dos bulbos, além de aumentar as perdas por apodrecimento durante o armazenamento e comercialização (FERREIRA; MINAMI, 2000).

Embora a cebola seja altamente sensível ao déficit hídrico, necessitando de boa disponibilidade de água no solo e irrigações frequentes para o seu bom rendimento, o excesso de água pode ser igualmente prejudicial, favorecendo a incidência de doenças, reduzindo o crescimento, e, conseqüentemente, a produção e a qualidade de bulbos (MAROUELLI; VIDIGAL; COSTA, 2011).

2.3 Fósforo no solo e na planta

A quantidade total de fósforo em solos brasileiros, na profundidade de 0-20 cm, varia entre 0,005% e 0,2% o que corresponde a 110-4400 kg ha⁻¹ (MALAVOLTA, 2006), mas apenas uma pequena fração está disponível para as plantas. Isso se dá pela interação do fósforo com constituintes do solo, como o alumínio, o ferro e o cálcio, sua ocorrência em formas orgânicas e sua lenta taxa de difusão na solução do solo. Mesmo quando são aplicados fertilizantes, a maior parte do fósforo adicionado é adsorvida em colóides do solo, tornando-se com o tempo não disponível, dada a formação de compostos de baixa solubilidade, sem

proporcionar uma esperada contribuição para a produção vegetal (ARAÚJO; MACHADO, 2006).

O fator condicionante principal dos teores totais de fósforo é o material de origem do solo (RAIJ, 2011). O fósforo do solo tem sua origem no mineral acessório chamado apatita (MALAVOLTA, 2006), sendo que, o processo de intemperismo liberou P das apatitas à solução do solo, que foi absorvido pelas plantas e reciclado, incorporado à matéria orgânica dos solos e sedimentados, ou precipitado como minerais pouco solúveis de alumínio, o ferro e o cálcio (ARAÚJO; MACHADO, 2006). Segundo Malavolta (2006), os minerais óxidos de alumínio e o ferro, formam-se pelo intemperismo e predominam nos trópicos úmidos.

O fósforo no solo pode ser dividido em quatro categorias: fósforo na forma iônica e em compostos na solução do solo; fósforo adsorvido na superfície dos constituintes minerais do solo; minerais, tanto na forma cristalina ou não (amorfa); e fósforo componente da matéria orgânica (BARBER, 1995).

O fósforo encontra-se na solução do solo como o íon ortofosfato, formas derivadas do ácido ortofosfórico (H_3PO_4). Em solução, esse ácido dissocia-se da seguinte maneira (Figura 1) (RAIJ, 2011):

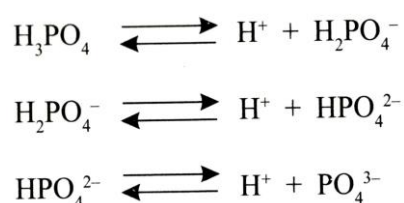


Figura 1. Reações de dissociação do íon ortofosfato e suas formas derivadas. Adaptado de Raij, 2011, p 218.

Como decorrência das reações de equilíbrio, para a dissociação de H_3PO_4 para a forma H_2PO_4^- e então para HPO_4^{2-} , em solos ácidos, predomina na solução do solo, a forma H_2PO_4^- , usualmente denominada de P inorgânico (Pi) (ARAÚJO; MACHADO, 2006; RAIJ, 2011), e a forma HPO_4^{2-} , em solos alcalinos (SILVA; MENDONÇA, 2007).

O pH da solução do solo controla a disponibilidade para as plantas das formas iônicas do fosfato (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). O íon HPO_4^{2-} ocorre em maiores proporções a valores de pH acima de 6,0, enquanto a forma de H_2PO_4^- tem ocorrência na faixa mais importante de pH para solos brasileiros, em torno de 5,0 a 6,0 (NOVAIS, 2007; RAIJ, 2011).

O fósforo é absorvido preferencialmente pelas plantas na forma de um ânion monovalente (H_2PO_4^-). A falta do ânion H_2PO_4^- no meio externo induz o aumento da atividade do sistema de alta afinidade para o fósforo na membrana plasmática. Na falta de fósforo no meio externo, a velocidade de absorção aumenta 2 a 4 vezes, dependendo da espécie de planta. O fosfato inorgânico absorvido pelas raízes é rapidamente incorporado aos açúcares, formando ésteres de açúcar-fosfato, que são transportados radialmente nas células da raiz e liberados no xilema na forma de Pi novamente. O Pi transita facilmente no xilema e no floema. A assimilação do Pi nos compostos orgânicos das raízes, ao contrário do nitrato e do sulfato, não passa pela redução do fosfato, que permanece na sua forma oxidada máxima (FURLANI, 2004).

Como elemento regulador, o Pi tem importante função na partição do carbono entre os cloroplastos e o citosol. Em cloroplastos isolados, um aumento na concentração de Pi no citosol estimula a fotossíntese, mas inibe drasticamente a incorporação do carbono fixado em amido. Assim, plantas deficientes apresentam redução na parte aérea mais acentuada do que a redução na fotossíntese, devido ao acúmulo de amido e açúcares nas folhas. Em plantas bem nutridas, 85 a 95% do Pi total encontram-se acumulados nos vacúolos, sendo liberados no citoplasma à medida que a planta necessita, evitando que a fotossíntese seja afetada em situações de falta de P externo (FURLANI, 2004).

A demanda de fósforo pelas plantas para um crescimento ótimo está na faixa de concentração de 2 a 5 g kg^{-1} de matéria seca. Por ser um nutriente móvel na planta, os sintomas de deficiência surgem nas folhas velhas. Sintomas visuais de deficiência consistem em: redução na expansão, na área e no número de folhas; coloração verde mais escura, porque a expansão da folha fica mais retardada do que a formação da clorofila e do cloroplasto; drástica redução na relação parte aérea/raízes e senescência precoce das folhas; retardamento na formação dos órgãos reprodutivos e no início da floração, diminuição no número de flores e de sementes (FURLANI, 2004).

O fosfato tem várias funções na célula vegetal: elemento estrutural dos ácidos nucleicos (RNA, DNA); elemento transferidor de energia nas ligações energéticas do fosfato e pirofosfato com os açúcares, com o gliceraldeído e com as coenzimas ADP, ATP; elemento regulador - o Pi (iônico) armazenado no vacúolo é liberado no citoplasma e atua como regulador de diversas vias sintéticas (FURLANI, 2004).

Além disso, este elemento promove a formação inicial e o desenvolvimento da raiz, que é essencial para a absorção de água e íons e, conseqüentemente, o crescimento da planta; afeta o pegamento da florada, acarretando em maior frutificação e atua como regulador da

maturação, influenciando na qualidade das frutas (MALAVOLTA, 2006). Raij (2011) ressalta que a disponibilidade do elemento desde o início do desenvolvimento vegetal, é importante para a formação dos primórdios das partes reprodutivas, desenvolvimento radicular, essencial para boa formação de frutos e sementes, e incrementa a precocidade da produção.

O fornecimento de doses adequadas de fósforo às culturas favorece o desenvolvimento de amplo sistema radicular, aumentando a absorção de água e de nutrientes; o vigor das plântulas oriundas da semeadura direta; obtenção de mudas vigorosas; formação de matéria seca nas plantas; favorece a floração, a frutificação e a formação de sementes; aumenta a precocidade da colheita; melhora a qualidade do produto; eleva a produtividade, às vezes substancialmente; e maximiza o lucro líquido obtido com a acultura (FILGUEIRA, 2007).

Uma característica da planta de cebola em relação ao fósforo é a ineficiência na extração desse nutriente, pois grande parte dos seus pelos radiculares tem comprimento menor do que a distância de difusão do fosfato (MÓGOR, 2000). A disponibilidade de fósforo no solo é um fator que interfere diretamente na absorção pelas plantas. Essa disponibilidade pode ser influenciada pela textura, pH do solo, dose do fertilizante fosfatado e tempo de contato com o solo. De maneira geral, quanto maior o teor de argila, maior a adsorção do fósforo e menor a sua disponibilidade para as plantas. Quanto maior o tempo que o fósforo permanecer no solo, menor será a sua disponibilidade (MACHADO et al., 2011).

2.4 Aspectos básicos em fertirrigação

A fertirrigação ou aplicação de fertilizantes via água de irrigação difere significativamente da aplicação via solo, principalmente porque acelera o ciclo dos nutrientes. O tempo de chegada do fertilizante às raízes das plantas é reduzido, uma vez que o fertilizante solúvel na água infiltra no solo já em solução, de modo uniforme, em toda a região da zona radicular, garantindo máxima interceptação do sistema radicular (COELHO; OR; SOUSA, 2011).

Essa técnica traduz o uso racional de fertilizantes em agricultura irrigada, uma vez que aumenta a eficiência de uso de fertilizantes, disponibiliza nutrientes no volume de solo explorado pelo sistema radicular da cultura e reduz a mão de obra e o custo com máquinas (BISCARO; OLIVEIRA, 2014). Além disso, flexibiliza a época de aplicação, uma vez que as doses recomendadas de acordo com a necessidade da cultura podem ser fracionadas (SOUZA et al., 2011).

Aliada ao uso racional de água, o sucesso da fertirrigação depende da distribuição uniforme de água as plantas, isto é, o ideal é que todas as plantas recebam a mesma quantidade de nutrientes, com alta uniformidade de distribuição e alta eficiência de aplicação, reduzindo a percolação e lixiviação (COELHO; OR; SOUSA, 2011).

O fornecimento de água para as plantas de forma localizada, da maneira que ocorre em sistemas como gotejamento e microaspersão, é o mais adequado para a utilização da fertirrigação (BISCARO; OLIVEIRA, 2014). A irrigação localizada é o sistema de irrigação em que a água é aplicada diretamente na região radicular em pequenas intensidades (baixa vazão) e alta frequência (turno de rega pequeno), mantendo esse solo próximo a capacidade de campo. A água se distribui por rede de tubos sob baixa pressão e os emissores são fixos nas tubulações dispostas na superfície do solo ou enterradas, acompanhando as linhas de plantio (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

Mantovani; Bernardo e Palaretti (2009), Bastos et al. (2011) e Biscaro (2014) evidenciam as vantagens da irrigação localizada: maior eficiência e controle do uso da água; baixo consumo de energia; possibilidade de funcionamento 24 horas por dia; manutenção do solo próximo a capacidade de campo; menor desenvolvimento de plantas daninhas entre as linhas de plantio; distribuição mais uniforme de água e produtos químicos; facilidade de automação; otimização do uso de fertilizantes; adapta-se a diferentes tipos de solo e topografia; economia de mão de obra.

Coelho; Or e Sousa (2011) afirmam que a fertirrigação se adequa melhor ao sistema de gotejamento que ao sistema de microaspersão, porque no gotejamento o sistema radicular da cultura coincide com as regiões de maiores valores de umidade do volume molhado gerado por um ou mais gotejadores, otimizando com isso o aproveitamento dos fertilizantes. A concentração e a distribuição de nutrientes no solo contribui para os rendimentos de uma cultura, o que requer o conhecimento da distribuição e do movimento dos solutos dentro do volume molhado do solo.

Segundo Biscaro e Oliveira (2014) as principais vantagens da fertirrigação são: economia na mão de obra e rapidez na aplicação dos fertilizantes; economia de fertilizantes devido a utilização de produtos mais puros e aplicação mais eficiente, reduzindo assim as perdas por volatilização e lixiviação; melhor distribuição no perfil do solo e maior assimilação pelas plantas dos fertilizantes injetados na água de irrigação; parcelamento da aplicação de nutrientes; realização da adubação segundo as necessidades nutricionais da cultura em cada estágio de desenvolvimento.

A absorção de nutrientes no solo pelas raízes na fertirrigação depende da disponibilidade do nutriente na solução do solo e da sua concentração na solução (COELHO; OR; SOUSA, 2011), sendo que a profundidade, textura, estrutura, pH, condutividade elétrica e disponibilidade de nutrientes influenciam a distribuição das raízes no solo (COELHO FILHO et al., 2011). Sistemas radiculares mais extensos aumentam a área de contato entre as raízes e o solo; para íons pouco móveis, como o fosfato, absorção é frequentemente relacionada como o comprimento radicular (ARAÚJO; MACHADO, 2006).

O movimento dos nutrientes para as raízes é considerado de baixa velocidade e se dá a curtas distâncias, visto que a solução do solo se encontra dentro do sistema capilar tortuoso do solo, muitas vezes não interceptado pelas raízes (COELHO; OR; SOUSA, 2011). Para elementos como o fósforo, que se encontram fortemente adsorvidos ao solo e, portanto, com baixo teor na solução, a difusão torna-se o mecanismo de transporte responsável pela quase totalidade absorvida deste elemento. Este tipo de transporte ocorre quando a absorção é superior a chegada desse elemento à superfície da raiz, criando-se, assim, um gradiente de concentração que proporciona a difusão dos nutrientes (NOVAIS; MELLO, 2007).

O fósforo tem suas restrições à aplicação via água de irrigação pela sua característica de adsorção à matriz do solo, com consequente baixa mobilidade e enorme possibilidade de precipitação dos fosfatos (HAYNES, 1985). Se aplicado na superfície do solo em forma de sólidos, não se move mais que 3 cm, porém, em condições de fertirrigação, pesquisas tem registrado movimento de 20 cm, tanto horizontal como vertical em profundidade, a partir de um gotejador, num solo franco-arenoso (textura média) (ROLSTON et al., 1979). Rauschkoub et al. (1976) aplicaram fosfato em solo franco-argiloso, via irrigação por gotejamento, e observaram que o mesmo se moveu a distância horizontal do emissor de 0,25 m e a profundidade de 0,3 m.

Zanini et al. (2007) estudaram o efeito da fertirrigação por gotejamento com ácido fosfórico na distribuição do fósforo e no pH de um Latossolo Vermelho eutrófico e identificaram que a expansão do fósforo no solo atingiu a faixa de 0,2 a 0,3 m de distância lateral e até 0,4 m de profundidade, no bulbo molhado, em relação ao ponto de gotejamento, coincidindo com a região onde houve efeito no pH. Os teores de fósforo no bulbo de gotejamento aumentaram com as doses aplicadas de P_2O_5 , e os maiores teores situaram-se no ponto de gotejamento.

Uma vez que a fertirrigação consiste na aplicação de água e fertilizantes ao solo, a interação entre níveis de água e níveis de fertilizantes pode influenciar a salinidade do solo ou a condutividade elétrica do mesmo (COELHO; OR; SOUSA, 2011).

Segundo Duarte et al. (2007), o termo salinidade da água e do solo está diretamente ligado ao teor de sais contidos nos mesmos e que, quando em elevadas quantidades na zona radicular podem provocar uma baixa disponibilidade de água para as plantas, reduzindo assim, em alguns casos a produção das culturas. Além disso, o excesso de sais pode alterar a estrutura do solo, pois a adsorção de sódio pelo solo, proveniente de águas dotadas de elevados teores deste elemento, pode provocar a dispersão das frações de argila e consequentemente, diminuir a permeabilidade do solo.

Um dos principais fatores para a salinização de solos devido ao uso inadequado da fertirrigação é a combinação de fertilizantes utilizadas durante os ciclos de cultivo, pois a condutividade elétrica de cada fertilizante aplicado durante a fertirrigação deve ser observada para que não haja um excesso de sais na solução, aumentando assim a condutividade elétrica em demasia prejudicando o cultivo (SILVA, 2014).

Para Biscaro e Oliveira (2014) o manuseio de produtos químicos e sua aplicação no meio ambiente, necessita de alguns cuidados e o manejo adequado da fertirrigação se faz necessário com aplicações de produtos de forma controlada, dentro das recomendações para a cultura, evitando a salinização do solo e a contaminação do lençol freático. Outro ponto importante é a avaliação periódica da uniformidade da irrigação que garante que os fertilizantes sejam distribuídos uniformemente na área, evitando a concentração excessiva em um determinado local.

Segundo Taiz e Zeiger (2013), os desequilíbrios no conteúdo mineral do solo podem afetar o desempenho da planta, indiretamente, afetando o estado nutricional ou a absorção de água, diretamente, por meio de efeitos tóxicos as células vegetais. O efeito da concentração salina na atividade fisiológica das plantas, como a redução do crescimento, da absorção radicular e da transpiração, está ligada à redução da energia livre da água do solo, pela concentração de sais osmoticamente ativos na solução do solo e pela toxicidade causada por elementos acumulados nos tecidos vegetais, como sódio, boro e cloro (COELHO FILHO et al., 2011).

O índice salino de um fertilizante indica a capacidade de elevação da pressão osmótica (concentração salina) da solução do solo. Quanto maior for o índice, menores são os riscos de danos às plantas. Se a pressão osmótica torna-se maior do que a solução das células das raízes, ocorre o descolamento da água das células para o solo, causando murchamento e até a morte da planta (BISCARO; OLIVEIRA, 2014).

A distribuição de sais no perfil do solo varia com a profundidade, em consequência de os sais da parte superior sempre estarem sendo lixiviados para as partes inferiores pelas

laminas de irrigação. A quantidade de sais na parte inferior da zona radicular é sempre maior que na parte superior. Com a intenção de minimizar os efeitos relacionados com a salinidade, é interessante manter a planta sempre bem suprida de água já que ela absorve mais água na parte superior do perfil do solo onde a tensão da água é menor (AYRES; WESTCOT, 1991).

Outro impacto, ainda mais comum que a salinidade, está relacionado ao uso das fontes nitrogenadas e a variação do pH do solo. As reações no solo seguem uma eletronegatividade, isto é, um balanço de cargas iônicas, e isso também ocorre na solução de nutrientes no solo (BAR-YOSEF, 1999).

Coelho; Or e Sousa (2011) esclarecem que quando ocorre maior absorção de cátions que ânions, as raízes tendem a compensar excretando prótons (H^+), que acidificam a rizosfera. Por outro lado, se há maior absorção de ânions, as raízes tendem a compensar liberando hidroxilas (OH^-), que reage com o CO_2 , resultando em bicarbonatos (HCO_3^-), que eleva à alcalinização da rizosfera. Assim, a aplicação de fontes nitrogenadas com absorção em excesso pelas raízes pode causar acidificação, enquanto a aplicação com absorção de fontes nítricas em excesso pode causar alcalinização da solução do solo.

Por fim, entende-se que a qualidade da água a ser utilizada na fertirrigação deve ser um dos primeiros fatores a serem observados durante a implantação de um sistema. O tipo de solo, a cultura, o sistema de irrigação exigem uma avaliação rigorosa, sob pena de prejuízos irreversíveis e penalidade a sustentabilidade da atividade agrícola. Além de prejuízos ao sistema de irrigação (entupimento e corrosão), o uso de água de qualidade não adequada pode ocasionar queda do rendimento das culturas, associado aos processos de salinização. Salientando a necessidade de conhecer a concentração iônica da água a ser usada na fertirrigação, permitindo economizar na aplicação de fertilizantes e no planejamento do manejo, visando minimizar danos ao sistema e impactos ao ambiente (SILVA; GHEYI; MEDEIROS, 2011).

2.5 Fertirrigação fosfatada

A fertirrigação é uma das atividades de maior desenvolvimento e crescimento na agricultura irrigada e deve ser feita de maneira racional, obedecendo às características de absorção de cada cultura em cada estágio de desenvolvimento, às práticas culturais necessárias durante o ciclo produtivo, à distribuição dos nutrientes no perfil do solo e à eficiência do sistema de irrigação (BAR-YOSEF, 1999).

O uso da fertirrigação visa atender à demanda por nutrientes das culturas nos períodos corretos (COELHO et al., 2011), mediante o uso de curvas de absorção de nutrientes da

cultura (SILVA JÚNIOR et al., 2010), minimizar as perdas por processos de lixiviação, fixação e volatilização, e, por conseguinte aumentar a eficiência no processo de adubação (COELHO et al., 2011).

Para um correto programa de fertirrigação deve-se conhecer o consumo de nutrientes ao longo do ciclo da planta na sua máxima produtividade e qualidade do produto (Bar-Yosef, 1999). A quantidade de nutrientes depende da idade da planta, do teor de elementos no solo e da produtividade esperada, sendo que, o sucesso das aplicações de nutrientes via fertirrigação está ligado ao bom dimensionamento do sistema, a implantação adequada e, ainda, à manutenção deste, que determinam o nível de uniformidade de água e nutrientes (LOPES, 1998).

A eficiência da fertirrigação depende basicamente da aplicação do nutriente, de modo que se concentre na profundidade de máxima densidade de raízes. Quando a lâmina de irrigação é insuficiente, os nutrientes podem se concentrar próximos à superfície do solo, ocasionando menor crescimento das raízes que exploram menor volume de solo. Nessas condições, pode ocorrer o acúmulo de sais no solo, com consequente elevação da pressão osmótica da solução acima de valores tolerados pelas plantas, diminuindo a produtividade. Por sua vez, a aplicação de uma lâmina de irrigação excessiva pode carrear os nutrientes para uma profundidade fora do alcance das raízes, diminuindo a eficiência da adubação, e provocar a lixiviação desses nutrientes para a água subterrânea e a consequente contaminação ambiental (DONAGEMMA et al., 2008).

O manejo da fertirrigação compreende três etapas, sendo a primeira referente à aplicação de uma fração da lâmina de irrigação, a fim de permitir que a frente de molhamento atinja determinada profundidade; na segunda etapa, aplicam-se os fertilizantes dissolvidos na água de irrigação, quando decorridos 25% do tempo de irrigação; e a terceira consiste em nova aplicação de água, cerca de 25% do tempo de irrigação restante. Esse último procedimento visa lavar o sistema e deslocar a solução de fertilizante até a profundidade na qual está concentrada o maior volume de raízes ativas (CONCEIÇÃO; SILVA; PINTO, 2011).

No que se refere aos tipos de cultura e à características de solo e água, a fertirrigação pode ser utilizada em várias situações. As características da cultura e dos solos determinam tanto o método quanto o sistema de irrigação, bem como as doses de fertilizantes mais adequadas. Sendo que, a prática de aplicação e o manejo de fertilizantes via água de irrigação, envolvem os aspectos de princípios de aplicação, as doses necessárias de

nutrientes, a frequência de aplicação, o manejo, a dinâmica e monitoramento dos íons no solo (SOUZA et al., 2011).

Souza et al. (2011) enfatiza que o planejamento e o manejo correto da fertirrigação devem iniciar com o conhecimento da situação do solo, de modo que seja possível a determinação da dose apropriada de nutrientes. Segundo Paradopoulos (1999) na determinação das doses de nutrientes, é necessário conhecer: a extração da cultura durante o ciclo ou as necessidades nutricionais para atingir uma determinada produtividade; a marcha de absorção de nutrientes nos diferentes estágios fenológicos; a quantidade de nutrientes que o solo pode fornecer para a cultura; a quantidade de nutrientes na água de irrigação; a eficiência de absorção de nutrientes nos diferentes métodos de irrigação.

Nesse sentido, em trabalho realizado por Novo Júnior (2014) em solo Argissolo Vermelho-Amarelo, o manejo de fertirrigação fosfatada foi estabelecido a partir da marcha de absorção de nutrientes pela cultura da cebola, onde foram iniciadas aos 10 dias após o transplante (DAT) estendendo-se até os 70 DAT, sendo sua distribuição, ao longo do ciclo da cultura. Os autores verificaram que a aplicação de fósforo não influenciou significativamente as características de qualidade da cebola. A maior dose aplicada via fertirrigação por gotejamento, 168,75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionou a maior produtividade comercial, renda bruta, renda líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade. A máxima eficiência técnica para a cultivar IPA 11 foi obtida na dose de 86,63 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

A frequência de aplicação dos fertilizantes dependerá da curva de absorção de nutrientes da planta, do tipo de solo, das condições climáticas, do sistema de irrigação e do manejo da irrigação (SOUZA; LOBATO; REIN, 2004). Com a fertirrigação, o parcelamento das doses poderá ser maior, aplicando os fertilizantes uma a duas vezes por semana em sistemas de aspersão e microaspersão, ou até diariamente em no caso de sistemas por gotejamento (CONCEIÇÃO; SILVA; PINTO, 2011). O fósforo, pela sua menor exigência e menor mobilidade no solo, deve ser parcelado em intervalos de 30 dias, via água de irrigação (COELHO et al., 2011).

O monitoramento da fertirrigação visa avaliar os procedimentos de aplicação, distribuição e os efeitos no sistema solo-planta dos fertilizantes envolvendo o acompanhamento da aplicação e uniformidade dos fertilizantes na área, observando a concentração da solução injetora e a solução final emitida na saída dos emissores, a distribuição e a dinâmica dos nutrientes no perfil do solo (SOUZA et al., 2011).

A fertirrigação via gotejamento ou microaspersão, é a forma que mais se aproxima do ritmo de absorção de água e de nutrientes pela planta (VILLAS BÔAS et al., 2000). Este

sistema permite fornecer às plantas os nutrientes nos momentos que estas necessitam, na proporção e nas quantidades específicas que requerem, nas diferentes etapas de crescimento vegetativo (PAPADOPOULOS, 1999).

A fertirrigação por gotejamento aumenta a distribuição de fósforo no solo, pois provoca maior concentração em uma faixa estreita, saturando os sítios de fixação próximos ao ponto de aplicação. A textura, a taxa de aplicação e a quantidade de água aplicada são as variáveis que mais afetam seu movimento no solo (VILLAS BÔAS et al., 2002). Dessa forma a escolha da fonte de fertilizante fosfatado, além da questão econômica, deve ser feita em função da cultura e das características do solo.

O conhecimento das propriedades do solo permite planejar a implantação e as estratégias de manejo da fertirrigação. A aplicação de água, o transporte dos nutrientes, a distribuição de raízes, o local de instalação dos emissores, além das doses aplicadas e sua frequência resultarão em aumento da produtividade e em redução de impactos negativos da irrigação, quando bem planejados. A resposta das culturas à adubação fosfatada é fortemente influenciada pela capacidade de adsorção de fósforo ao solo (MAROUELLI et al., 2015).

Segundo Sousa, Lobato e Rein (2004), os teores de fósforo nos solos da região do Cerrado são muito baixos. Essa característica, associada à alta capacidade que esses solos têm para reter o fósforo na fase sólida são a principal limitação para o desenvolvimento de qualquer atividade agrícola rentável, sem a aplicação de adubos fosfatados.

A resposta da adubação fosfatada depende, dentre outros fatores da disponibilidade de fósforo no solo, da disponibilidade de outros nutrientes, da espécie vegetal cultivada e das condições climáticas (SOUSA; LOBATO; REIN, 2004). Raij (2011) afirma que pH 6,0 resulta maior solubilidade de fósforo, na qual ocorre maior disponibilidade de nutrientes.

A adição de altas doses de fósforo no solo, no entanto, pode reduzir a absorção de outros nutrientes como zinco, cobre e ferro, por causa da precipitação destes, podendo, assim, interferir no crescimento das culturas (VIDIGAL; PEREIRA; PACHECO, 2002). O que se tem observado é que a resposta à adubação fosfatada depende em grande parte do tipo e da fertilidade do solo e da eficiência da cultivar na utilização/absorção (MACEDO et al. 2011).

Em condições de irrigação localizada, a mudança na fertilidade do solo ocorre em área restrita que pode ser modificada rapidamente, caso a quantidade e proporção dos nutrientes não sejam adequadas. Se a irrigação é excessiva, os nutrientes mais solúveis podem ser lixiviados e ao contrário, se a irrigação é muito frequente e pequenas lâminas de água são aplicadas, há tendência do sistema radicular se manter nesta área e a umidade excessiva criar um ambiente anaeróbio. Portanto, estes são alguns exemplos que para a fertirrigação ser

efetiva, várias áreas do conhecimento devem ser consideradas no processo (VILLAS BÔAS et al., 2004).

2.6 Fertilizantes para fertirrigação fosfatada

A escolha do fertilizante a ser aplicado na água de irrigação deve ser feita após avaliação das características dos produtos, para que sua utilização seja adequada ao sistema de irrigação, a exigência da planta e ao solo (BORGES; SILVA, 2011).

Segundo Biscaro e Oliveira (2014) as principais exigências para um fertilizante se utilizado em fertirrigação são: apresentar boa solubilidade em água para eu não ocorram obstruções dos emissores, podendo se sólidos ou líquidos; ser compatível com outros fertilizantes; ser puro; não ser corrosivo de manejo perigoso.

O fósforo é um nutriente pouco utilizado em fertirrigação em virtude da sua baixa difusão no solo. O fósforo não se move a longas distâncias de onde é colocado, e a lixiviação do nutriente no perfil do solo é pequena (BORGES; COSTA, 2002).

O uso do fósforo na fertirrigação ocorre, principalmente, nas formas de fosfato monoamônico (MAP) (61% de P_2O_5 e 12% de N), fosfato diamônico (DAP) (46% de P_2O_5 e 18% de N) e o ácido fosfórico (BORGES; SILVA, 2011). Esses fertilizantes apresentam como características comuns a alta solubilidade e a elevada acidez, principalmente o ácido fosfórico (CONCEIÇÃO; SILVA; PINTO, 2011).

Para alcançar a máxima eficiência agrônômica no uso de fosfatos solúveis, deve-se conhecer sua composição, os teores de nutrientes, a solubilidade; a compatibilidade e salinidade (TRANI; TIVELI; CARRIJO, 2011).

As fontes de fertilizantes empregadas devem apresentar alta solubilidade para que a concentração final do nutriente na solução seja, de fato, a calculada, como também para não causar entupimentos dos emissores, principalmente dos gotejadores. A temperatura da água e a pureza do fertilizante interferem na sua solubilidade (BORGES; SILVA, 2011).

A incompatibilidade do fósforo com sais de cálcio e magnésio pode provocar entupimento em sistemas de irrigação localizados, portanto, deve haver critério no que diz à escolha da fonte e a concentração na água de irrigação (BORGES; SILVA, 2011), a composição das misturas de fertilizantes e a qualidade da água de irrigação (CONCEIÇÃO; SILVA; PINTO, 2011).

Vilas Boas; Boaretto e Vitti (1994) enfatizam que quando se aplicam fontes inorgânicas de fósforo, existe a possibilidade de precipitação do fosfato se a água apresentar cálcio e se o pH for superior a 6,5. Portanto, deve haver critério no que diz respeito à escolha

da fonte e sua concentração na água de irrigação. Contudo, se o pH da água for inferior a 7,0, não há limitação para uso de DAP. Porém, caso haja Ca e o pH for superior a 7,0, deve-se utilizar o MAP, que tem efeito acidificante, o que leva à redução do pH (BORGES; SILVA, 2011).

Diversos fertilizantes podem ser utilizados para a fertirrigação, mas os adubos fosfatados (superfosfato simples e superfosfato triplo) podem causar obstruções de emissores e incrustações nas canalizações, principalmente quando a água é alcalina (NOVO JÚNIOR, 2014). Para Foratto et al. (2007), a solução desse problema pode estar na utilização do ácido fosfórico como fonte de fósforo, que também é vantajoso economicamente, pois, em irrigação localizada, geralmente é utilizado o monofosfato de amônio purificado, que possui maior preço. O ácido fosfórico, apesar do risco de corrosão em condutos metálicos, não causa problemas de entupimentos nos emissores (VILLAS BOAS; BOARETTO; VITTI, 1994).

A aplicação de fósforo via gotejamento pode aumentar em cinco vezes o movimento desse nutriente no solo se comparada com a aplicação convencional, e a utilização de ácido fosfórico proporciona maior mobilidade do P no solo do que o superfosfato triplo (ZANINI; VILLAS BOAS; FEITOSA FILHO, 2002). Nutrientes como fósforo, em condições de sequeiro, são mais retidos no solo, e quando aplicados por fertirrigação, têm a movimentação através do perfil do solo acelerada, o que, em parte, pode explicar os ganhos de eficiência com esse sistema (VILLAS BOAS; BOARETTO; VITTI, 1994).

O efeito residual dos fertilizantes sobre o pH do solo e da água de irrigação, pode ser estimado conhecendo-se os índices de acidez e alcalinidade desses produtos (TRANI; TIVELI; CARRIJO, 2011). O efeito no pH do solo pode ser observado por meio do caráter ácido ou básico dos fertilizantes. O emprego de fontes de caráter ácido, gera um efeito de acidificação mais intensa e pode provocar a redução do pH em um único ciclo da cultura (BORGES; SILVA, 2011).

A salinização é o processo de aumento de concentração de sais na superfície do solo, trazendo prejuízos ao desenvolvimento e à produção das culturas. A água de irrigação, alguns fertilizantes de alto índice salino, a evaporação da água de superfície e a má drenagem de alguns solos são em parte responsáveis pelo aumento na salinização. Uma das maneiras de se medir a salinidade dos substratos e do solo consiste na determinação da condutividade elétrica (CE), em que se mede a concentração de íons em uma solução água:solo, em geral na proporção 2:1 (TRANI; TIVELLI; CARRIJO, 2011).

Problemas de salinidade podem surgir em razão do manejo inadequado do fertilizante, da quantidade aplicada, da sua escolha e da qualidade da água de irrigação. Ressalta-se que, à

medida que os sais se acumulam no solo, as raízes apresentam maior dificuldade para absorver água (BORGES; SILVA, 2011).

Souza et al. (2012) avaliaram a dinâmica de nutrientes na solução do solo após a aplicação, via fertirrigação, de cinco doses de N, P_2O_5 e K_2O (0, 25, 50, 100 e 200% da dose recomendada), sendo as fontes usadas, respectivamente, nitrato de amônio, ácido fosfórico e cloreto de potássio. Os valores de condutividade elétrica da solução do solo aumentaram ($CE \sim 1,5 \text{ dS m}^{-1}$, na maior dose) e os valores de pH diminuíram ($pH \sim 3,5$, na maior dose), conforme o aumento da dose aplicada de fertilizantes. Segundo Carrijo et al. (2004) a condutividade elétrica da solução do solo acima de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ pode causar danos e reduzir a produtividade na maioria das culturas.

Pizarro (1996) explica que a condutividade elétrica do estrato de saturação do solo, poder-se-á manter uma maior ou menor frequência de irrigação. Sendo que, fertirrigações menos frequentes resultam em mais fertilizantes por vez, o que implica aumento da condutividade elétrica e do potencial osmótico da solução do solo, que pode exceder os valores aceitáveis pelas plantas.

Souza et al. (2012) ressaltam, ainda, que como a fertirrigação é feita por gotejamento, o fertilizante manteve-se concentrado na zona de molhamento, que é um volume de solo restrito. Além disso, as fontes nitrogênio e de fósforo utilizadas têm reação ácida e, portanto, quanto maior a dose aplicada, maior o efeito acidificante na solução do solo.

Quando se utiliza a técnica de fertirrigação em solos tropicais, é recomendada a aplicação de fertilizantes de melhor qualidade, com menor índice salino e, preferencialmente, com reação neutra ou ligeiramente alcalina; porém, esses fertilizantes têm custo mais elevado do que os convencionais. Há também a possibilidade de se trabalhar com um equilíbrio entre fontes (ácida e alcalina) que garantam a máxima eficiência econômica (SOUZA et al., 2012).

2.7 Efeito da adubação fosfatada na produção de cebola

Embora o fósforo seja acumulado em pequena quantidade pela planta de cebola, 21 a 38 mg (VIDIGAL et al., 2002; PÔRTO et al., 2007), sua participação nos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, síntese, multiplicação e diferenciação celular, e herança, denota que é um nutriente com expressiva ação na formação da produção e qualidade do bulbo (CECÍLIO FILHO et al., 2015).

O fósforo é o nutriente mais aplicado em solos tropicais, os quais, em geral, apresentam baixa disponibilidade. O nutriente apresenta uma forte interação com as

partículas do solo, pelo processo chamado de fixação, principalmente em solos intemperizados com predomínio de óxidos de ferro e alumínio (CECÍLIO FILHO et al., 2015).

As quantidades de fósforo exigidas pelas culturas são geralmente baixas, principalmente quando comparadas com o nitrogênio e o potássio (MACEDO et al., 2011). Entretanto, apesar dessa baixa exigência, os teores desse nutriente, bem como a velocidade do seu restabelecimento na solução do solo, não são suficientes para atender às necessidades das culturas (PRADO, 2008).

Araújo e Machado (2006) afirmam que em solos de região tropical, bastante intemperizados, as grandes culturas de interesse econômico, com elevadas taxas de crescimento, normalmente necessitam de elevadas aplicações de fertilizante fosfatado para obtenção de adequadas produtividades. A resposta a adubação fosfatada depende, dentre outros fatores, da disponibilidade de P no solo, da disponibilidade de outros nutrientes, da variedade vegetal cultivada e das condições climáticas (SOUZA; LOBATO; REIN, 2004).

Nas últimas décadas, embora tenha ocorrido aumento de áreas de plantio da cultura da cebola, o aumento de produtividade foi muito mais expressivo (RESENDE et al., 2015). Resende; Costa e Yuri (2016) descrevem a importância do fósforo na produtividade da cebola, enfatizando a pequena exigência da cultura na quantidade absorvida, mas com a resposta elevada à adubação fosfatada. Citam ainda que entre 30 e 40% da produtividade das culturas é limitada pela deficiência do P. Neste contexto, o P merece especial atenção por causa da sua grande adsorção à fase mineral do solo, predominantemente de baixa reversibilidade (SCHONINGER; GATIBONI; ERNANI, 2013).

Por ser um nutriente de pouca mobilidade no solo e considerando que o sistema radicular da cebola é do tipo fasciculado, com raízes superficiais, raramente ramificadas e sem pelos radiculares, exige-se quantidades elevadas de fósforo para compensar a baixa exploração do solo pelas raízes (LEE, 2010). Segundo Filgueira (2007), a cebola apresenta um sistema radicular limitado se comparado com outras plantas, alcançam profundidade de 0,4 m e lateralmente 0,25 m. Porém, essas extensões de raízes se observam sem impedimentos físicos ou solos muito bem estruturados e aerados, o que não condiz com a situação da maioria dos solos sob cultivo de hortaliças nas regiões brasileiras (COSTA et al., 2009).

O fósforo é essencial para o desenvolvimento das raízes. Quando a disponibilidade é limitada, o crescimento da planta é comprometido. Na cultura da cebola, deficiência de P reduz as raízes, crescimento foliar, tamanho e rendimento do bulbo, além de retardar a

maturação. A cultura da cebola é mais suscetível a deficiências de nutrientes do que a maioria das plantas cultivadas, por causa do seu sistema radicular superficial e não ramificado, respondendo muito bem a adição de fertilizantes (ABDISSA; TEKALIGN; PANT, 2011).

Filgueira (2007) afirma que o fósforo está relacionado com o tamanho dos bulbos e a obtenção de bulbos maiores, além de estar diretamente relacionado com o aumento no rendimento, também aumentando a lucratividade. Os bulbos de massa média, ao redor de 150 g, são os preferidos comercialmente. Bulbos de tamanho muito grande devem ser evitados, pois, além de terem menor aceitação comercial, são mais suscetíveis ao apodrecimento (KURTZ et al., 2012).

Embora exigente em quantidades menores do que nitrogênio e potássio, o fósforo é o nutriente que mais limita a produtividade das culturas na maioria dos solos não adubados (RAIJ, 2011). Costa et al. (2009) avaliando níveis de fósforo (zero, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ P₂O₅) verificaram que em solos do Vale do São Francisco com baixos teores de P disponível, houve aumento significativo na produtividade de bulbos comerciais com aplicação de adubos fosfatados. Quanto ao tamanho, os bulbos foram classificados pelo diâmetro transversal do bulbo e, observou-se uma maior concentração de bulbos nas classes comerciais 3 e 4, as mais preferidas pelo mercado consumidor, sendo a média de 13,7 % de classe 2; 54,2 % de classe 3 e 32,0 % de classe 4.

Resende; Costa e Yuri (2016) avaliando a produtividade de bulbos de duas cultivares de cebola, em função de doses de fósforo (zero; 60; 120, 180 e 240 kg ha⁻¹), constataram que a maior produtividade (80,0 t ha⁻¹) foi obtida na dose de 132 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Com o aumento gradativo do fornecimento das doses de fósforo houve incremento na produção de bulbos comerciais (diâmetro transversal maior que 35 mm), redução da produção de bulbos considerados não comerciais (diâmetro transversal menor que 35 mm) e maior teor de massa fresca de bulbos comerciais.

A obtenção de bulbos maiores, além de estar diretamente relacionada com o aumento do rendimento e com as características genéticas do cultivar, também aumenta a lucratividade, pois bulbos com diâmetro inferior a 50 mm apresentam menor valor de mercado do que bulbos de diâmetros superiores (KURTZ et al., 2012).

A capacidade de resposta da cebola à aplicação de fósforo alicerça as afirmações de que o elemento contribui marcadamente para melhor produtividade da cultura, sobretudo, na produção de bulbos de maior tamanho (FILGUEIRA, 2007).

Resende; Costa e Yuri (2016) enfatizam que os resultados positivos da adubação fosfatada, alcançados no referido trabalho, devem-se ao papel funcional do fósforo no

metabolismo de desenvolvimento da cebola. O fósforo é componente estrutural de macromoléculas, como ácidos nucleicos, fosfolipídeos e adenosina trifosfato (ATP). Tem papel fundamental na divisão celular e faz parte da estrutura química de compostos essenciais ao metabolismo vegetal, sendo essencial ao crescimento das partes aérea e radicular das plantas (MALAVOLTA, 2006).

Desta forma, o fósforo favorece o desenvolvimento do sistema radicular das hortaliças, aumentando a absorção de água e de nutrientes; melhorando a qualidade e o rendimento dos produtos colhidos (MOURA et al., 2001). Especificamente na cebola, relacionam-se a precocidade, o maior diâmetro dos bulbos e a produtividade (MALAVOLTA, 2006) com o suprimento de fósforo, que favorece um amplo desenvolvimento do sistema radicular, aumentando a absorção de água e nutrientes (FILGUEIRA, 2007).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDISSA, Y.; TEKALIGN, T.; PANT, L. M. Growth, bulb yield and quality of onion (*Allium cepa* L.) as influenced by nitrogen and phosphorus fertilization on vertisol I. growth attributes, biomass production and bulb yield. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 14, p. 3253-3258, 2011.

AGRIANUAL, **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2016, 502p.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (Org.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, v.1, p.253-280, 2006.

AYRES, R. S. WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991, 218 p.

BARBER, S. A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach**. New York: John Wiley, 1995, 414 p.

BAR-YOSEF, B. Advances in fertigation. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.65, n.1, p. 1-65, 1999.

BERTOLUCCI, S. K. V.; SOUZA, K. C. M.; PINTO, J. E. B. P. Propriedades medicinais e nutraceuticas da cebola. In: SOUZA, R. J. de; ASSIS, R. P. de; ARAÚJO, J. C. de. (Eds.). **Cultura da cebola: tecnologias de produção e comercialização**. Lavras: UFLA, p. 32-80, 2015.

BISCARO, G. A. Irrigação Localizada: aspectos gerais. In: BISCARO, G. A. (Org.). **Sistema de irrigação localizada**, Dourados: UFGD, p. 9-36, 2014.

BISCARO, G. A.; OLIVEIRA, A. C. de. Fertirrigação. In: BISCARO, G. A. (Org.). **Sistema de irrigação localizada**, Dourados: UFGD, p. 69-108, 2014.

BOEING G. **Fatores que afetam a qualidade da cebola na agricultura familiar catarinense**. Florianópolis: Instituto CEPA/SC, 2002, 88 p.

BORGES, A. L.; COSTA, E. da. Requerimentos de nutrientes para fertirrigação: banana. In: Borges, AL.; COELHO, E. F.; TRINDADE, A. V. (Eds.). **Fertirrigação em frutíferas tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 77-84, 2002.

BORGES, A. L.; SILVA, D. J. Fertilizantes para fertirrigação. IN: SOUZA et al., (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em frutíferas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. p. 253-264, 2011.

CARRIJO, O. A.; SOUZA, R. B.; MAROUELLI, W. A.; ANDRADE, R. J. **Fertirrigação de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, Circular técnica, n.32, 2004, 12 p.

CARVALHO, C. de; KIST, B. B. **Anuário Brasileiro de Hortaliças**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2016, 56 p.

CECÍLIO FILHO, A. B.; MAY, A.; GRANGEIRO, L. C.; RESENDE, G. M. de; RESENDE, B. L. A.; VIDIGIL, S. M. Nutrição mineral, calagem e adubação em cebola. In: SOUZA, R. J. de; ASSIS, R. P. de; ARAÚJO, J. C. de. (Eds.). **Cultura da cebola: tecnologias de produção e comercialização**. Lavras: UFLA, p. 148-183, 2015.

COELHO FILHO, M. A. BASSI, L.H., ANGELOCCI, L. R., COELHO, E. F., PEREIRA, F. A. C. Relação solo-planta-atmosfera. In: SOUZA et al., (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em frutíferas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 27-90, 2011.

COELHO, E. F.; OR, D.; SOUSA, V. F. Aspectos básicos em fertirrigação. In: SOUZA et al., (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em frutíferas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. p. 233-251, 2011.

CONCEIÇÃO, M. A. F.; SILVA, D. J.; PINTO, J. M. Irrigação e fertirrigação na cultura da uva. In: SOUZA et al., (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em frutíferas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 523-551, 2011.

COSTA, N. D. **Cultivares de cebola**. Informativo Agropecuário, v. 23, 2002, 128 p.

COSTA, N. D.; RESENDE, G. M. de; ARAUJO, J. F.; SANTOS, C. A. F.; LIMA, M. A. C.; CANDEIA, J. C.; BANDEIRA, G. R. L. Resposta de cultivares de cebola (*Allium cepa* L.) a doses de fósforo em cultivo orgânico no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**. v. 27, n. 2, p. 3428-3432, 2009.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, p. 91-132, 2007.

DONAGEMMA, G. K.; RUIZ, H. A.; ALVAREZ, V. H.; FERREIRA, P. A.; CANTARUTTI, R. B.; Silva, A. T.; FIGUEIREDO, G. C. Distribuição do amônio, nitrato, potássio e fósforo em colunas de Latossolo fertirrigadas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 2493-2504, 2008.

DOOREMBOS, J.; KASSAN, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 2000, 221 p.

DUARTE, S. N. et al. Recuperação de um solo salinizado devido a excesso de fertilizantes em ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, v.12, n.3, p.422-428, 2007.

FAO, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **World Food and Agriculture. 2013**. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e.PDF>>. Acesso em: 1 de outubro de 2018.

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

FILGUEIRA, F. A. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna para a produção de hortaliças**. 3º Edição, Viçosa, MG: UFV, 2007. 421 p.

FORATTO, L. C.; ZANINI, J. R.; NATALE, W. Teor de fósforo e pH no bulbo molhado, com diferentes frequências de fertirrigação, utilizando ácido fosfórico. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 2, p.436-444, 2007.

FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G. B. (Org.) **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara, p. 40-75, 2004.

FRITSCH, R. M.; FRIESEN, N. Evolution, domestication, and taxonomy. In: RABINOWITCH, H. D.; CURRAH, L. (Eds.). **Allium crop Science: recent advances**. Wallingford: CABI Publishing, 2002, 30 p.

GALDON, B. R. Fructans and major compounds in onion cultivars (*Allium cepa*). **Journal of food composition and analysis**, v. 22, p. 25 -32, 2009.

GREENWOOD, D. J. Rod development of vegetable crops. **Plant and soil**, v. 68, p. 75-96, 1982.

HAYNES, R. J. Principles of fertilizer use for trickle irrigated crops. **Fertilizer Research**, The Hague, v. 6, n. 3, p. 235-255, 1985.

HEIDEN, G. Morfologia: o que é uma cebola. In: BARBIERI, R.I. **Cebola: Ciência, arte e história**. 2ª Edição, Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 29-41, 2007.

HEINZMAM, B. M.; Compostos com enxofre. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P. R. (Eds.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 3ª Edição, Porto Alegre: UFRGS, p. 633-650 2001.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, novembro, 2017**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201304.pdf>. Acesso em: 01 janeiro 2019.

JEELANI, J.; SHAFIQ, F.; MUSHTAQ, A. effect of varying drip irrigation levels and methods of NPK fertilizer application on soil water dynamics, water use efficiency and productivity of various crops: a review. **International Journal of Pure Applied Bioscience**, v. 5, n. 3, p. 764-773, 2017.

KURTZ, C.; ERNANI, P. R.; COIMBRA, J. L. M.; PETRY, E. Rendimento e conservação de cebola alterados pela dose e parcelamento de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 865-875, 2012.

LEE, J. Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. **Scientia Horticulturae**, vol. 124. p. 299-305. 2010.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilizantes do solo**. Instituto da potassa e fosfato. 2ª edição. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 117 p.

MACEDO, F. S.; SEDOGUCHI, E. T.; SOUZA, CARVALHO, R. J.; J. G. Produtividade de alho vernalizado em função de fontes e doses de fósforo. **Ciência Rural**, v.41, n.3, p. 379-383, 2011.

MACHADO, V. J.; SOUZA, C. H. E.; ANDRADE, B. B.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H. Curvas de disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 70-76, 2011.

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

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; POLARETTI, L.F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3º Edição, Viçosa: Editora UFV, p. 355, 2009.

MARIOT, M. P.; HEIDEN, G.; CASTRO, L. A. S. de. Propriedades nutracêuticas. In: BARBIERI, R.I. **Cebola: Ciência, arte e história**. 2º Edição, Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 117-122, 2007.

MAROUELLI, A. W.; VIDIGAL, S. M.; COSTA, É; L. da. Irrigação e fertirrigação na cultura da cebola. In: SOUZA et al., (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em frutíferas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 585 - 608, 2011.

MAROUELLI, W. A.; SOUSA, V. F. Irrigação e fertirrigação. In: **Irrigação e fertirrigação em frutíferas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 23-26, 2011.

MAROUELLI, W. A; GUIMARÃES, T. G.; BRAGA, M. B.; SILVA, W. L. de C. Frações ótimas da adubação com fósforo no pre-plantio e na fertirrigação por gotejamento de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 10, p. 949-957, 2015.

MAROUELLI, A. W.; VIDIGAL, S. M.; COSTA, É; L. da. Irrigação e fertirrigação na cultura da cebola. In: SOUZA et al., (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em frutíferas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 585-608, 2011.

McCOLLUM, G. D. Chromosome behavior and sterility of hybrids between the common onion, *Allium cepa*, and the related wild *A. oschaaninii*. **Euphytica**, v. 3, p. 699-709, 1974.

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

MÓGOR, A. F. **Nível nutricional e incidência de doenças foliares na cultura da cebola (*Allium cepa* L.)** Botucatu, 2000, 65 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP.

MOURA, W. M.; LIMA, P. C.; CASALI, V. W. D.; PEREIRA, P. R. G. Eficiência nutricional para fósforo em linhagens de pimentão. **Horticultura Brasileira**, v. 19, p. 306-312, 2001.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, p. 471-550, 2007.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação solo – planta. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, p. -133- 204, 2007.

NOVO JÚNIOR, J. Desempenho da cebola fertirrigada em função da adubação fosfatada. Mossoró, 2014, 57 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

PARADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. In: FOLOGATTI, M. V. **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, p. 11-84, 1999.

PIZZARO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia**. 3º Edição. Madrid: Mundi Prensa, 1996, 513p.

PORTO, D. R. de Q.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MAY, A.; VARGAS, P. F. Acúmulo de macronutrientes pela cultivar de cebola “Superex” estabelecida por semeadura direta. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4 p. 949-955, 2007.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008, 407 p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011, 420 p.

RAUSCHKOUB, R. S.; ROLSTON, D. E.; MILLER, R. J., CARLTON, A. B.; BURAU, R. G. Phosphorous fertilization with drip irrigation. **Soil Society of America Journal**, Madison, v. 40, p. 68-72, 1976.

RESENDE, G. M. de; ASSIS, R. P. de; SOUZA, R. J. de; ARAÚJO, J. C. de. Importância econômica. In: SOUZA, R. J. de; ASSIS, R. P. de; ARAÚJO, J. C. de. (Eds.). **Cultura da cebola: tecnologias de produção e comercialização**. Lavras: UFLA, p. 19-29, 2015.

RESENDE, G. M. de; COSTA, N. D.; YURI, J. E. Efeito de doses de fósforo na produtividade e armazenamento pós-colheita de dois cultivares de cebola. **Revista Ceres**, v. 63, n.2, p. 249-255, 2016.

ROLSTON, D. E.; SCHULBACH, S., PHENE, C. J.; MILLER, R. J., URIU, K.; CARLSON, R. M.; HANDERSON, D. W. **Applying nutrients and other chemicals to trickle irrigated crops**. Berkeley: University of California, 1979. 14 p.

SATPUTE, S. T.; SINGH, M.; KHANNA, M.; SINGH, A. K.; AHMAD, T. Response of drip irrigated onion crop to irrigation intervals and fertigation strategies. **Indian Journal of Horticulture**, v. 70, n. 2, p. 293-295, 2013.

SCHNEIDER, E. **A cura e a saúde pelos alimentos**. 14ª Edição. Tatuí: Casa Publicadora Brasileira, 1990. 507 p.

SCHONINGER, E. L.; GATIBONI, L. G.; ERNANI, P. R. Fertilização com fosfato natural e cinética de absorção de fósforo de soja e plantas de cobertura do cerrado. **Semina**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 95-106, 2013.

SHRI, R.; BORA, K. S. Neuroprotective effect of methanolic extracts of *Allium cepa* on ischemia and reperfusion – induced injury. **Fitoterapia**, v. 79, p. 86-96, 2008.

SILVA, A. O. A fertirrigação e o processo de salinização de solos em ambiente protegido. **Nativa**, v. 2, n. 03, p. 180-186, 2014.

SILVA, Ê. F. F., GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. Aspectos qualitativos da água para fins de fertirrigação. IN: SOUZA et al., (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em frutíferas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 115-136, 2011.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. de S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, p. 275 -374, 2007.

SILVA, W.L.C.; MAROUELLI, W.A. **Fertirrigação em hortaliças**. Brasília, v.52, p. 45-48, 2001.

SIVA JÚNIOR, M. J.; DUARTE, S. N.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; DUTRA, I. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.7, p.715-722, 2010.

SLIMESTAD, R.; FOSSEN, T.; VAGEN, I. M. Onions: a source of unique dietary flavonoids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55; p. 10067-10080, 2007.

SOUSA, D. M. G.; REIN, T. A.; GOEDERT, W. J.; LOBATO, E.; NUNES, R. S. Fósforo. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). **Boas prática para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. v. 2, p. 67-127, 2010.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2ª Edição, Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 147-168, 2004.

SOUZA, R. J.; RESENDE, G. M. **Cultura da cebola**. Lavras: UFLA, 2002, 112 p.

SOUZA, V. F. de; COELHO; E. F.; PINTO, J. M.; NOGUEIRA; L. C.; COELHO, M. A.; ARAÚJO, A. R. de. Manejo da fertirrigação em frutíferas e hortaliças. In: In: SOUZA et al., (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em frutíferas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 316-337, 2011.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª Edição, Porto Alegre: Artmed, 2013, 918 p.

TAKHTAJAN, A. **Diversity and classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, 1997, 643 p.

TRANI, P. E., TIVELLI, S. W, CARRIJO, O. L. **Fertirrigação em hortaliças**. 2º Edição, Campinas: Instituto Agrônômico, 2011. 51 p.

VIDIGAL, S. M.; PEREIRA, P. R. G.; PACHECO, D. D. **Nutrição mineral e adubação da cebola**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, v. 23, n. 218, p. 36-50, 2002.

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

VILLAS BOAS, R. L.; BOARETTO, A. E.; VITTI, G. C. Aspectos da fertirrigação. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. (Eds.). **Fertilizantes fluidos**, Piracicaba: Potafos, p. 284-308, 1994.

VILLAS BÔAS, R. L.; KANO, C.; LIMA, C. P.; MANETTI, F. A.; FERNANDES, D.M. Efeito de doses de nitrogênio aplicado de forma convencional através da fertirrigação na cultura do pimentão. **Revista Brasileira de Olericultura**, v. 13, p. 801- 802, 2000.

VILLAS BÔAS, R. L.; ZANINI, J. R.; DUENHAS, L. H. Uso e manejo de fertilizantes em fertirrigação. In: ZANINI, J.R.; VILLAS BÔAS, R.L.; FEITOSA FILHO, J. C. **Uso e manejo da fertirrigação e hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP, p. 1-26, 2002.

ZANINI, J. R.; VILLAS BÔAS, R. L.; FEITOSA FILHO, J. C. **Uso e manejo da fertirrigação e hidroponia**. Jaboticabal: Funep, 2002. 65 p.

ZANINI, J. Z., BARRETO, A. K. G., FORATTO, L. C., NATALE, W. Distribuição de fósforo no bulbo molhado, aplicado via fertirrigação por gotejamento com ácido fosfórico. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.27, n.1, p.180-193, jan. - abr. 2007.

CAPÍTULO 1

Desempenho produtivo e viabilidade econômica de cultivares de cebola em função da adubação fosfatada, via fertirrigação por gotejamento

Resumo - A água e os nutrientes são os fatores de produção que mais limitam a produtividade da cebola, de forma que, o controle da irrigação e da fertilidade do solo são critérios preponderantes para o êxito da cultura. Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo e econômico de cultivares de cebola, em função da adubação fosfatada, via fertirrigação por gotejamento. Os experimentos foram conduzidos nos anos de 2016 e 2017, na Universidade Federal da Grande Dourados, em Dourados - MS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida com quatro repetições. Nas parcelas, os tratamentos foram quatro doses de fósforo (0, 150, 300, 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e nas subparcelas, os tratamentos constituíram-se de duas cultivares de cebola, Soberana e Optima. As doses foram aplicadas via fertirrigação, por gotejamento aos 15, 45, 65 e 85 DAT, tendo como fonte o fosfato monoamônico. A colheita foi realizada aos 107 DAT, seguida por um período de cura de 15 dias. Foi avaliada a produtividade total e comercial de bulbos, a massa média de bulbos comerciais, o teor de matéria seca de bulbos comerciais e a classificação comercial de bulbos. Determinou-se a análise econômica por meio de custo, receita, índice de lucratividade e produção comercial. Para as cultivares Soberana e Optima nos dois anos de cultivo, as doses de fósforo influenciaram de forma crescente a produtividade total e comercial de bulbos, a massa média de bulbos comerciais e teor de matéria seca de bulbos comerciais. A cultivar Soberana apresentou resposta satisfatória a fertirrigação fosfatada no ano de 2016, com relação à altura de planta, a produtividade total e comercial de bulbos e, a massa média de bulbos comerciais. A cultivar Optima mostrou maior teor de matéria seca de bulbos comerciais nos dois anos de cultivo. A classificação comercial de bulbos não foi influenciada pela adubação fosfatada. As despesas com os recursos variáveis foram as que mais oneraram o custo total de produção. Conclui-se que a fertirrigação fosfatada por gotejamento na cultura da cebola, adotando-se a dose de 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para as cultivares Soberana e Optima, é uma técnica economicamente viável, proporcionando a obtenção de maior produtividade comercial e maior renda líquida.

Palavras-chave: *Allium cepa* L., produtividade, irrigação, fosfato monoamônico, rentabilidade.

CHAPTER 1

Productive performance and economic viability of onion cultivars as a function of phosphate fertilization via drip fertigation

Abstract - Water and nutrients are the production factors that most limit onion productivity, so irrigation control and soil fertility are preponderant criteria for crop success. This work aimed to evaluate the productive and economic performance of onion cultivars, as a function of phosphate fertilization, via drip fertigation. The experiments were conducted in the years 2016 and 2017, at the Federal University of Grande Dourados, in Dourados - MS. Experimental design was a randomized complete block design with four replications. In the plots, the treatments were four doses of phosphorus (0, 150, 300, 450 kg ha⁻¹ of P₂O₅) and in the subplots, treatments consisted of two onion cultivars, Soberana and Optima. The doses were applied via fertigation, by dripping at 15, 45, 65 and 85 DAT, with monoammonium phosphate as the source. Harvest was performed at 107 DAT, followed by a 15 day cure period. The total and commercial productivity of bulbs, the average commercial bulb mass, the dry matter content of commercial bulbs and the commercial classification of bulbs were evaluated. The economic analysis was determined by means of cost, revenue, profitability index and commercial production. For the cultivars Soberana and Optima in the two years of cultivation, phosphorus doses increased the total and commercial productivity of bulbs, the average commercial bulb mass and the dry matter content of commercial bulbs. Soberana cultivar presented a satisfactory response to phosphate fertirrigation in the year 2016, in relation to plant height, total and commercial yield of bulbs and, the average mass of commercial bulbs. The cultivar Optima showed higher dry matter content of commercial bulbs during the two years of cultivation. The commercial classification of bulbs was not influenced by phosphate fertilization. The expenses with variable resources were the ones that most affected the total cost of production. It is concluded that the phosphate drip fertigation in onion culture, adopting the dose of 450 kg ha⁻¹ of P₂O₅ for the cultivars Soberana and Optima, is an economically viable technique, providing a higher commercial productivity and higher income liquid.

Key words: *Allium cepa* L., productivity, irrigation, monoammonium phosphate, profitability.

1. INTRODUÇÃO

A produção de hortaliças insere-se entre as mais importantes atividades agrícolas em âmbito nacional e mundial. Essenciais no abastecimento das necessidades alimentares diárias da população, oferecem uma gama imensa de possibilidades ao campo (CARVALHO; KIST, 2016). O cultivo da cebola se destaca por ser uma hortaliça muito comercializada no país, com produção de 1,7 milhão de toneladas e produtividade média de 29,49 t ha⁻¹ (IBGE, 2017).

Apesar da produção, a oferta no país não é suficiente, levando a uma importação de aproximadamente 11,7 milhões de toneladas em 2018 (CONAB, 2018). Além da produtividade, a qualidade da cebola é extremamente importante para sua comercialização, tanto na parte nutricional, como aparência, sabor e aroma, o que torna o desafio maior na busca pela produção de bulbos de cebola com qualidade.

O nutriente fósforo tem papel essencial no desenvolvimento das plantas, pois está ligado a diversos processos metabólicos dos vegetais e a baixa disponibilidade deste nutriente nos solo pode comprometer o desenvolvimento das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A limitação do fósforo na cebola leva a redução de crescimento de raízes, folhas e tamanho do bulbo, interferindo assim na produtividade da cultura (ASSEFA et al., 2016). Assefa et al. (2016); Silva (2015), Novo Júnior et al. (2016) e Resende; Costa e Yuri (2016), afirmam que a adubação com fonte fosfatada promove um incremento na produtividade de bulbos, possibilitando o aumento no tamanho e peso dos bulbos (MALAVOLTA, 2006; FILGUEIRA, 2007) e influencia na formação de raízes e na precocidade no ciclo da cultura da cebola (MALAVOLTA, 2006).

O fósforo é um nutriente que tem como particularidade o alto grau de interação com o solo (RAIJ, 2011). A interação do fósforo com constituintes do solo, como o ferro, o cálcio e o alumínio; sua ocorrência em formas orgânicas e sua lenta taxa de difusão na solução do solo tornam o fósforo o nutriente menos prontamente disponível na rizosfera. Mesmo quando são aplicados fertilizantes, a maior parte do fósforo é adsorvida em colóides do solo, tornando-se com o tempo não disponível, dada a formação de compostos de baixa solubilidade, sem propiciar uma esperada contribuição para a produção vegetal (ARAUJO; MACHADO, 2006).

Devido à baixa mobilidade do fósforo no solo (ARAUJO; MACHADO, 2006), a aplicação de fertilizantes fosfatados solúveis simultaneamente a água de irrigação, torna-se uma alternativa, pois com a prática da fertirrigação o fertilizante é injetado na água de

irrigação, sendo melhor distribuído no perfil do solo e assimilado pelas plantas, por já estar dissolvido na água, vindo a integrar rapidamente a solução do solo (BISCARO; OLIVEIRA, 2014).

A irrigação localizada, em predomínio por gotejamento, aumenta a distribuição de fósforo no solo, pois provoca maior concentração em uma faixa estreita, saturando os sítios de fixação próximos ao ponto de aplicação (ZANINI et al. 2007). Em cultivos com fertirrigação, é muito importante realizar o acompanhamento da dinâmica ou distribuição dos nutrientes no perfil do solo. Essa prática permite estabelecer ou ajustar a aplicação adequada dos fertilizantes e o manejo da água de irrigação, além de prevenir danos ambientais como a salinidade dos solos e a contaminação do lençol freático (BISCARO; OLIVEIRA, 2014).

O manejo adequado do sistema permite maior eficiência do uso da água e dos fertilizantes, onde a solução é disponibilizada por gotejamento nas regiões próximas a raiz, facilitando a absorção de nutrientes, o que é bastante desejável quando se considera o fósforo. Além disso, possibilita o fracionamento da adubação, permitindo que as necessidades da planta sejam supridas durante todo o ciclo de acordo com as exigências da cultura (JAT et al., 2011; BISCARO; OLIVEIRA, 2014; RODRIGUES, 2014; BARRETO, 2015).

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 prejudicial, favorecendo a incidência de patógenos, reduzindo o crescimento e, conseqüentemente, a produção e a qualidade de bulbos (COSTA et al., 2002). Desta forma, o manejo correto da irrigação se torna indispensável, uma vez que pode ser ajustado às condições momentâneas da cultura (VILAS BOAS et al., 2011).

Segundo Resende; Costa e Yuri (2016) e Vilas Boas et al. (2011), estudos com adubação fosfatada em cebola, assim como com irrigação por gotejamento são escassos, o que aumenta a necessidade de trabalhos considerando que ambos fatores podem promover o aumento da produtividade de cebola.

Sendo assim, objetivou-se avaliar o desempenho produtivo e econômico das cultivares de cebola, Soberana e Optima, em função da adubação fosfatada, via fertirrigação por gotejamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização da área experimental

A pesquisa constou de dois experimentos, sendo o primeiro conduzido no período de junho a outubro de 2016 (1º ano de cultivo) e o segundo de junho a outubro de 2017 (2º ano de cultivo) na área de Irrigação e Drenagem, da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados-MS (Anexo1), cujas coordenadas geográficas são 22° 11'45" S e 54°55'18" W, com altitude média de 446 m. O clima da região é do tipo Aw, com inverno seco, precipitação média anual de 1500 mm e temperatura média de 22°C (ALVARES et al., 2013).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico, com textura muito argilosa (SANTOS et al., 2013). Anteriormente, a instalação dos experimentos, foi realizada a análise de solo e as características químicas na camada de 0,0 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m estão descritas no Quadro 1. A análise granulométrica do solo encontram-se no Quadro 2. Diante dos resultados das análises de solo, constatou-se a necessidade de efetuar a calagem da área na primeira época de cultivo seguindo as recomendações de Filgueira (2007), visando elevar a saturação por base para 70%, foi aplicado 1930 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT de 80%, trinta dias antes do transplante das mudas de cebola.

Quadro 1. Análises químicas do solo na área experimental. Dourados-MS, 2016/2017.

Ano de cultivo	Prof. (m)	pH	MO	P	K	Ca	Mg	(H+Al)	SB	T	V
		CaCl ₂	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³				cmol _c dm ⁻³			%
2016	0,0 - 0,20	5,40	23,80	8,60	0,52	5,60	1,80	5,60	7,92	13,52	58,58
	0,20 - 0,40	5,30	23,60	8,10	0,49	5,20	1,70	5,20	7,39	12,59	58,70
2017	0,0 - 0,20	5,50	27,50	8,40	0,32	9,30	2,20	4,80	11,82	16,62	71,12
	0,20 - 0,40	5,20	25,50	7,60	0,28	7,30	1,90	4,60	9,48	14,08	67,33

SB: Soma de Base; T: CTC a pH 7,0; V: Saturação de bases; MO: Matéria Orgânica; P e K: Extrator Mehlich.

Quadro 2. Análise granulométrica do solo na área experimental. Dourados-MS, 2016/2017.

Profundidade (m)	Textura		
	Areia	Silte	Argila
	g kg ⁻¹		
0,0 -0,20	214	144	642
0,20 - 0,40	194	155	650

2.2 Delineamento experimental e tratamentos empregados

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida com quatro repetições. Nas parcelas, os tratamentos foram compostos por quatro doses de fósforo (zero, 150, 300, 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅), sendo elas constituídas de 0, 50, 100 e 150% da adubação fosfatada recomendada para a produção de cebola por Filgueira (2007). Nas subparcelas, os tratamentos foram duas cultivares híbridas de cebola, Soberana F1 e a Optima F1.

As doses de P₂O₅ foram aplicadas via fertirrigação, por gotejamento, e parceladas em quatro aplicações, sendo aos 15, 45, 65 e 85 dias após o transplante (DAT), tendo como fonte o fosfato monoamônico (MAP) (61% de P₂O₅ e 12% de N).

As parcelas experimentais tiveram dimensões de 1,00 m de largura por 7,00 m de comprimento (7,00 m²) (Anexo 2). Foram utilizadas três linhas de plantas, espaçadas de 0,33 m entre si e 0,10 m entre plantas, totalizando 210 plantas por parcela. Foram consideradas úteis as plantas da linha central e descartadas, nestas linhas, duas plantas no início e duas no final (parcela útil de 6,2 m², contendo 62 plantas, subparcela útil de 1,023 m², contendo 31 plantas). Desta forma, obteve-se uma população média de 240.000 plantas ha⁻¹.

2.3 Preparo, instalação e condução do experimento

Aos 30 dias antes do transplante da cebola realizou-se o preparo do solo, que consistiu de uma aração e uma gradagem e posterior formação dos canteiros com rotoencanteirador.

As mudas de cebola foram obtidas por semeadura em bandejas de poliestireno expandido com 288 células, utilizando-se o substrato comercial Carolina® (Anexo 3). As mudas foram conduzidas em local coberto sob estrutura revestida com tela de nylon preta conhecida como Sombrite® com nível de 70% de luminosidade, nas dependências da Universidade Federal da Grande Dourados; o manejo da irrigação foi realizado diariamente, através de irrigação manual, utilizando-se regador. Aos 30 dias após a semeadura (DAS), no dia 26 de junho de 2016 e 2017, as mudas apresentavam 2 folhas definidas e o transplante foi feito de forma manual em covas de 0,05 x 0,05 m em canteiros (Anexo 4).

Nos dois anos de cultivo, seguindo a recomendação de Filgueira (2007), efetuou-se o fornecimento de nitrogênio (100 kg ha⁻¹ de N) usando como fonte a Ureia (45% de N), aplicado aos 20, 40, 65 e 75 dias após o transplante (DAT), sendo que as doses foram ajustadas ao fornecimento de nitrogênio advindo do MAP; aos 60 e 80 DAT ocorreu a

aplicação de Bórax (10% B), como fonte de boro (B), com fornecimento de 4 kg ha⁻¹ B; ambas aplicações foram via fertirrigação, por gotejamento.

O controle de plantas invasoras foi realizado manualmente com capinas semanais. O manejo fitossanitário foi efetuado com monitoramento diário de insetos praga associados a cultura da cebola. Aos 15, 30 e 45 DAT foram realizadas pulverizações, utilizando-se óleo de Nim (*Azadiracta indica*) e aos 20 e 40 DAT, aplicou-se calda sulfocálcica, ambas destinadas ao controle de insetos, como a vaquinha (*Diabrotica speciosa*) e o grilo (*Gryllus assimilis*).

No 1º ano de cultivo, houve a ocorrência na área experimental de uma severa infestação de lagarta-roscas (*Agrotis ipsilon*). O controle foi realizado através da aplicação do inseticida comercial Dominador, composto pelo princípio ativo Deltametrina, na dose de 90 mL ha⁻¹; onde foram efetuadas três aplicações, aos 15, 25 e 35 DAT. Já no 2º ano de cultivo, o inseticida Dominador foi utilizado apenas aos 15 DAT. Além do controle químico, realizou-se o controle manual, com catação e esmagamento de insetos, em monitoramento diário.

No entorno da área experimental foi instalada, em dezembro de 2016, uma barreira vegetal com a cultura do Feijão Guandu (*Cajanus cajan*), servindo de proteção contra a abrasão do vento, migração de possíveis insetos pragas e até deriva de produtos fitossanitários utilizados nas áreas vizinhas ao experimento.

2.4 Sistema e manejo da irrigação

O sistema de irrigação empregado foi por gotejamento, com mangueira gotejadora da marca Petrodrip®, modelo Manari, com espaçamento de 20 cm entre emissores, vazão de 1,5 L h⁻¹, com pressão de serviço de 10 m.c.a., sendo instalada uma linha de irrigação para cada linha de cultivo (Anexo 5). O sistema de irrigação foi instalado três dias antes do transplante.

O manejo da irrigação foi realizado com base no estado hídrico do solo, utilizando o aparelho eletrônico “Hidrofarm” (modelo HFM2010), que permite a medição da umidade volumétrica do solo através de uma medida eletromagnética denominada de impedância do solo em alta frequência, que é proporcional a umidade volumétrica. Assim, a leitura da umidade atual do solo em questão era feita em intervalos de um dia e a irrigação realizada no período matutino, conforme a média indicada pelos quatro sensores instalados na área experimental (Anexo 6).

A lâmina líquida de irrigação foi calculada conforme a equação (1) e a lâmina bruta de irrigação foi calculada conforme a equação (2):

$$LL = (\theta_{cc} - \theta_a) \cdot Z \quad (1)$$

Onde:

LL= Lâmina líquida (mm);

θ_{cc} = Umidade do solo na capacidade de campo (0,3896 cm³; potencial mátrico de -10 kpa)

θ_a = Umidade atual (cm³ cm⁻³) fornecida pelo Hidrofarm;

Z= Profundidade do sistema radicular (cm);

$$LB = LL / EF \quad (2)$$

Onde:

LB= Lâmina bruta (mm);

LL= Lâmina líquida (mm);

EF= Eficiência do sistema de irrigação por gotejamento (90%).

A lâmina líquida aplicada foi de aproximadamente 866,997 mm em 2016 e de aproximadamente 915,777 mm em 2017.

2.5 Fertirrigação

O tratamento com fósforo e as aplicações de nitrogênio e boro foram realizadas utilizando um sistema de injeção de fertilizantes, tipo diferencial de pressão adaptado a pequenas áreas ou parcelas (Anexo 7 e 8).

O fluxo normal da água através das mangueiras era interrompido conforme o fechamento de um registro acoplado à mangueira, assim forçando a água da irrigação a atravessar em direção a um reservatório (garrafa pet) que continha os fertilizantes com suas respectivas doses. Após 30 minutos abria-se novamente os registros para a passagem da água em direção ao seu fluxo normal, realizando o tempo total da irrigação estabelecido e assim limpando as mangueiras gotejadoras para minimizar o efeito dos entupimentos dos emissores por excesso de sais.

2.6 Colheita e parâmetros avaliados

A colheita foi realizada manualmente aos 107 DAT, quando mais de 60% das plantas encontravam-se estaladas (VIDIGAL; MOREIRA; PEREIRA, 2010), isto é, com o

pseudocaule completamente prostrado sobre o solo (Anexo 10). Após a colheita, as plantas foram mantidas ao sol durante três dias para o processo de cura, e, posteriormente, as plantas foram levadas até um galpão ventilado, onde permaneceram doze dias para a cura à sombra (Anexos 11 e 12).

A avaliação do crescimento vegetativo foi determinado realizando-se a medição de altura de planta (cm) após a colheita: foi realizada a medida, em 20 plantas da parcela útil, escolhidas de forma aleatória, considerando-se a base da parte aérea da planta, ou seja, da superfície do solo até o ápice da folha de maior crescimento, com auxílio de uma régua. O resultado foi expresso em centímetros.

Decorrido o período completo de cura (quinze dias), fez-se a toalete, que consistiu na retirada das raízes e folhas das plantas, procedendo-se, a seguir, à avaliação das seguintes características de produção:

Produtividade total de bulbos ($t\ ha^{-1}$): obtida por meio da massa total de bulbos colhidos (comerciais e não comerciais) na área útil da parcela, obtida de 20 plantas escolhidas de forma aleatória.

Produtividade de bulbos comerciais ($t\ ha^{-1}$): obtida pelo valor de massa de bulbos perfeitos e com diâmetro transversal $> 35\ mm$, na área útil da parcela.

Massa de bulbos comerciais (g/bulbo): determinada, dividindo-se a massa de bulbos comerciais (perfeitos e com diâmetro transversal $> 35\ mm$) pelo número de bulbos comerciais, obtida de 10 plantas escolhidas de forma aleatória.

Teor de matéria seca de bulbos comerciais (%): determinado considerando-se a relação entre massa seca de bulbos comerciais e massa fresca de bulbos comerciais (Equação 3). Para a obtenção de 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 $65^{\circ}C$, até atingirem peso constante, com a pesagem realizada em balança digital semianalítica, obtida de 6 plantas escolhidas de forma aleatória (bulbos com diâmetro transversal $> 35\ mm$).

$$TMSBC = (MSBC/MFBC). 100 \quad (3)$$

Onde:

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

MSBC = massa seca de bulbos comerciais (g/bulbo);

MFBC = massa fresca de bulbos comerciais (g/bulbo).

Classificação comercial de bulbos: a classificação de bulbos foi feita em função do diâmetro transversal, obtida de 20 plantas escolhidas de forma aleatória, segundo as normas do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 1995) em: classe 1: bulbos com diâmetro $< 35\text{mm}$ (bulbos considerados não comerciais); classe 2: bulbos com diâmetro 35-50mm; classe 3: bulbos com diâmetro 50-70mm; classe 4: bulbos com diâmetro 70-90 mm; classe 5: bulbos com diâmetro $> 90\text{mm}$. Os resultados foram expressos em porcentagem.

2.7 Indicadores econômicos

Determinou-se a análise econômica por meio do custo total de produção ($\text{R\$ ha}^{-1}$), da receita bruta ($\text{R\$ ha}^{-1}$), da receita líquida ($\text{R\$ ha}^{-1}$), do índice de lucratividade (%) e da produtividade comercial de bulbos de cebola (t ha^{-1}).

Para estimar o custo total de produção, nesse trabalho, foram usados valores em reais ($\text{R\$}$), com base nas seguintes informações: área cultivada com cebola de 1,0 ha, no período de um ano de cultivo e nos custos fixos e variáveis ($\text{R\$ ha}^{-1}$).

O custo total de produção foi obtido pela soma do custo variável ($\text{R\$ ha}^{-1}$) e o custo fixo ($\text{R\$ ha}^{-1}$). Na composição do custo variável, considerou-se os gastos com insumos, atividades agrícolas, mão de obra e energia elétrica. O custo fixo foi composto pela depreciação do capital ($\text{R\$ ha}^{-1}$), conforme descrito por Biscaro et al. (2013) e pela remuneração da terra (VILAS BOAS et al., 2011).

A depreciação do capital foi estimada desconsiderando o valor residual (BISCARO et al., 2013). Adotou-se vida útil de 10 anos para o sistema de irrigação e de 5 anos para bandeja de poliestireno com 288 células, em um período de análise que considerou o prazo de 107 dias (0,35 anos), referente ao ciclo médio de cultivo, no campo, das duas cultivares de cebola utilizadas nestes experimentos.

A terra não se deprecia, considerando um manejo de solo adequado. O valor considerado foi o custo alternativo baseado no aluguel da terra explorada (VILAS BOAS et al., 2011). O valor do aluguel foi de $\text{R\$ 228,66}$ e $\text{R\$ 263,84}$ para um hectare em 2016 e 2017, respectivamente, referente ao ciclo médio de cultivo (107 dias) das cultivares de cebola usadas nesses experimentos.

O cálculo do gasto com cada recurso variável e a forma de operacionalização, estão descritos à seguir:

a) Insumos: corresponde aos gastos com a aquisição de sementes, substratos, fertilizantes químicos, calcário, produtos fitossanitários. O valor unitário foi aquele comercializado nos

estabelecimentos do setor agrícola da cidade de Dourados, MS, e, a quantidade usada de casa insumo foi baseada nas quantidades utilizadas nos experimentos.

b) Mão de obra: Para determinar o custo da mão de obra foi considerada a quantidade de homens por dia para realizar cada trabalho, multiplicado pelo valor da mão de obra temporária pago em Dourados-MS na época de desenvolvimento dos experimentos (R\$ 60,00 dia⁻¹).

c) Máquinas e implementos: foram computados os gastos com aluguel de máquinas e implementos usados nas operações de preparo do terreno e distribuição de calcário. O valor unitário (hora/máquina/ha) foi aquele praticado pelas empresas que prestam serviços de operações agrícolas na cidade de Dourados-MS (R\$ 100,00 h⁻¹ máq⁻¹ ha⁻¹).

d) Energia elétrica: foi taxada conforme a tarifa rural estabelecida pela ENERGISA (Empresa Energética de Mato Grosso do Sul S/A), igual a R\$ 0,32 kWh e R\$ 0,34 kWh, nos anos de 2016 e 2017, respectivamente. Utilizou-se potência absorvida pelo motor de 3 cv ha⁻¹. O custo de energia (CE) foi estimado da seguinte forma:

$$CE = 0,736 \times PM \times PE \times H \quad (4)$$

Em que: PM é a potência absorvida pelo motor (cv ha⁻¹), PE é o preço da energia (R\$ KWh) e H são as horas de irrigação por ciclo de produção.

A receita bruta (RB) foi calculada considerando a produtividade comercial de bulbos e o preço do quilo da cebola pago no CEASA - MS, localizado na cidade de Campo Grande, MS, nos meses de novembro dos anos de 2016 e 2017.

O preço médio do quilograma da cebola *in natura* foi de R\$ 1,29 no período de novembro de 2016 (CONAB, 2016) e R\$ 1,44 em novembro de 2017 (CONAB, 2017). O fornecimento de doses de P₂O₅ foi realizado utilizando o produto comercial YARA KRISTA MAP, que obteve um valor de R\$ 13,20 o quilo na época de realização dos experimentos. O custo com o MAP sofreu variação de acordo com as doses estudadas, determinando, assim, as diferenças de valores para cada tratamento.

A receita líquida (RL), considerando o custo com a compra do fosfato monoamônico, foi obtida pela diferença entre a receita bruta (RB) e o custo total de produção (CTP). O índice de lucratividade (IL) foi calculado através da relação entre renda líquida e a renda bruta, expresso em porcentagem. A produtividade comerciais de bulbos foi obtida pelo valor da massa de bulbos perfeitos e com diâmetro transversal maior que 35 mm.

2.8 Análise estatística

Os resultados obtidos mediante a realização dos dois experimentos foram analisados estatisticamente pelo ano agrícola, sendo os dados submetidos à análise de variância e regressão, considerando-se o modelo polinomial, utilizando-se o teste F para comparação dos quadrados médios a 5% de probabilidade.

As médias para cultivares, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As doses de fósforo foram ajustadas a equações de regressão polinomiais adotando-se como critério para escolha do modelo o efeito significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade e a magnitude dos coeficientes de determinação, no programa SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2010).

Os dados de porcentagem, referente a classificação comercial de bulbos, foram transformados em arco-seno $P/100$ para efeitos de análise, sendo apresentados nos resultados as médias originais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização das condições climáticas

Os elementos meteorológicos foram coletados da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do município de Dourados-MS.

As temperaturas mínimas e máximas e a umidade relativa do ar ocorridas no experimento no ano de 2016 (1º ano de cultivo), bem como a precipitação pluviométrica estão apresentadas na Figura 1. As temperaturas máximas atingidas ficaram entre 21,80 e 31,18°C e, as mínimas entre 8,47 e 17,62°C, com temperatura média do ar em 21,16°C. A umidade relativa do ar oscilou entre 43,03 e 72,70%, com valor médio de 58,94 %.

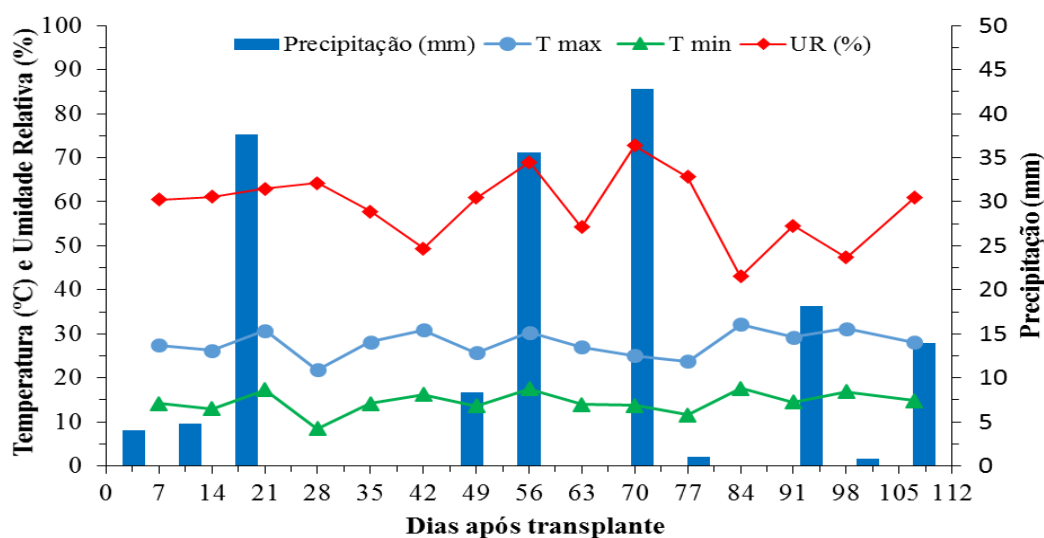


Figura 1. Dados climáticos da área do estudo entre o período de 26/06/2016 a 10/10/2016. Dourados-MS, 2016.

Na Figura 2 são apresentados os dados de temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar e a precipitação pluviométrica, ocorridos no experimento no ano de 2017 (2º ano de cultivo). As temperaturas máximas variaram de 23 a 34,41°C e, as mínimas ficaram entre 7,56 e 19,58°C, com valor médio de 22,87°C ao longo do 2º ano de cultivo. A umidade relativa média do ar foi de 55,76%, variando entre 36,47 a 87,21%.

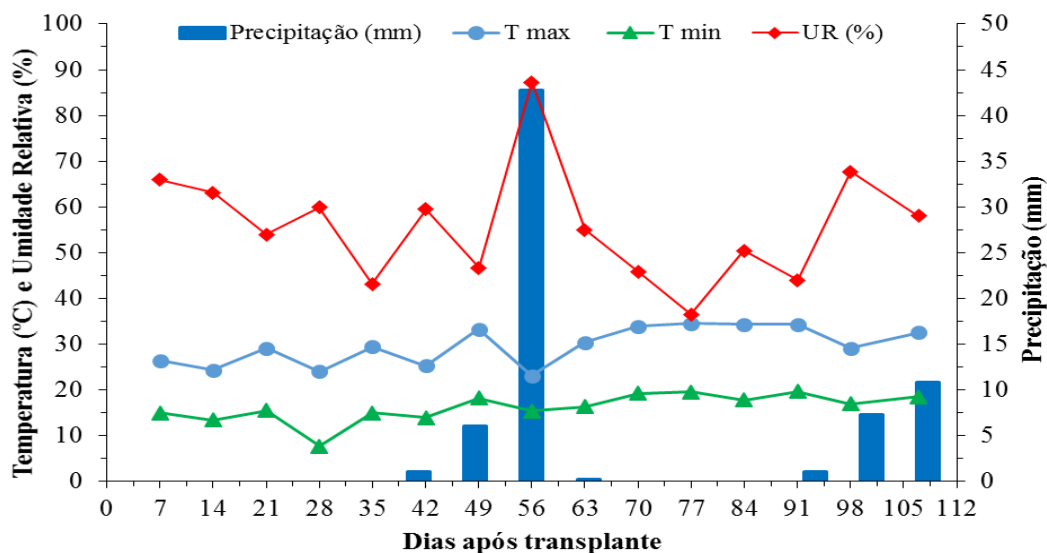


Figura 2. Dados climáticos da área do estudo entre o período de 26/06/2017 a 10/10/2017. Dourados-MS, 2017

Segundo Silva et al. (2015) a cebola, quando cultivada em altas temperaturas, tem acelerada a formação de bulbos, sendo que o processo é retardado quando o cultivo se verifica sob temperaturas baixas.

Souza e Resende (2002) afirmam que temperaturas acima de 32°C na fase inicial de desenvolvimento das plantas, podem provocar a bulbificação precoce com consequente produção de bulbos pequenos. Ao contrário, a exposição das plantas a períodos muito prolongados de temperaturas abaixo de 10°C, podem induzir o florescimento prematuro, que é altamente indesejável, quando se visa a produção comercial de bulbos. E ainda, a temperatura ótima de bulbificação oscila de 25 a 30°C.

Observa-se, então, que os valores médios de temperatura do ar, encontrados neste estudo, estão próximos dos relatados por Souza e Resende (2002), para a obtenção de uma boa produção da cultura. Verificou-se, ainda, que, apesar da ocorrência em alguns dias de temperaturas abaixo e acima do ótimo para bulbificação, estes valores não prejudicaram o desenvolvimento da cultura durante a realização dos experimentos.

A lâmina total de água (precipitação pluviométrica + irrigação) aplicada durante o experimento em 2016 foi de 1034,16 mm, com precipitação pluviométrica equivalente a 167,17 mm (Figura 1). Foram realizadas 41 irrigações durante a 1ª época de cultivo, com uma lâmina média por irrigação de 21,14 mm. Já em 2017, a lâmina total de água (precipitação pluviométrica + irrigação) fornecida foi de 984,82 mm, com precipitação

pluviométrica equivalente a 69,05 mm. Realizou-se 43 irrigações, com lâmina média por irrigação de 21,29 mm, na 2ª época de cultivo.

Segundo Taiz e Zeiger (2013) a água desempenha um papel fundamental na vida da planta. De todos os recursos de que a planta necessita para crescer e funcionar, a água é o mais abundante e, ainda, frequentemente o mais limitante. A prática da irrigação de culturas reflete o fato de que a água é um recurso chave que limita a produtividade agrícola.

Para a obtenção de alta produtividade e bulbos de qualidade, a cultura da cebola necessita de um suprimento controlado e frequente de água durante todo o período de crescimento, aumentando de forma proporcional ao crescimento vegetativo das plantas, atingindo o máximo no estágio de bulbificação e reduzindo no estágio de maturação (MAROUELLI; VIDIGAL; COSTA, 2011).

Todavia, o manejo de irrigação é importante para se evitarem excessos ou falta, que podem acarretar redução da produção e da qualidade do bulbo, principalmente, em razão da maior incidência de doença (MAROUELLI; VIDIGAL; COSTA, 2011). De acordo com Vilas Boas et al. (2011b), o manejo correto da irrigação se torna indispensável uma vez que pode ser ajustado às condições momentâneas da cultura, desta forma, promover maiores rendimentos de bulbos.

3.2 Avaliação de crescimento e produção

As variáveis de crescimento e produtividade indicaram variações entre os anos de cultivo e seu comportamento (ausência ou presença de interação) em relação às doses de fósforo aplicadas e cultivares de cebola.

De acordo com a análise de variância, no 1º ano de cultivo, houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) do fator doses de fósforo na altura de planta, produtividade total e comercial de bulbos, massa média de bulbos comerciais e teor de matéria seca de bulbos comerciais. Houve diferença significativa entre as cultivares ($p \leq 0,05$) para todos os variáveis analisadas (Quadro 3). Em relação à interação entre os fatores doses de fósforo versus cultivar, observou-se que a produtividade total e comercial de bulbos e, a massa média de bulbos comerciais, foram influenciados significativamente a 5% de probabilidade.

No 2º ano de cultivo, observando a análise de variância (Quadro 4), verificou-se efeito significativo para doses de fósforo ($p \leq 0,05$) na produtividade total e comercial de bulbos, na massa média de bulbos comerciais e no teor de matéria seca de bulbos comerciais. Houve efeito significativo do fator cultivar ($p \leq 0,05$) para a altura de planta e no teor de matéria

seca de bulbos comerciais. Na interação entre os fatores doses de fósforo e cultivar, houve diferença significativa para o teor de matéria seca de bulbos comerciais ($p \leq 0,05$).

Quadro 3. Resumo da análise de variância referente a altura de planta (AP), produtividade total de bulbos (PTB), produtividade comercial de bulbos (PBC), massa média de bulbos comerciais (MMBC) e teor matéria seca de bulbos comerciais (TMSBC) de duas cultivares de cebola, avaliadas no 1º ano de cultivo, em relação as doses de fósforo aplicadas via fertirrigação. Dourados, MS, 2016.

FV	GL	Quadrado Médio				
		AP	PTB	PCB	MMBC	TMSBC
Bloco	3	30,105 ^{ns}	0,500 ^{ns}	2,132 ^{ns}	8,684 ^{ns}	0,110 ^{ns}
Dose (P)	3	197,648*	530,613*	637,651*	9212,047*	2,397*
Resíduo (1)	9	16,254	0,811	3,558	14,097	0,094
Cultivar	1	252,844*	247,153*	308,661*	4290,853*	13,894*
Dose (P) * Cultivar	3	33,494 ^{ns}	30,621*	30,994*	531,614*	0,144 ^{ns}
Resíduo (2)	12	13,596	0,814	1,025	14,134	0,134
Média Geral		31,80	17,32	15,70	72,19	7,12
CV (%) 1		12,68	5,20	12,01	5,20	4,31
CV (%) 2		11,60	5,21	6,45	5,21	5,14

*significativo a 5% pelo teste F; ns: não significativo.

Quadro 4. Resumo da análise de variância referente a altura de planta (AP), produtividade total de bulbos (PTB), produtividade comercial de bulbos (PBC), massa média de bulbos comerciais (MMBC) e teor de matéria seca de bulbos comerciais (TMSBC) de duas cultivares de cebola, avaliadas na segunda época de cultivo, em relação as doses de fósforo aplicadas via fertirrigação. Dourados, MS, 2017.

FV	GL	Quadrado Médio				
		AP	PTB	PCB	MMBC	TMSBC
Bloco	3	5,226 ^{ns}	0,123 ^{ns}	0,123 ^{ns}	2,150 ^{ns}	0,032 ^{ns}
Dose (P)	3	5,631 ^{ns}	125,212*	125,212*	2173,820*	2,346*
Resíduo (1)	9	2,645	2,155	2,155	37,427	0,040
Cultivar	1	11,692*	0,383 ^{ns}	0,383 ^{ns}	6,661 ^{ns}	3,991*
Dose (P) * Cultivar	3	1,091 ^{ns}	2,571 ^{ns}	2,571 ^{ns}	44,648 ^{ns}	0,252*
Resíduo (2)	12	2,098	1,117	1,117	19,403	0,053
Média Geral		58,70	38,39	38,39	159,96	7,51
CV (%) 1		2,77	3,82	3,82	3,82	2,66
CV (%) 2		2,47	2,75	2,75	2,75	3,08

*significativo a 5% pelo teste F; ns: não significativo.

Constatou-se, pelo teste de médias (Quadro 5), maior altura de planta para a cultivar Soberana, 34,61 cm e 59,31 cm, no 1º e 2º ano de cultivo, respectivamente, quando comparada a cultivar Optima, que apresentou altura de planta de 28,98 cm e 58,10 cm, no 1º e 2º ano de cultivo, respectivamente. A diferença significativa do crescimento de plantas de cebola entre as cultivares pode estar relacionada à maior adaptabilidade da cultivar Soberana as condições ambientais da região, em comparação a cultivar Optima.

Quadro 5. Médias de altura de planta (AP) de duas cultivares de cebola nos diferentes anos de cultivo, em função das doses de fósforo aplicados via fertirrigação. Dourados-MS, 2016/2017.

Cultivar	*Altura de planta (cm)	
	2016	2017
Soberana	34,61 a	59,31 a
Optima	28,98 b	58,10 b

* Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A altura de planta (1º ano de cultivo) ajustou - se ao modelo linear de regressão e a aplicação de fósforo promoveu incrementos na altura de plantas de cebola, passando de 27,82 cm sem a aplicação de fósforo para 38,77 cm com a aplicação de 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 3). Os resultados corroboram com SILVA et al. (2017), que estudando diferentes níveis de adubação fosfatada (0; 100; 200; 300 e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅), observaram efeito significativo para doses de fósforo e incremento na altura de plantas, alcançando 40,36 cm para o híbrido Diamantina, sendo essa a melhor reposta à adubação fosfatada de 355 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

De acordo com Simon et al. (2014) a altura de plantas de cebola é acrescida pela fertilização fosfatada. Esses autores em trabalho no Sul da Etiópia avaliaram o crescimento de cebola sob diferentes níveis fósforo (0, 23, 46 e 69 kg ha⁻¹ P₂O₅) e obtiveram efeito positivo do fósforo na altura de planta com valor de 36,86 cm obtida da aplicação de 69 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em comparação ao menor valor 32,11 cm registrado na ausência de fósforo.

Aliyu et al. (2007) verificaram efeito benéfico com níveis crescentes de fósforo sobre esta característica. Ghaffoor et al. (2003) em trabalho realizado no Paquistão, relatam uma variação significativa em altura de plantas de cebola em três variedades mediante quatro níveis diferentes de fósforo (0, 30, 50 e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅), onde a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ resultou em maior altura de plantas (56,17

cm) para a variedade Phulkara, seguida de Shah Alam e Faisalabad Early com 52,67 e 49,73, respectivamente.

Filgueira (2007) afirma que o fornecimento de doses adequadas de fósforo às culturas favorece o amplo desenvolvimento radicular, consequentemente aumenta a absorção de água, de nutrientes e o vigor das plântulas. O fósforo tem efeito positivo sobre o número e peso de frutos, na viabilidade de sementes, no maior teor de carboidratos e proteínas, e sua deficiência gera frutos pequenos e de qualidade inferior (MALAVOLTA, 2006), minimizando o ganho em rendimento (MESSELE, 2016).

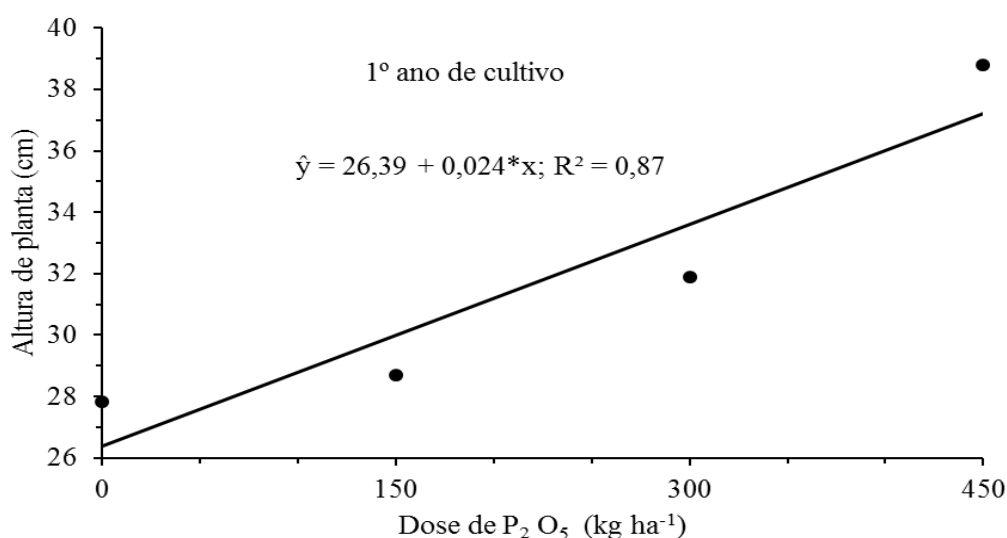


Figura 3. Altura de planta (AP), 1º ano de cultivo da cebola, em função das doses de fósforo aplicados via fertirrigação. Dourados-MS, 2016.

A produtividade total de bulbos de cebola em função das doses de fósforo ajustou-se ao modelo linear de regressão nas duas épocas de cultivo (Figura 4).

Analisando a interação entre doses de fósforo e cultivar, evidencia-se o efeito significativo dos níveis de fósforo entre as cultivares (Figura 4A). A produtividade total de bulbos foi significativamente superior para a cultivar Soberana (13,78; 15,41 e 32,86 $t\ ha^{-1}$) em comparação a cultivar Optima (7,85; 7,92 e 24,01 $t\ ha^{-1}$) nas doses de zero, 150 e 450 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , respectivamente. No entanto, não diferiu estatisticamente na dose de 300 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , mostrando rendimento de 18,36 $t\ ha^{-1}$ e 18,39 $t\ ha^{-1}$, para a cultivar Soberana e Optima, respectivamente.

Exceto para a produtividade de 32,86 $t\ ha^{-1}$, alcançada pela aplicação de 450 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , os demais resultados obtidos no 1º ano de cultivo ficaram abaixo da

média nacional da safra de 2016, sendo de 28,84 t ha⁻¹ (IBGE, 2017). O baixo rendimento de bulbos de cebola foi influenciado pelo ataque da praga identificada como Lagarta-roscas (*Agrotis ipsilon*). Segundo Villas Boas (2004) as lagartas cortam as plantas recém transplantadas na região do colo. Também podem alimentar-se dos bulbos no campo e favorecem o apodrecimento durante o armazenamento.

Observa-se na Figura 4B, que a produtividade total de bulbos (2º ano de cultivo) cresceu linearmente com o aumento das doses de fósforo, apresentando valores de 34,80; 35,88; 39,29 e 43,58 t ha⁻¹ para zero, 150, 300 e 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente. As produtividades totais de bulbos de cebola obtidas nesse trabalho com os respectivos tratamentos de fertirrigação fosfatada foram superiores à média nacional na safra de 2017, sendo de 29,49 t ha⁻¹ (IBGE 2017), o que ressalta a importância da adubação fosfatada na produção de cebola.

Aliyu et al. (2007) relataram uma produtividade de bulbos totais de 31,92 t ha⁻¹, mediante aplicação de níveis maiores de fósforo, influenciando positivamente essa característica em trabalho desenvolvido na Nigéria.

Weingartner et al. (2018) encontraram, em estudo para quantificar a resposta da cultura da cebola a doses de fósforo (0, 120, 240, 360 e 480 kg ha⁻¹ de P₂O₅), um incremento linear na produção de bulbos de cebola com o aumento na dose de fósforo, atingindo uma produção de 43,5 t ha⁻¹ na dose de 480 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Bekele, Mohammed e Nebiyu (2018) em trabalho para avaliar o desempenho produtivo e qualidade de cebola em função de três níveis de fósforo (0, 46 e 92 kg ha⁻¹ P₂O₅) no sudoeste da Etiópia, relataram que a máxima produtividade total (18,78 t ha⁻¹) foi registrada com a aplicação de 92 kg ha⁻¹ P₂O₅. E ainda, afirmam que a fertilização fosfatada é promissora na qualidade e produção de cebola.

Os resultados de pesquisa acima citados, corroboram com os valores de produtividade total encontrados no presente trabalho, visto que houve ganho em produtividade com resposta linear crescente ao fornecimento de maiores níveis de adubação fosfatada, e destaca-se o manejo equilibrado da adubação fosfatada, a qual disponibilize fósforo sem restrição as plantas de cebola com capacidade de aumentar a produtividade.

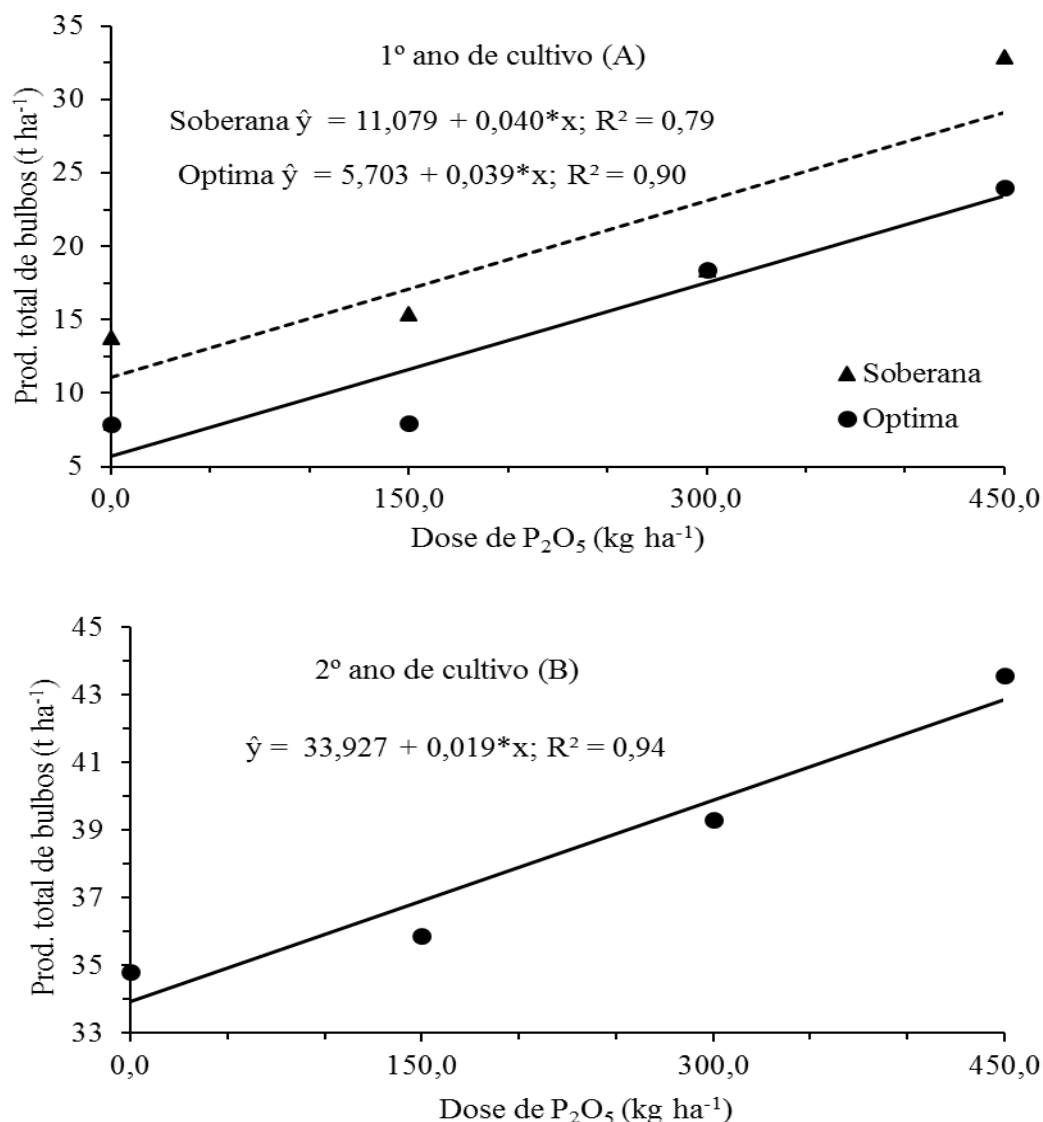


Figura 4. Produtividade total de bulbos de cebola, nos diferentes anos de cultivo, em função das doses de fósforo aplicados via fertirrigação. Dourados-MS, 2016/2017.

De acordo com Resende; Costa e Yuri (2016) o fósforo desempenha papel funcional no metabolismo de desenvolvimento da cebola. Segundo Taiz e Zeiger (2013) o fósforo (como fosfato, PO_4^{3-}) é um composto integral de compostos importantes das células vegetais, incluindo ácidos nucleicos, coenzimas, fosfato, intermediários da respiração e fotossíntese, bem como os fosfolipídeos que compõem as membranas vegetais. Ele é também um componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (como ATP) e no DNA e RNA. Sintomas característicos de deficiência de fósforo incluem crescimento reduzido de plantas jovens, colocação verde - escuro de folhas e tecidos malformados, além do retardamento da maturação da planta.

A adequada disponibilidade de fósforo as plantas de cebola influenciam no aumento da produção e tamanho de bulbos, na acelera da formação das raízes, na precocidade no ciclo (MALAVOLTA, 2006) e, ainda, incrementa o peso do bulbo (FILGUEIRA, 2007). Embora o fósforo seja acumulado em pequena quantidade por planta de cebola, de 31,23 a 33,35 mg (VIDIGAL et al.,2010; PORTO et al.,2007), sua participação nos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, sínteses, multiplicação e diferenciação celular e herança, denota que é um nutriente com expressiva ação na formação de produtividade e da qualidade do bulbo.

Resende; Costa e Yuri (2016) descrevem a importância do fósforo na produtividade da cebola, enfatizando a pequena exigência da cultura na quantidade absorvida, mas com a resposta elevada à adubação fosfatada. Citam ainda que entre 30 e 40% da produtividade das culturas é limitada pela deficiência do fósforo.

Messele (2016) afirma que a deficiência de fósforo é uma das maiores restrições à produção agrícola em muitos solos tropicais, devido ao baixo conteúdo nativo e alta fixação de fósforo à fase mineral do solo. Por conseguinte, a fertilização fosfatada é geralmente recomendado nessas regiões. O fósforo é essencial para a raiz desenvolvimento e quando a disponibilidade é limitada, o crescimento geralmente é reduzido. Enfatiza que em solos nos quais a concentração de fósforo é moderadamente baixa, o crescimento de cebola e rendimento podem ser melhorados quando o fósforo é aplicado.

A produtividade comercial de bulbos com diâmetro transversal acima de 35 mm (1º e 2º ano de cultivo) respondeu ao modelo de regressão linear em relação ao aumento das doses de fósforo (Figura 5).

A produtividade comercial de bulbos foi significativamente superior para a cultivar Soberana (11,63; 13,89 e 32,86 t ha⁻¹) em comparação a cultivar Optima (5,85; 5,27 e 23,25 t ha⁻¹) nas doses de zero, 150 e 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente. No entanto, não diferiu estatisticamente na dose de 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, mostrando rendimento de 16,86 t ha⁻¹ e 16,02 t ha⁻¹, para a cultivar Soberana e Optima, respectivamente, para o 1º ano de cultivo (Figura 5A).

A produção comercial de bulbos (2º ano de cultivo) foi significativamente influenciada pela aplicação de fósforo com o maior valor (43,58 t ha⁻¹) obtido a partir da aplicação de 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com um incremento na produtividade total de bulbos na ordem de 20,15%, 19,03% e 9,85% comparado aos valores obtidos para as dose de 0, 150 e 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 5B).

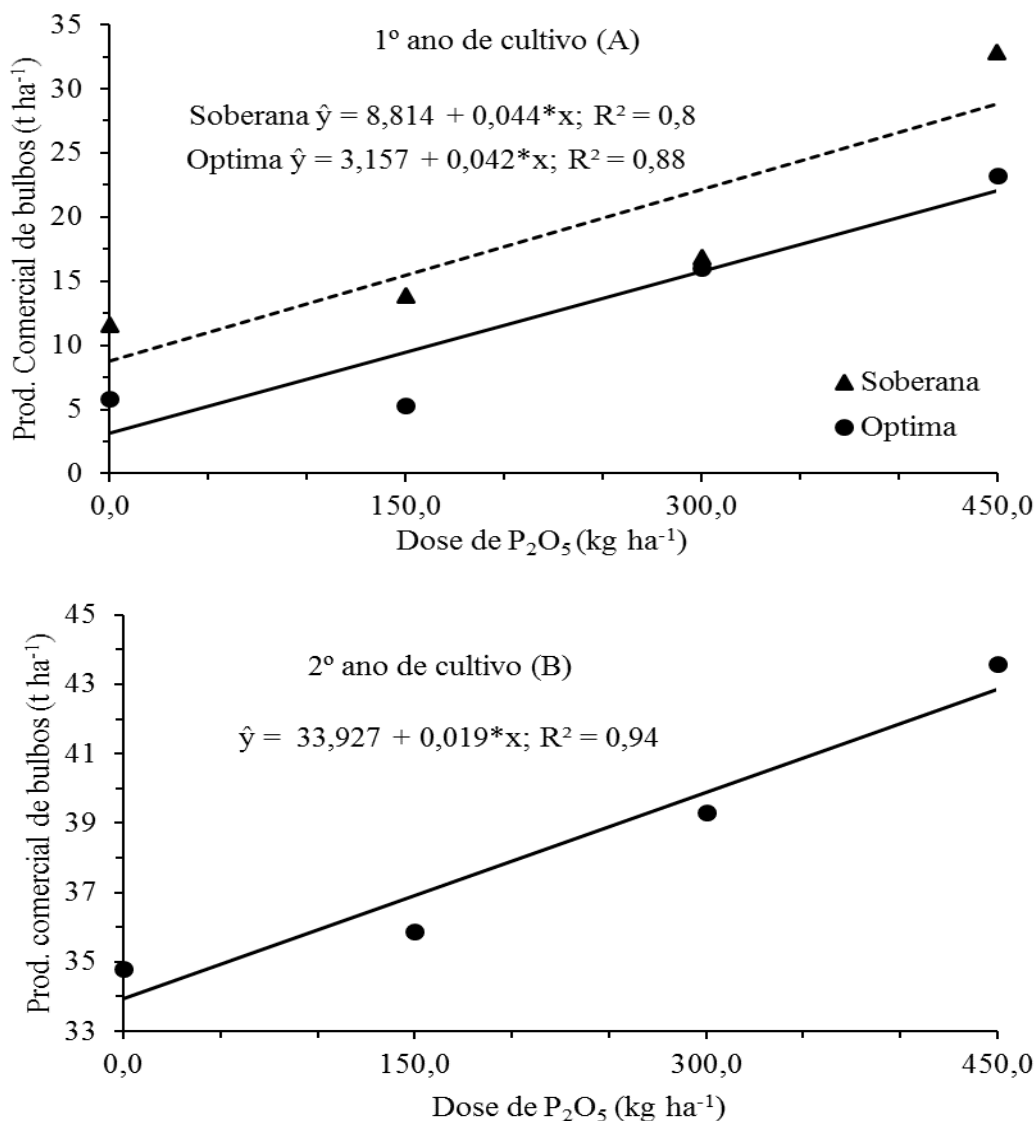


Figura 5. Produtividade comercial de bulbos de cebola, nos diferentes anos de cultivo, em função das doses de fósforo aplicados via fertirrigação. Dourados-MS, 2016/2017.

Os resultados de produção total e comercial de bulbos de cebola alcançados nesse trabalho evidenciaram a capacidade de resposta da cebola à aplicação de fósforo e corroboram as afirmações de que o elemento oferece respostas substanciais, em produtividade e no aumento do peso do bulbo (FILGUEIRA, 2007).

Além disso, os resultados expostos estão em conformidade ao trabalho de Novo Júnior et al. (2016) que avaliando a produtividade de bulbos de cebola em função de doses de fósforo (0; 33,75; 67,50; 101,25; 135,00 e 168,75 kg ha⁻¹ de P_2O_5), aplicadas via fertirrigação, constataram resposta linear crescente com a adição de fertilização fosfatada,

sendo a maior produtividade comercial e total na dose máxima aplicada (168,75 kg ha⁻¹ de P₂O₅), com valores de 48,62 e 48,88 t ha⁻¹, respectivamente.

Satpute et al. (2013) enfatizam que a fertirrigação por gotejamento mostrou efeito significativo sobre o crescimento e rendimento da cultura da cebola em estudo realizado na Índia, sendo que a irrigação por gotejamento faz o melhor uso da água para a agricultura através de eficiência de irrigação, e que o intervalo de dois dias entre as irrigações associadas à fertirrigação ajudam a manter-se ativa a zona de raiz úmida que leva ao crescimento adequado da cebola.

Segundo Zanini et al. (2007) o aumento na distribuição de fósforo no solo utilizando-se fertirrigação por gotejamento, ocorre de maneira mais expressiva, haja vista, que a irrigação provoca aumento na umidade em uma faixa estreita saturando os sítios de fixação próximos ao ponto de aplicação; esses autores relatam, ainda, que o fósforo aplicado via fertirrigação pode alcançar de 30 a 40 cm de expansão lateral em relação ao local de aplicação e cerca de 40 cm de profundidade, fato que não ocorre em aplicações superficiais sem fertirrigação.

Costa et al. (2009) avaliando níveis de fósforo (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅) verificaram aumento significativo na produtividade de bulbos comerciais (33,4 t ha⁻¹) com aplicação de adubos fosfatados, obtendo uma resposta da cebola à aplicação de até 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Verifica-se na Figura 6, que a massa média de bulbos comerciais (1º e 2º ano de cultivo), respondeu ao modelo de regressão linear em relação ao aumento das doses de fósforo.

Analisando-se a interação entre os fatores doses de fósforo versus cultivares (1º ano de cultivo) nota-se que a massa média de bulbos comerciais foi influenciada positivamente pelas doses de fósforo e diferem entre as cultivares nas doses de 0, 150 e 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅, não havendo diferença significativa entre as cultivares na resposta da massa média de bulbos para a dose de 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 6A).

Sem a aplicação de fósforo, a massa média de bulbos para a cultivar Soberana foi de 57,45 g, passando para 136,93 g no tratamento submetido a maior dose de fósforo, havendo um incremento de 58,04 % no peso do bulbo de cebola. No caso da cultivar Optima, a massa média de bulbo no tratamento com 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (100,07 g) apresentou um acréscimo de 67,28 % no peso do bulbo de cebola em detrimento ao valor obtido no tratamento sem aplicação de fósforo (32,72 g).

As doses de fósforo zero, 150, 300 e 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (2º ano de cultivo) possibilitaram que as plantas de cebola obtivessem bulbos com 145,00; 149,51; 163,71 e 181,60 g, respectivamente. O incremento no peso de bulbos comerciais com o maior nível de fósforo foi na ordem de 20,15%; 17,67% e 9,85%, quando comparado aos tratamentos com zero, 150 e 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente (Figura 6B).

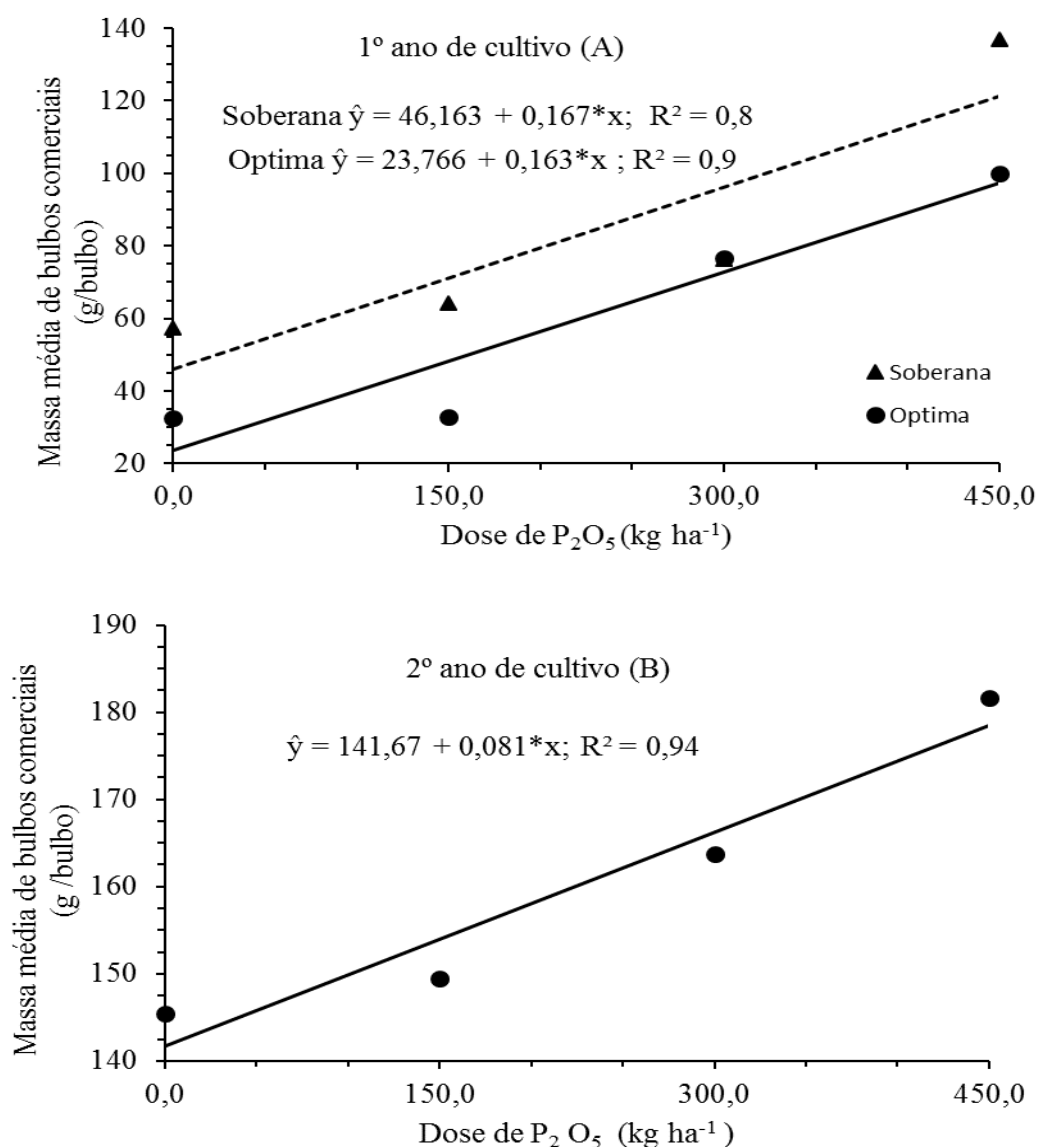


Figura 6. Massa média de bulbos comerciais de cebola, nos diferentes anos de cultivo, em função das doses de fósforo aplicados via fertirrigação. Dourados-MS, 2016/2017.

O teste de médias (Quadro 6) indica que o híbrido Optima apresentou maiores teores de matéria seca de bulbos comerciais em ambas as épocas de cultivo (7,78% em 2016 e

7,86% em 2017) em relação aos valores revelados pela cultivar Soberana (6,46% em 2016 e 7,16% em 2017).

Quadro 6. Médias de teor de matéria seca de bulbos comerciais (TMSBC) de duas cultivares de cebola nos diferentes anos de cultivo, em função das doses de fósforo aplicados via fertirrigação. Dourados-MS, 2016/2017.

Cultivar	TMSBC *(%)	
	2016	2017
Soberana	6,46 b	7,16 b
Optima	7,78 a	7,86 a

*Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O conteúdo de matéria seca acumulada nos bulbos é um importante fator de qualidade, em especial para a indústria de processamento, devido à quantidade de energia requerida para a remoção da água durante o processo de desidratação. Pois, quanto maior o teor de matéria seca, menor é a quantidade de energia exigida para o processo de desidratação (SOARES; FINGER; MOSQUIM, 2004).

Desta forma, no presente estudo o híbrido Optima mostraram-se com o maior rendimento de matéria seca, constituindo a matéria-prima mais indicada para a obtenção de produtos processados de qualidade, em comparação a cultivar Soberana.

As médias do teor de matéria seca de bulbos comerciais, em função das doses de fósforo, ajustaram-se ao modelo de regressão linear (1º e 2º ano de cultivo) (Figura 7).

Na 1º época de cultivo, os resultados do teor de matéria seca de bulbos comerciais apresentam valores na ordem de 6,77%; 6,72%; 7,08% e 7,91% para zero, 150, 300 e 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente, indicando haver um acréscimo linear do teor de matéria seca de bulbos comerciais com o aumento dos níveis de fertirrigação fosfatada. Observa-se decréscimo no teor de matéria seca de bulbos comerciais na ordem de 14,42%; 15,05% e 10,50% para as doses 0, 150 e 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ respectivamente, em comparação a maior dose de fósforo (Figura 7A).

Em relação à interação das fontes de variação (2º ano de cultivo), os teores de matéria seca de bulbos comerciais foram estatisticamente superiores para o híbrido Optima (7,14%; 7,60%; 7,89% e 8,82%) em comparação a cultivar Soberana (6,81%; 6,89%; 7,29% e 7,64%) nas doses 0, 150, 300 e 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente (Figura 7B), mostrando que os incrementos da adubação fosfatada favorecem positivamente o aumento do teor de matéria seca de bulbos de cebola.

Resultados semelhantes foram alcançados por Simom et al. (2014) e Bekele, Mohammed e Nebiyu (2018) que encontraram, nos tratamentos com níveis de adubação fosfatada, aumento linear significativo no teor de matéria seca de bulbos de cebola, com o incremento de crescentes doses de fósforo.

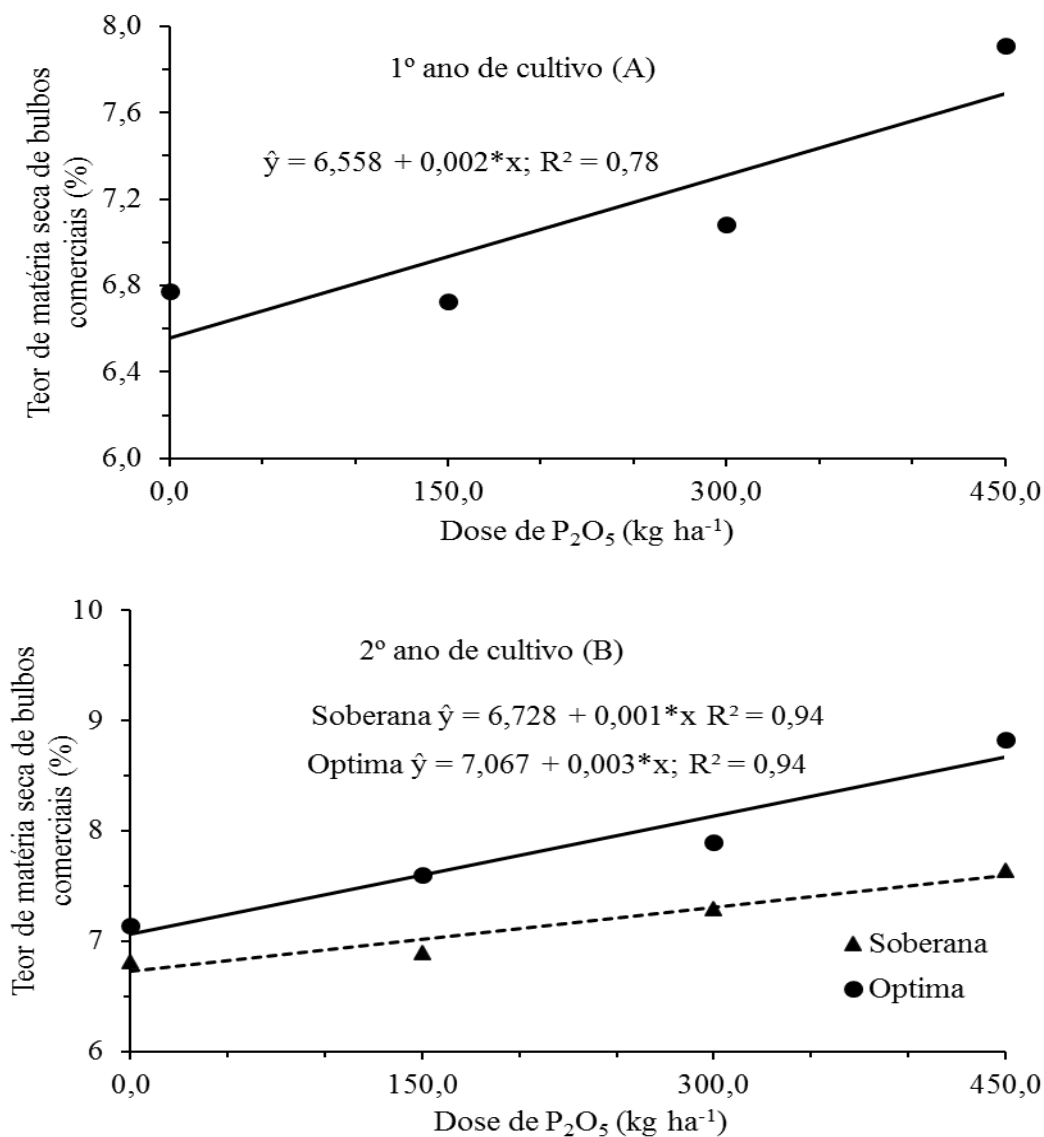


Figura 7. Teor de matéria seca de bulbos comerciais de cebola, nos diferentes anos de cultivo, em função das doses de fósforo aplicados via fertirrigação. Dourados-MS, 2016/2017.

Os acréscimos verificados no teor de matéria seca de bulbos comerciais estão, provavelmente, relacionados a eficiência da fertirrigação fosfatada em atender a demanda da planta devido a sua exigência nutricional em relação ao fósforo. Para Souza et al. (2012) isso

ocorre em razão do fato que, na fertirrigação por gotejamento, os fertilizantes são aplicados de forma localizada e os sítios de fixação de fósforo são saturados mais rapidamente, o que resulta em maior concentração do nutriente, na solução do solo e, maior eficiência de uso na fertirrigação.

3.3 Classificação comercial de bulbos de cebola

De acordo com a análise de variância (Quadro 7), verificou-se no 1º ano de cultivo que a classificação de bulbos de cebola foi afetada, significativamente, pelo fator isolado cultivar e classe, pela interação dupla entre dose de fósforo e cultivar, dose de fósforo versus classe e pela interação tripla entre dose de fósforo, cultivar e classe de bulbos com significância ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 7. Resumo da análise de variância referente a classificação de bulbos de cebola (%), avaliada em função de doses de fósforo aplicadas via fertirrigação. Dourados, MS, 2016/2017.

FV	GL	Quadrado médio	
		2016	2017
Bloco	3	0,002 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Dose (P)	3	0,002 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Resíduo (1)	9	0,003	0,001
Cultivar	1	0,033*	0,001 ^{ns}
Dose (P) x Cultivar	3	0,018*	0,001 ^{ns}
Resíduo (2)	12	0,003	0,001
Classe	3	2,408*	8,023*
Dose (P) x Classe	9	0,541*	0,025 ^{ns}
Cultivar x Classe	3	0,063 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Dose (P) x Cultivar x Classe	9	0,103*	0,016 ^{ns}
Resíduo (3)	72	0,041	0,020
CV (%) 1		13,490	6,500
CV (%) 2		11,600	6,500
CV (%) 3		46,410	36,740

*significativo a 5% pelo teste F; ns: não significativo.

No 2º ano de cultivo, observa - se efeito isolado do fator classe para a classificação de bulbos de cebola com diferença significativa a 5% de probabilidade (Quadro 7). As demais fontes de variação estudadas não apresentaram influência significativa ($p \geq 0,05$) na classificação de bulbos de cebola.

Os resultados corroboram com Abdissa, Tekalign e Pant (2011) em estudo realizado para averiguar o efeito de diferentes níveis de fósforo (0, 69, 92, 115, 138 kg ha⁻¹ de P₂O₅) no crescimento e produção de bulbos de cebola cultivada em solo de textura argilosa, no nordeste da Etiópia, onde o fator isolado dose de fósforo não influenciou significativamente a classificação de bulbos.

A classificação de cebola é feita de acordo com o maior diâmetro transversal do bulbo (BRASIL, 1995). Segundo Weingartner et al. (2018) bulbos com tamanho médio (entre 50 e 70 mm de diâmetro - classe 3) têm o melhor valor e maior aceitação de mercado, seguido pelos bulbos maiores (diâmetro maior que 70 mm - classes 4 e 5). Bulbos pequenos (35 a 50 mm - classe 2) têm mercado muito restrito (pequena demanda) e bulbos com diâmetro menores que 35 mm (classe 1) são na maioria descartados, sem retorno financeiro para o produtor.

Averiguando o desdobramento de cultivares dentro de cada nível de doses de fósforo e classe de bulbo, constatou - se que com o fornecimento da adubação fostatada, favoreceu um acréscimo no percentual de bulbos da classe 2 e 3, em ambas cultivares de cebola (Quadro 8). Resultados corroboram com Resende e Costa (2016) que relatam uma maior concentração de bulbos nas classes 3, com o incremento de doses de fósforo.

Não houve diferença significativa ($p \geq 0,05$) dos percentuais de bulbos da classe 1, 2, 3 e 4 entre as cultivares Soberana e Optima nas doses de zero e 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, bem como para bulbos da classe 1, 2 e 4 quando aplicado 150 e 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

No entanto, houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as cultivares no percentual de bulbos da classe 3 referente aos tratamentos com adição de 150 e 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A cultivar Soberana apresentou um valor de 30% e 76,25% de bulbos na classe 3 em comparação a cultivar Optima, com 7,5% e 50% dos bulbos nessa classe para as doses de 150 e 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente (Quadro 8).

Resultados semelhantes foram alcançados por Weingartner et al. (2018) em trabalho para avaliar a resposta da cebola a doses de fósforo (0, 120, 240, 360 e 480 kg de P₂O₅ ha⁻¹) em um Cambissolo Húmico, onde relatam que o diâmetro do bulbo de cebola foi de 63,9 mm com a maior dose aplicada de fósforo, o que resultou em maior número de bulbos de classe 3.

A obtenção de bulbos maiores, além de estar diretamente relacionada com o aumento do rendimento e com as características genéticas do cultivar, também aumenta a lucratividade, pois bulbos com diâmetro inferior a 50 mm apresentam menor valor de mercado do que bulbos de diâmetros superiores (KURTZ et al., 2012). Na classificação

determina a qualidade intrínseca do produto (BRASIL, 1995) evidenciando dessa forma, o valor econômico respectivo para os produtores e consumidores (FERREIRA, 2005).

Analisando o desdobramento de classe de bulbo dentro de cada nível de dose para cada cultivar, observa-se uma variação significativa ($p \leq 0,05$) no número de bulbos nas diferentes classe submetidos a aplicação de crescentes níveis de fósforo (Quadro 8).

No tratamento sem adição de fósforo, verifica-se um aumento significativo de bulbos da classe 1 (53,75%) e classe 2 (41,25%) em detrimento a bulbos da classe 3 (5%) e classe 4 (0,0%), para a cultivar Soberana. Para o híbrido Optima, a classificação de bulbos da classe 1 (45%), classe 2 (40%) e classe 3 (15%) foi superior estatisticamente a bulbos da classe 4 (0%) (Quadro 8).

A porcentagem de bulbos da cultivar Soberana na classe 1 (27,5%), classe 2 (42,5%) e classe 3 (30%) não diferem entre si, mas são estatisticamente superiores ao valor obtido na classe 4 (0%), na dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Com relação ao híbrido Optima observou-se maior percentual de bulbos da classe 1 (42,5%) e classe 2 (50%) em detrimento a classe 3 (7,5%) e classe 4 (0%) (Quadro 8).

A classificação de bulbos da classe 3 obteve valor (58,75%) estatisticamente superior as demais classes na dose 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para a cultivar Soberana. Visto que o híbrido Optima apresentou valores de bulbos da classe 1 (21,25%), classe 2 (40%) e classe 3 (35%) que não diferiram entre si e existe diferença estatística da produção de bulbos da classe 4 (0%) em relação a classe 2 (40%) e classe 3 (35%) (Quadro 8).

A maior porcentagem de bulbos da classe 3 (76,25%) correspondeu a dose de 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅ que foi significativamente superior ao valor de bulbos da classe 2 (23,75%) para a cultivar Soberana e não se obtendo bulbos na classe 1 e classe 4. Bulbos da classe 2 (40%) e classe 3 (50%) foram influenciados positivamente pela aplicação de 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e ambos valores diferiram estatisticamente dos bulbos da classe 1 (2,5%) e classe 4 (7,5%) para o híbrido Optima (Quadro 8).

Esses resultados estão em conformidade com os relatados por Novo Júnior (2014) e Resende, Costa e Yuri (2016), pois esses autores verificaram que com o aumento das doses de fósforo ocorreu uma redução gradativa da produção de bulbos considerados não comerciais (classe 1).

Aliyu et al. (2007) descrevem que o fornecimento de fósforo afetou significativamente o diâmetro do bulbo da cebola em avaliação de doses crescentes de fósforo, com o maior valor (76,30 mm) registrado quando 35 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foram aplicados, em detrimento ao menor valor (58,20 mm) no tratamento sem

adição de fósforo. Simon et al. (2014) em estudo conduzido no Sul da Etiópia, o fósforo teve efeito significativo na produtividade e diâmetro dos bulbos, obtendo bulbos com 38 mm na dose máxima (69 kg ha⁻¹ de P₂O₅), enquanto foi registrou bulbos com 33,2 mm para o tratamento sem aplicação de fósforo.

Quadro 8. Médias da classificação de bulbos (%) de cultivares de cebola na primeira época de cultivo, sob diferentes doses de fósforo aplicadas em fertirrigação. Dourados-MS, 2016.

Cultivar	0 kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Soberana	53,75 Aa	41,25 Aa	5,00 Ab	0,00 Ab
Optima	45,00 Aa	40,00 Aa	15,00 Aab	0,00 Ab
Cultivar	150 kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Soberana	27,50 Aa	42,50 Aa	30,00 Aa	0,00 Ab
Optima	42,50 Aa	50,00 Aa	7,50 Bb	0,00 Ab
Cultivar	300 kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Soberana	16,25 Abc	58,75 Aa	22,5 Ab	0,00 Ac
Optima	21,25 Aab	40,00 Aa	35,00 Aa	3,75 Ab
Cultivar	450 kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Soberana	0,00 Ac	23,75 Ab	76,25 Aa	0,00 Ac
Optima	2,50 Ab	40,00 Aa	50,00 Ba	7,50 Ab

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Observando os dados apresentados na Figura 9, nota-se que houve diferença significativa na classificação de bulbos no 2º ano de cultivo. A porcentagem de bulbos da classe 3 foi de 74% em detrimento a classe 4 com um valor de 26%. No 2º ano de cultivo, não houve a produção de bulbos com diâmetro menor que 50 mm em nenhum dos tratamentos estudados. Dessa forma, pode-se afirmar que, mesmo não diferenciando estatisticamente, a adubação fosfatada apresentou influência na melhor classificação dos bulbos.

Segundo Souza e Resende (2002), o mercado consumidor nacional prefere bulbos de tamanho médio, com massas de 80 a 100 gramas e diâmetro transversal, variando entre 40 a 80 mm de diâmetro transversal.

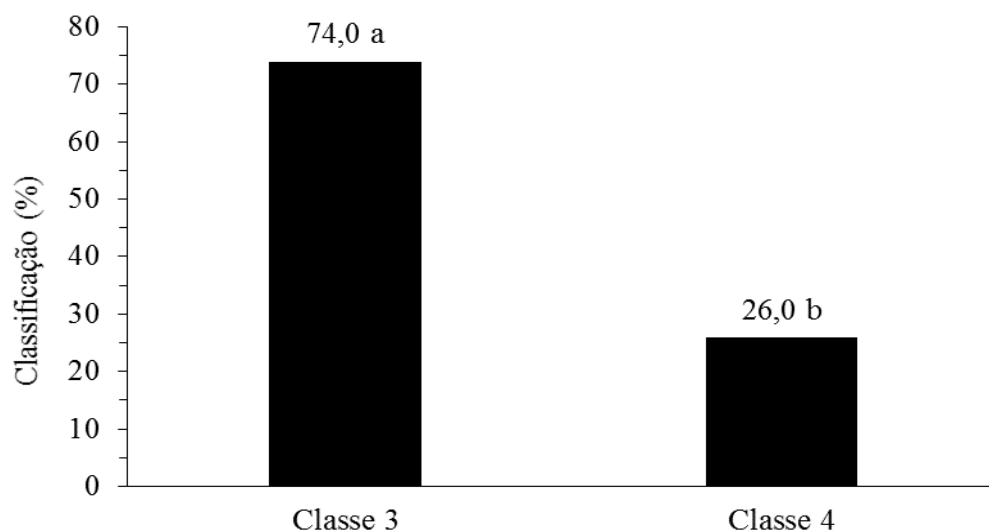


Figura 9. Classificação de bulbos de cebola (%), segundo o diâmetro transversal, em função da adubação fosfatada, via fertirrigação. Dourados-MS, 2017.

Ressalta-se, que não houve a produção de bulbos com diâmetro maior que 90 mm (classe 5) em nenhum dos tratamentos estudados.

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram a importância do fósforo para o aumento de bulbos comercialmente desejáveis, tendo em vista que essa classe é preferida pelo mercado consumidor e aquela na qual o produtor obtém maior preço.

A importância da classificação pode ser vista sob três aspectos: benefícios ao produtor, a agroindústria e aos consumidores. Aspectos relacionados ao produtor estão a qualidade, que evitam os abusos contra os produtores por ocasião da recepção dos produtos, pois a classificação estabelece o valor comercial do mesmo. Na agroindústria, a classificação auxilia no controle da qualidade do produto com vistas à comercialização em função da qualidade e o preço. Para o consumidor, a classificação atesta a qualidade, a definição e diferenciação de preços de cada produto assegurando o direito e liberdade de escolha (FERREIRA, 2005).

3.4 Análise econômica

Nos Quadros 9 e 10, estão apresentados os produtos e serviços utilizados para o cultivo da cebola, com seus respectivos valores, gerando o custo total de produção (sem adição do valor do MAP), bem como os custos fixos e variáveis.

Analisando os custos de produção exposto no Quadro 9, revelou-se que os gastos com o segmento das atividades agrícolas estão acima dos gastos com insumos, com o primeiro respondendo por 60,31% e o segundo por 39,44% do total dos custos variáveis. Já no 2º ano de cultivo os gastos com as atividades agrícolas foram de 62,11% e os gastos com insumo na ordem de 37,61% (Quadro 10).

Quadro 9. Custo total de produção da cebola no 1º ano de cultivo, por hectare, desconsiderando a fertirrigação a fosfatada, em Dourados, MS, 2016.

Componentes do custo total	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Valor total (R\$)
A - Custo fixo				1825,79
Sistema de irrigação	unidade	1	832,73	832,73
Bandeja	unidade	844	13,00	764,40
Remuneração da terra	R\$	-	-	228,66
B - Custo variável				12518,56
Insumos				
Ureia	kg	222,22	1,90	422,22
Micronutrientes	kg	4,00	10,00	40,00
Calcário	t	1,93	113,00	218,09
Substrato Carolina	saco	60,00	19,00	1140,00
Semente	saco	3,00	980,00	2940,00
Defensivos Agrícolas				
Inseticida Dominador	L	0,27	48,00	12,96
Óleo de nim	L	1,50	90,00	135,00
Calda sufocálcica	L	1,00	30,00	30,00
Energia elétrica	kWh	94,63	0,32	30,28
Atividades agrícolas				
Distribuição de calcário	hm	0,30	100,00	30,00
Gradagens e niveladora	hm	1,40	100,00	140,00
Mão de obra	dias	41,00	180,00	7380,00
Custo total (A+B)				14344,34

Os resultados estão em consenso com Araújo et al. (2011) que em estudo para caracterizar o custo de produção e determinar a rentabilidade da exploração da cebola na região do Vale do Submédio São Francisco, obtiveram 57,78% dos custos oriundos das atividades agrícolas e 42,22% decorrente dos insumos, constituindo o total dos custos variáveis.

Desta maneira, constatou-se na composição do custo variável de produção de cebola, que os custos das atividades agrícolas ultrapassam os custos com insumos. Essa informação é interessante na caracterização dos custos, visto que a maioria das operações efetuadas foram manuais, situação que conduziu essa exploração agrícola a ter o item de mão de obra como o

mais oneroso, respondendo a 97,74% e 98,22% do custo das atividades agrícola, no 1º e 2º ano de cultivo, respectivamente. Analisando a viabilidade econômica da produção de espinafre sob fertirrigação nitrogenada, Biscaro et al. (2013), também obtiveram o maior custo com o item mão de obra na composição do custo variável de produção.

O custo com energia elétrica resultou em 0,24% (Quadro 9) e 0,26% (Quadro 10) em 2016 e 2017, respectivamente, sendo que, a lâmina de irrigação aplicada durante o 1º ano de cultivo foi de 1034,16 mm, equivalente a 42 horas de irrigação e, uma lâmina de irrigação igual a 984,82, equivalente a 45 horas de irrigação, no 2º ano de cultivo.

Quadro 10. Custo total de produção da cebola no 2º ano de cultivo, por hectare, desconsiderando a fertirrigação fosfatada, em Dourados, MS, 2017.

Componentes do custo total	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Valor total (R\$)
A - Custo fixo				1978,57
Sistema de irrigação	unidade	1	832,73	832,73
Bandeja	unidade	844	15,00	882,00
Remuneração da terra	R\$	-	-	263,84
B - Custo variável				12685,49
Insumos				
Ureia	kg	222,22	1,90	422,22
Micronutrientes (Boro)	kg	4,00	10,00	40,00
Calcário	t	0,00	48,00	0,00
Substrato Carolina	saco	60,00	20,00	1200,00
Semente cv. Soberana	saco	3,00	980,00	2940,00
Defensivos Agrícolas				
Inseticida Dominador	L	0,09	48,00	4,32
Óleo de nim	L	1,50	90,00	135,00
Calda sufocálica	L	1,00	30,00	30,00
Energia elétrica	kWh	99,85	0,34	33,95
Atividades agrícolas				
Distribuição de calcário	hm	0,00	100,00	0,00
Gradagens	hm	1,40	100,00	140,00
Salário funcionário	dias	43,00	180,00	7740,00
Custo total (A+B)				14664,06

Em ambos os anos de cultivo, o item que teve maior participação no custo fixo foi o sistema de irrigação, com 45,60% em 2016 e, com valor de 42,08% em 2017. Já para o gasto com bandeja em 2017 a participação do custo foi maior (44,57%) em comparação ao ano de 2016, que atingiu 41,86%.

O custo fixo teve uma participação de 12,73% em 2016 e 87,27% em 2017, na composição do custo total de produção, enquanto que o custo variável representou 13,49% e

86,51%, em 2016 e 2017, respectivamente. O aumento do custo total de produção remete ao maior custo variável de produção, decorrente do maior gasto com mão de obra.

Essa constatação está de acordo com Vilas Boas et al. (2011) que ao avaliar a viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola, concluíram que as despesas com os custos variáveis foram as que mais oneraram o custo total da produção de cebola. E ainda, mão de obra foi a que apresentou maior participação na formação do custo variável.

Através dos dados do produto gerado, pôde-se calcular o custo total da produção (com a adição do custo do MAP), a receita bruta, a receita líquida e o índice de lucratividade de cada tratamento com a fertirrigação fosfatada. Estes resultados estão apresentados nos Quadros 11, 12, 13 e 14.

Nota-se, para ambas as cultivares estudadas, que os tratamentos com fertirrigação fosfatada apresentaram um aumento no custo total, variando em função das doses de fósforo, pois contabilizou - se o custo com a aquisição do MAP. Os valores do custo total observados variaram de R\$ 14.344,34 (sem de adubação fosfatada) a R\$ 24.532,05 (450 kg ha⁻¹ de P₂O₅) no 1º ano de cultivo e de R\$ 14.664,06 (sem adubação fosfatada) a R\$ 24.851,76 (450 kg ha⁻¹ de P₂O₅) no 2º ano de cultivo.

A resposta da avaliação econômica de produção de cebola variou de acordo com as diferentes doses de adubação fosfatada. Com a análise econômica efetuada no 1º ano de cultivo, observou - se que os tratamentos de 0, 150 e 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ fornecidos a cultivar Optima apresentaram valores de receita bruta inferior ao custo total de produção, indicando haver receita líquida e índice de lucratividade negativos (Quadro 12). Para a cultivar Soberana em todas as doses testadas, foi observado receita líquida e índice de lucratividade positivo (Quadro 11).

De acordo com Alves, Souza e Rocha (2012) a lucratividade da agricultura é medida pela renda líquida do estabelecimento, sendo essa afetada pelo preço do produto e a pela produtividade, fator esse diretamente relacionado a obtenção de uma a maior ou menor lucratividade da produção. Além disso, os autores afirmam que a renda líquida negativa é um produto gerado pelo aumento do gasto total por hectare em detrimento a receita bruta gerada. A despeito disso, menor índice de produtividade, pode acarretar na negatificação da renda líquida.

Desta forma, os valores de receita líquida negativa obtidos neste trabalho (Quadro 12), foram resultados do desequilíbrio entre uma menor arrecadação, exemplificada no valor

na receita bruta, e um maior custo total de produção. Fato esse, agravado pelo custo do MAP nos tratamentos com adição desse fertilizante em junção a baixa produtividade da cebola.

Em ambas as cultivares (1º ano de cultivo), a adição de 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅ propiciou a obtenção de uma receita bruta superior ao custo total de produção (Quadro 11 e 12). A renda líquida e o índice de lucratividade mostraram-se positivo no tratamento de 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅, sendo que essa dose de fósforo propiciou as produtividades máximas comerciais e maior porcentagens de bulbos da classe 3. Segundo Vilas Boas et al. (2011) essa é situação em que o investimento paga todos os recursos aplicados na atividade econômica e proporciona um lucro adicional.

Quadro 11. Valores médios de custo de produção (R\$), receita bruta (R\$), produtividade comercial de bulbos de cebola (t ha⁻¹), receita líquida (R\$) e o índice de lucratividade (%) da cultivar Soberana com diferentes dose de fósforo (kg ha⁻¹ P₂O₅). Dourados, MS, 2016.

Parâmetros econômicos	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)			
	0	150	300	450
Custo Fixo (R\$ ha ⁻¹)	1825,79	1825,79	1825,79	1825,79
Custo Variável (R\$ ha ⁻¹)	12518,56	12518,56	12518,56	12518,56
Custo do MAP (R\$ ha ⁻¹)	0,00	3245,90	6491,80	9737,70
Custo Total (R\$ ha ⁻¹)	14344,43	17740,25	21136,152	24532,05
Produtividade (t ha ⁻¹)	11,64	13,89	16,86	32,87
Receita Bruta (R\$ ha ⁻¹)	15011,73	17918,10	21749,40	42395,85
Receita Líquida (R\$ ha ⁻¹)	667,39	177,85	613,25	17863,80
Índice de Lucratividade (%)	4,45	0,99	2,82	42,14

Quadro 12. Valores médios de custo de produção (R\$), receita bruta (R\$), produtividade comercial de bulbos de cebola (t ha⁻¹), receita líquida (R\$) e o índice de lucratividade (%) da cultivar Optima com diferentes dose de fósforo (kg ha⁻¹ P₂O₅). Dourados, MS, 2016.

Parâmetros econômicos	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)			
	0	150,00	300,00	450,00
Custo Fixo (R\$ ha ⁻¹)	1825,79	1825,79	1825,79	1825,79
Custo Variável (R\$ ha ⁻¹)	12518,56	12518,56	12518,56	12518,56
Custo do MAP (R\$ ha ⁻¹)	0,00	3245,90	6491,80	9737,70
Custo Total (R\$ ha ⁻¹)	14344,34	17740,25	21136,15	24532,05
Produtividade (t ha ⁻¹)	5,85	5,27	16,03	23,25
Receita Bruta (R\$ ha ⁻¹)	7550,37	6799,59	20677,41	29996,37
Receita Líquida (R\$ ha ⁻¹)	-6793,97	-10940,66	-458,74	5464,32
Índice de Lucratividade (%)	-89,98	-160,90	-2,22	18,22

Segundo Araújo et al. (2011) a cebola é considerada um produto de alto custo de produção, de extrema perecibilidade e de fortes variações estacionais de preços. Além disso, como se trata de uma atividade altamente consumidora de capital, para o cultivo da cebola se tornar uma atividade lucrativa é necessário que os produtores alcancem além de uma alta produtividade física, uma adequada rentabilidade econômica.

A renda líquida e o índice de lucratividade mostraram-se positivos para todos os tratamentos no 2º ano de cultivo, para ambas cultivares de cebola (Quadro 13 e 14), corroborando com Novo Júnior et al. (2014).

Em estudo utilizando níveis crescentes de fósforo em função da produtividade da cebola, Novo Júnior et al. (2016) obtiveram os melhores resultados com a aplicação da dose máxima (168,75 kg ha⁻¹ de P₂O₅), que proporcionou a maior receita bruta (R\$ 48.620,65), receita líquida (R\$ 37.580,80) e índice de lucratividade (77,29 %).

Analizando os valores gastos e os lucros obtidos na 2ª época de cultivo para produção das cultivares Soberana e Optima, verifica-se que a dose de 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅ é a responsável pela maior renda bruta e líquida, visto que proporcionou a maior produtividade comercial de bulbos de cebola com diâmetro superior a 35 mm (Quadro 13 e 14).

A adequada disponibilidade de fósforo as plantas de cebola influenciam no aumento da produção e tamanho de bulbos (MALAVOLTA, 2006) e, ainda, incrementa o peso do bulbo (FILGUEIRA, 2007). Resende; Costa; Yuri (2016) descrevem a importância do fósforo na produtividade da cebola, enfatizando que entre 30 e 40% da produtividade das culturas é limitada pela deficiência do fósforo.

A obtenção de bulbos maiores, além de estar diretamente relacionada com o aumento do rendimento e com as características genéticas do cultivar, também aumenta a lucratividade, pois bulbos com diâmetro inferior a 50 mm apresentam menor valor de mercado do que bulbos de diâmetros superiores (KURTZ et al., 2012).

No entanto, na adição da maior dose de fósforo para a cultivar Soberana o índice de lucratividade (59,67%) foi o menor, em comparação ao tratamento sem adição de fertilizante (70,50) (Quadro 5). O mesmo ocorreu na análise referente a cultivar Optima, que obteve o menor índice de lucratividade (61,11%) com o fornecimento de 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅, em comparação ao índice de lucratividade (70,97) com a dose zero de fósforo (Quadro 6). Isso se explica pelo gasto obtido pela compra do MAP que elevou o custo total de produção, reduzindo o índice de lucratividade.

Quadro 13. Valores médios de custo de produção (R\$), receita bruta (R\$), produtividade comercial de bulbos de cebola (t ha^{-1}), receita líquida (R\$) e o índice de lucratividade (%) da cultivar Soberana com diferentes dose de fósforo ($\text{kg ha}^{-1} \text{P}_2\text{O}_5$). Dourados, MS, 2017.

Parâmetros econômicos	Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})			
	0	150	300	450
Custo Fixo ($\text{R\$ ha}^{-1}$)	1978,57	1978,57	1978,57	1978,57
Custo Variável ($\text{R\$ ha}^{-1}$)	12685,49	12685,49	12685,49	12685,49
Custo do MAP ($\text{R\$ ha}^{-1}$)	0,00	3245,90	6491,80	9737,70
Custo Total ($\text{R\$ ha}^{-1}$)	14664,06	18059,96	21455,86	24851,76
Produtividade (t ha^{-1})	34,52	35,98	39,83	42,79
Receita Bruta ($\text{R\$ ha}^{-1}$)	49701,60	51814,08	57360,96	61620,48
Receita Líquida ($\text{R\$ ha}^{-1}$)	35037,54	33754,12	35905,10	36768,72
Índice de Lucratividade (%)	70,50	65,14	62,60	59,67

Quadro 14. Valores médios de custo de produção (R\$), receita bruta (R\$), produtividade comercial de bulbos de cebola (t ha^{-1}), receita líquida (R\$) e o índice de lucratividade (%) da cebola cultivar Optima com diferentes dose de fósforo ($\text{kg ha}^{-1} \text{P}_2\text{O}_5$). Dourados, MS, 2017.

Parâmetros econômicos	Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})			
	0	150	300	450
Custo Fixo ($\text{R\$ ha}^{-1}$)	1978,57	1978,57	1978,57	1978,57
Custo Variável ($\text{R\$ ha}^{-1}$)	12685,49	12685,49	12685,49	12685,49
Custo do MAP ($\text{R\$ ha}^{-1}$)	0,00	3245,90	6491,80	9737,70
Custo Total ($\text{R\$ ha}^{-1}$)	14664,06	18059,96	21455,86	24851,76
Produtividade (t ha^{-1})	35,09	35,78	38,75	44,38
Receita Bruta ($\text{R\$ ha}^{-1}$)	50526,72	51528,96	55801,44	63901,44
Receita Líquida ($\text{R\$ ha}^{-1}$)	35862,66	33469,00	34345,58	39049,68
Índice de Lucratividade (%)	70,97	64,95	61,55	61,11

Os valores de receita líquida e índice de lucratividade positivos mostram que a produção de cebola juntamente com a fertirrigação fosfatada é uma atividade agrícola economicamente viável e que sua produção de cebola proporciona lucratividade ao agricultor. Os resultados corroboram com Bapari et al. (2016) que ao realizarem pesquisa com 100 agricultores em Bangladesh na Índia, objetivando analisar economicamente a produção de cebola nesse país, concluíram que a produção de cebola foi lucrativa na área de estudo.

4 CONCLUSÕES

Para as cultivares Soberana e Optima nos dois anos de cultivo, o incremento das doses de fósforo influencia de forma crescente a produtividade total e comercial de bulbos, a massa média de bulbos comerciais e teor de matéria seca de bulbos comerciais.

A classificação comercial de bulbos não é influenciada pela adubação fosfatada.

A fertirrigação fosfatada por gotejamento na cultura da cebola, adotando-se a dose de 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para as cultivares Soberana e Optima, é uma técnica economicamente viável, proporcionando a obtenção de maior produtividade comercial e maior renda líquida.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDISSA, Y.; TEKALIGN, T.; PANT, L. M. Growth, bulb yield and quality of onion (*Allium cepa* L.) as influenced by nitrogen and phosphorus fertilization on vertisol I. growth attributes, biomass production and bulb yield. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 14, p. 3252-3258, 2011.

ALIYU, U.; MAGAJI, M. D.; SINGH, A.; MOHAMMED S. G. Growth and yield of onion (*Allium cepa* L.) as influenced by nitrogen and phosphorus levels. **International Journal of Agricultural Research**, v. 2, n. 11, p. 937-944. 2007.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (Org.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, SBCS, v. 1, p.253-280, 2006.

ARAUJO JLP; LIMA JRF; CORREIA, RC; YURI JE. Avaliação dos custos de produção e viabilidade econômica da exploração da cebola no vale do Submédio São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. Anais... Viçosa: ABH, p. 276-284, 2011.

ALVES, E.; SOUZA, G. S.; ROCHA, D. P. Lucratividade na agricultura. **Revista de Política Agrícola**, v. 21, n. 2, p. 45-63, 2012.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

ASSEFA, G.; GIMA, S.; LAMESA, K. Effect of nitrogen and phosphorus fertilizer rates on yield and yield components of Shallot (*Allium cepa* L) at Gemechis and Daro Labu Districts, West Hararghe Zone. **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**, v.6, n.24, 2016.

BARRETO, H. B. F. **Produtividade e qualidade da cebola sob níveis de irrigação por gotejamento e doses de potássio**. 2015. 77 p. Tese (Doutorado em Recursos hídricos em sistemas agrícolas). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

BEKELE, M. MOHAMMED, A.; NEBIYU, A. Quality and Storage Life of Onion (*Allium cepa* L.) as Influenced by Applications of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Fertilizer, at Jimma, South Western Ethiopia. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 8, n. 22, p. 31-44, 2018.

BISCARO, G. A.; OLIVEIRA, A. C. de. Fertirrigação. In: BISCARO, G. A. (Org.). **Sistema de irrigação localizada**, Dourados: UFGD, p. 69-108, 2014.

BISCARO, G. A.; MISSIO, C.; MOTOMIYA, A. V. de A.; GOMES, E. P; TAKARA, J. G.; SILVEIRA, B. L. R. Produtividade e análise econômica da cultura do espinafre em função de níveis de fertirrigação nitrogenada. *Irriga*, v. 18, n. 4, p. 587-596, 2013.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Abastecimento e Reforma Agrária**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1995. 1 set. Seção 1, 8 p.

BAPARI, Y.; CHOWDHURY, K. I.; HAQUE, E.; AL-MAMUN, A. Economic Analysis of Onion Production in Sujanagar and Santhia Areas of Pabna, Bangladesh. **International Journal of Humanities and Social Science Invention**, v. 5, n. 10, p. 05-12, 2016.

CARVALHO, C de; KIST, B. B. **Anuário brasileiro de hortaliças 2017**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2016. 56 p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Boletim Hortigranjeiro. **B. Hortigranjeiro**, v. 4, n. 12, 2018. 74 p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Prohort - Programa brasileiro de Modernização do Mercado Hortigranjeiro**, 2017 Disponível em: www.conab.gov.br/info-agro/hortigranjeiros-prohort. Acesso em: 28 de novembro 2018.

Conab - Companhia Nacional de Abastecimento. **Prohort - Programa brasileiro de Modernização do Mercado Hortigranjeiro**, 2016. Disponível em: www.conab.gov.br/ultimas-noticias/2579-boletim-prohort-mostra-que-tomate-e-a-hortalica-com-maior-alta-de-precos. Acesso em: 28 de novembro 2018.

COSTA, N. D.; RESENDE, G. M. de; ARAUJO, J. F.; SANTOS, C. A. F.; LIMA, M. A. C.; CANDEIA, J. C.; BANDEIRA, G. R. L. Resposta de cultivares de cebola (*Allium cepa* L.) a doses de fósforo em cultivo orgânico no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 3428- 3432, 2009.

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

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FERREIRA, D.F. **SISVAR Versão 5.3**. Lavras: Departamento de Ciências Exatas, UFLA, 2010.

FERREIRA, S. M. R. Classificação de produtos de origem vegetal. **Visão Acadêmica**. Curitiba, PR, v. 6, n. 1, 2005.

FILGUEIRA, F. A. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna para a produção de hortaliças. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2007. 421 p.

GHAFFOOR, A.; JILANI, M. S.; KHALIQ, G.; WASEEM, K. Effect of different NPK levels on the growth and yield of three onion (*Allium cepa* L.) varieties. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 2, n. 3, p. 342-346, 2003.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola: Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil, dezembro de 2017. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro, v. 30, n.12, 2017. 82 p.

JAT, R. A.; WANI, S. P.; SAHRAWAT, K. L.; SINGH, P.; DHAKA, B. L. Fertigation in vegetable crops for higher productivity and resource use efficiency. **Indian Journal of Fertilizer**, v.7, n.3, p. 22-37, 2011.

KURTZ, C., ERNANI, P. R.; COIMBRA, J. L. M.; PETRY, E. Rendimento e conservação de cebola alterados pela dose e parcelamento de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 865-876, 2012.

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

MARQUELLI, A. W.; VIDIGAL, S. M.; COSTA, É; L. da. Irrigação e fertirrigação na cultura da cebola. In: SOUZA et al., (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em frutíferas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 585 - 608, 2011.

MESSELE, B. Effects of nitrogen and phosphorus rates on growth, yield, and quality of Onion (*Allium cepa* L.) at menschen für menschen demonstration Site, Harar, Ethiopia. **Agricultural Research and Technology**, v 1, n. 3, p. 1-8, 2016.

NOVO Jr, J. **Desempenho da cebola fertirrigada em função da adubação fosfatada**. 2014. 57 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação. Mossoró, 2014.

NOVO Jr., J.; RIBEIRO, R. M. P.; CHAVES, A. P.; SOUSA, V. F. L.; GRANGEIRO, L. C.; NEGREIROS, M. Z.; MARROCOS, S. T. P.; RODRIGUES, G. S. O. Effect of phosphorus fertilization on yield and quality of onion bulbs. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 45, p. 4594-4599, 2016.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, European Union, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

PORTO, D. R. DE Q.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MAY, A.; VARGAS, P. F. Acúmulo de macronutrientes pela cultivar de cebola “Superex” estabelecida por semeadura direta. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 949-955, 2007.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba - SP: International Plant Nutrition Institute, 2011, 420p.

RESENDE, G. M. de; COSTA, N. D. Uso do fosfato natural como fonte de fósforo na produtividade de cultivares de cebola em cultivo orgânico no Vale do São Francisco. **Engenharia Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 14-24, 2016.

RESENDE, G. M; COSTA, N. D.; YURI, J. E. Efeito de doses de fósforo na produtividade e armazenamento pós-colheita de dois cultivares de cebola. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n.2, p. 249-255, 2016

RODRIGUES, G. S. O. **Produtividade e qualidade de cebola em função de doses de nitrogênio e épocas de plantio**. 2014. 65f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2014.

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. de. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

SATPUTE, S. T.; SINGH, M.; KHANNA, M.; SINGH, A. K.; AHMAD, T. Response of drip irrigated onion crop to irrigation intervals and fertigation strategies. **Indian Journal of Horticulture**, v. 70, n. 2, p. 293-295, 2013.

SCHONINGER, E. L.; GATIBONI, L. G.; ERNANI, P. R. **Fertilização com fosfato natural e cinética de absorção de fósforo de soja e plantas de cobertura do cerrado**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 34, n. 1, p. 95-106, 2013.

SILVA, E. C.; ASSIS, R.J.; SOUZA, R. J.; ARAÚJO, J. C. Exigências climáticas da cebola. In: SOUZA, R. J. de; ASSIS, R. P. de; ARAÚJO, J. C. de. (Eds.). **Cultura da cebola: tecnologias de produção e comercialização**. Lavras: Editora UFLA, p. 141-1148, 2015.

SILVA, L. L. **Desempenho agrônomo e qualidade pós-colheita de cultivares de cebola sob níveis de adubação fosfatada em Dianópolis - TO**. 2015. 74 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2015

SILVA, L. L.; TAVARES, A. T.; NASCIMENTO, I. R.; MILHOMEM, K. K. B.; SANTOS, J. L. Crescimento vegetativo e teor de fósforo em cultivares de cebola. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v.10, n.3 p.7-14, 2017.

SIMON, T.; TORA, M.; SHUMBULO, A.; URKATO, S. The Effect of Variety, Nitrogen and Phosphorous Fertilization on Growth and Bulb Yield of Onion (*Allium Cepa* L.) at Wolaïta, Southern Ethiopia. **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**, v. 4, n. 11, p. 89-96. 2014.

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**, v. 22, n. 1, p. 18-22, 2004.

SOUZA, R.J.; RESENDE, G.M. **Cultura da cebola**. Lavras: UFLA, 2002. 115p. (Textos Acadêmicos - Olericultura, 21).

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª Edição, Porto Alegre: Artmed, 2013, 918p.

TEKALIGN T, ABDISSA Y, PANT LM Growth, bulb yield and quality of onion (*Allium cepa* L.) as influenced by nitrogen and phosphorus fertilization on vertisol. II: Bulb quality and storability. **African Journal of Agricultural Research**, v. 7, p. 5980-5985, 2012.

VIDIGAL, S. M.; MOREIRA, M. A.; PEREIRA, P. R. G. Crescimento e absorção de nutrientes pela planta cebola cultivada no verão por semeadura direta e por transplantio de mudas. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 1, p. 59-70, 2010.

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

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

VILLAS BOAS, G.L. Sistema de Produção de cebola (*Allium cepa* L.): **Manejo Integrado de Pragas**. Embrapa Hortaliças. Sistema de Produção, v. 5, 2004.

WEINGARTNER, S.; GATIBONI, L. C.; DALL'ORSOLETTA, D. J.; KURTZ C.; MUSSI, M. Rendimento de cebola em função da dose e do modo de aplicação de fósforo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 1, p. 23-29, 2018.

ZANINI, J. Z., BARRETO, A. K. G., FORATTO, L. C., NATALE, W. Distribuição de fósforo no bulbo molhado, aplicado via fertirrigação por gotejamento com ácido fosfórico. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.1, p.180-193, 2007.

CAPÍTULO 2

Pós-colheita de cultivares de cebola em função da fertirrigação fosfatada

RESUMO - Objetivou-se, com este estudo, avaliar a influência de doses de fósforo aplicadas via fertirrigação sobre a qualidade e conservação pós-colheita de duas cultivares de cebola, irrigadas por gotejamento. O experimento foi conduzido em 2017, na Universidade Federal da Grande Dourados, em Dourados-MS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcela subsubdividida com quatro repetições. Nas parcelas, os tratamentos foram quatro doses de fósforo (0, 150, 300, 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅), sendo 0, 50, 100 e 150% da adubação fosfatada recomendada. Nas subparcelas, os tratamentos foram duas cultivares de cebola, Soberana e a Optima. Nas subsubparcelas, o tratamento foi o tempo de avaliação, constituído de dias após cura. As doses foram aplicadas via fertirrigação e parceladas aos 15, 45, 65 e 85 dias após transplante das mudas, tendo como fonte, o fosfato monoamônico. A colheita foi realizada aos 107 dias após transplante, seguida por um período de cura de 15 dias. Foram avaliados o teor de sólido solúvel total (°Brix), o pH, a acidez total titulável (% de ácido pirúvico) e perda de massa de bulbos (%). A perda de massa de bulbo foi crescente com relação aos dias após cura, tendo a cultivar Optima apresentado menores perdas de massa, durante o período de armazenamento. A conservação pós-colheita de bulbos de cebola não foi influenciada pela fertirrigação fosfatada. A qualidade pós-colheita de bulbos de cebola foi influenciada pela adubação fosfatada, via fertirrigação por gotejamento. A cultivar Soberana apresenta os maiores valores de pH, de acidez total titulável e de sólidos solúveis totais, sendo a última característica um indicativo positivo para um bom desempenho dessa cultivar para a industrialização.

Palavras-chave: *Allium cepa* L.; perda de massa; acidez titulável; sólidos solúveis; armazenamento.

Chapter 2

Post-harvest of onion cultivars as a function of phosphate fertirrigation

Abstract – The objective of this study was to evaluate the influence of phosphorus doses applied by fertigation on the quality and post-harvest conservation of two onion cultivars, irrigated by drip irrigation. The experiment was conducted in 2017, at the Federal University of Grande Dourados, in Dourados-MS. Experimental design was in randomized blocks in a sub - divided plot scheme with four replications. In the plots, the treatments were four doses of phosphorus (0, 150, 300, 450 kg ha⁻¹ of P₂O₅), being 0, 50, 100 and 150% of the recommended phosphate fertilization. In the subplots, the treatments were two cultivars of onion, Soberana and Optima. In sub-subplots, the treatment was the evaluation time, consisting of days after cure. The doses were applied via fertigation and parceled at 15, 45, 65 and 85 days after transplanting of the seedlings, with monoammonium phosphate as the source. Harvesting was performed 107 days after transplantation, followed by a 15 day cure period. The total soluble solids content (°Brix), pH, titratable total acidity (% of pyruvic acid) and loss of bulb mass (%) were evaluated. The loss of bulb mass increased with respect to the days after curing, and the Optima cultivar showed lower mass losses during the storage period. Post-harvest conservation of onion bulbs was not influenced by phosphate fertigation. Post-harvest quality of onion bulbs was influenced by phosphate fertilization via drip fertigation. The Soberana cultivar has the highest values of pH, titratable total acidity and total soluble solids, the latter being a positive indication for a good performance of this cultivar for industrialization.

Keywords: *Allium cepa* L .; weight loss; titratable acidity; soluble solids; storage.

1. INTRODUÇÃO

O consumo da cebola (*Allium cepa* L.) tem aumentado, tanto na forma *in natura* como processada, e cada vez mais o mercado consumidor torna-se exigente quanto à obtenção de produtos com qualidade. A qualidade de bulbos está diretamente ligada a aparência externa, tamanho do bulbo, cor, aroma, sabor firmeza e composição química (RODRIGUES et al. 2015).

Segundo Chitarra e Chitarra (2005) entre as características físicas e químicas utilizadas para avaliar a qualidade pós-colheita de hortaliças, destacam-se os atributos perda de massa fresca, cor, firmeza, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, pungência e pH.

A acidez total titulável, relacionada com os teores de ácidos orgânicos presentes no suco ou polpa é uma característica comum na avaliação da qualidade pós-colheita das hortaliças. O pH é um indicativo de sabor de uma hortaliça. A capacidade-tampão de alguns sucos permite que ocorram grandes variações na acidez titulável, sem variações apreciáveis no pH. Contudo, numa faixa de concentração de ácidos entre 2,5 e 0,5%, o pH aumenta com a redução da acidez (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Tais atributos dos bulbos de cebola são determinados, em parte pelo genótipo (FINGER, CASALI, 2002) e influenciados por fatores como manejo cultural, época de plantio, condições climáticas e fertilidade do solo.

De acordo com Filgueira (2007) apesar do fósforo ser o quarto nutriente em ordem de extração pela cebola, o fósforo (como fosfato, PO_4^{3-}) é constituinte de compostos importantes das células vegetais, incluindo ácidos nucleicos, coenzimas, fosfato, intermediários da respiração e fotossíntese, nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (como ATP) e no DNA e RNA, bem como os fosfolípidos que compõem as membranas vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O fósforo quando aplicado em doses adequadas oferece respostas substanciais, em produtividade e aumento do peso do bulbo (FILGUEIRA, 2007), na formação das raízes e na precocidade no ciclo (MALAVOLTA, 2006), e qualidade do bulbo (CECÍLIO FILHO et al., 2015). Com relação à resposta da cultura da cebola a adubação fosfatada, Silva (2015) verificou em cultivares de cebola incremento no teor de acidez total titulável e sólidos solúveis totais em função das doses crescentes de adubação fosfatada, e redução dos valores pH, com o acréscimo de fósforo. Novo Júnior et al. (2016) não encontraram efeito da adubação fosfatada, via fertirrigação, nas características de qualidade de bulbos de cebola.

Com relação às perdas de massa pós-colheita Chitarra e Chitarra (2005) citam que a deterioração no armazenamento ocorre pelas condições inadequadas do ambiente, em que a temperatura e umidade regulam as perdas de umidade, interferindo nas características qualitativas e quantitativas das hortaliças. Em trabalhos realizados por Melo et al. (2012), Muniz et al (2012), Kandil, Sharief e Fathalla (2013), Vilas Boas et al. (2016) e Resende, Costa e Yuri (2016) verificaram perda de massa de bulbos ao longo do período de armazenamento. Segundo Resende et al. (2010), o período de armazenamento dos bulbos depende, além das condições ambientais impostas, de fatores inerentes a cultivar utilizada. Desta forma, o uso de cultivares adequadas pode maximizar o período de comercialização desta hortaliça.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a influência de doses de fósforo aplicadas, via fertirrigação, sobre a qualidade e conservação pós-colheita de duas cultivares de cebola, irrigadas por gotejamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado de junho a outubro de 2017 na área de Irrigação e Drenagem, da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados-MS, cujas coordenadas geográficas são 22° 11'45" S e 54°55'18" W, com altitude média de 446 m. O clima da região é do tipo Aw, com inverno seco, precipitação média anual de 1500 mm e temperatura média de 22°C (ALVARES et al., 2013). O solo da área experimental é classificado com Latossolo Vermelho Distroférrico com textura muito argilosa (SANTOS et al., 2013).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida com quatro repetições. Nas parcelas, os tratamentos foram quatro doses de fósforo (0, 150, 300, 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅), sendo elas constituídas de 0, 50, 100 e 150% da adubação fosfatada recomendada para a produção de cebola por Filgueira (2007). Nas subparcelas, os tratamentos foram duas cultivares de cebola, Soberana e a Optima. Nas subsubparcelas, o tratamento foi o tempo de avaliação, constituído de dias após cura. As doses de P₂O₅ foram aplicadas via fertirrigação, por gotejamento, e parceladas em quatro aplicações, sendo aos 15, 45, 65 e 85 dias após o transplante (DAT), tendo como fonte, o fosfato monoamônico (MAP) (61% de P₂O₅ e 12% de N).

Seguindo a recomendação de Filgueira (2007), efetuou-se o fornecimento de nitrogênio (100 kg ha⁻¹ de N) usado como fonte a Ureia (45% de N), aplicado aos 20, 40, 65 e 75 DAT, sendo que as doses foram ajustadas ao fornecimento de nitrogênio advindo do MAP; aos 60 e 80 DAT realizou-se a aplicação de Bórax (10% B), como fonte de boro (B), com fornecimento de 4 kg ha⁻¹ B; ambas aplicações foram realizadas via fertirrigação, por gotejamento.

As parcelas experimentais tiveram dimensões de 1,00 m de largura por 7,00 m de comprimento (7,00 m²). Foram utilizadas três linhas de plantas, espaçadas de 0,33 m entre si e 0,10 m entre plantas, totalizando 210 plantas por parcela. Foram consideradas úteis as plantas da linha central e descartadas, nestas linhas, duas plantas no início e duas no final (parcela útil de 6,2 m², contendo 62 plantas, subparcela útil de 1,023 m², contendo 31 plantas). Desta forma, obteve-se uma população média de 240.000 plantas ha⁻¹.

As mudas de cebola foram obtidas por semeadura em bandejas de poliestireno expandido com 288 células, utilizando-se o substrato comercial Carolina®. As mudas foram conduzidas em local coberto sob estrutura revestida com tela de nylon preta conhecida como Sombrite® com nível de 70% de luminosidade, nas dependências da Universidade Federal da

Grande Dourados; o manejo da irrigação foi realizado diariamente, através de irrigação manual, utilizando-se um regador. Aos 30 dias após a semeadura (DAS), no dia 26 de junho de 2017, as mudas apresentavam 2 folhas definidas e o transplante foi feito de forma manual em covas de 0,05 x 0,05 m em canteiros

O controle de plantas invasoras foi realizado manualmente com capinas semanais. O manejo fitossanitário foi efetuado com monitoramento diário de insetos praga associados a cultura da cebola. Aos 15, 30 e 45 DAT foram realizadas pulverizações, utilizando-se óleo de Nim (*Azadiracta indica*) e aos 20 e 40 DAT, aplicou-se calda sulfocálcica, ambas destinadas ao controle de insetos, como a vaquinha (*Diabrotica speciosa*) e o grilo (*Gryllus assimilis*).

Aos 15 DAT realizou-se uma aplicação do inseticida comercial Dominador, composto pelo princípio ativo Deltametrina, na dose de 90 ml ha⁻¹, para o controle da praga identificada como Lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*). Além do controle químico, realizou-se o controle manual, com catação e esmagamento de insetos, em monitoramento diário.

O sistema de irrigação empregado foi por gotejamento, com mangueira gotejadora da marca Petrodrip®, modelo Manari, com espaçamento de 20 cm entre emissores, vazão de 1,5 L h⁻¹, com pressão de serviço de 10 mca, sendo instalada uma linha de irrigação para cada linha de cultivo. O sistema de irrigação foi instalado três dias antes do transplante.

O manejo da irrigação foi realizado com base no estado hídrico do solo, utilizando o aparelho eletrônico “Hidrofarm” (modelo HFM2010), que permite a medição da umidade volumétrica do solo através de uma medida eletromagnética denominada de impedância do solo em alta frequência, que é proporcional a umidade. Assim, a leitura da umidade atual do solo em questão era feita em intervalos de um dia e a irrigação realizada no período matutino, conforme a média indicada pelos quatro sensores instalados na área experimental. A lâmina total de água (precipitação pluviométrica + irrigação) fornecida foi de 984,82 mm, com precipitação pluviométrica equivalente a 69,05 mm.

A colheita foi realizada manualmente aos 107 DAT, quando mais de 60% das plantas se encontravam estaladas (VIDIGAL; MOREIRA; PEREIRA, 2010), isto é, com o pseudocaule completamente prostrado sobre o solo. Após a colheita, as plantas foram mantidas ao sol durante três dias para o processo de cura, e, posteriormente, as plantas foram levadas até um galpão ventilado, onde permaneceram doze dias para a cura à sombra.

Decorrido o período completo de cura (quinze dias) fez-se a toalete, que consistiu na retirada das raízes e folhas das plantas, procedendo-se, a cada 15 dias após cura (DAC), à avaliação das características de qualidade e conservação pós-colheita, através das seguintes variáveis:

Determinação do pH: amostras contendo três bulbos por tratamento foram trituradas em multiprocessador doméstico e filtradas em funil utilizando papel filtro para a extração do suco. Para a determinação do pH utilizou-se potenciômetro digital de bancada imerso no suco.

Sólidos solúveis totais (SST): foi determinado diretamente do suco, com refratômetro analógico, com o valor para 25°C. Os valores de sólidos solúveis totais foram expressos em °Brix (AOAC, 2005).

Acidez total titulável: utilizou-se uma alíquota de 5 mL de suco, o qual foi adicionado 45 mL de água destilada e duas gotas de fenolftaleína alcoólica a 1%. Em seguida procedeu-se a titulação com solução de NaOH 0,1N até o ponto de viragem, onde considerou-se que todo o ácido pirúvico, ácido orgânico predominante em cebolas, tenha sido titulado. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido pirúvico presente no suco.

Perda de massa de bulbo: avaliação da conservação pós-colheita foi realizada com base na perda de massa de bulbos comerciais, após o período de cura os bulbos comerciais foram armazenados em galpão sob temperatura ambiente e pesados aos 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAC, sendo os valores comparados àqueles obtidos ao final da cura (15 dias após colheita). Os valores foram transformados em porcentagem de perda de massa.

Os dados amostrados foram submetidos à análise de variância, com a realização do teste F, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey e estudo de regressão a 5% de probabilidade. As análises foram efetuadas, utilizando-se o programa computacional Sisvar, versão 5.3. (FERREIRA, 2010). Os dados referentes à perda de massa de bulbo durante o armazenamento, expressos em porcentagem, foram transformados em arco-seno $P/100$ para efeitos de análise, sendo apresentados nos resultados as médias originais.

Os efeitos da interação tripla entre dose de fósforo, cultivar e dias após a cura quando significativos foram estudados mediante superfície de resposta para as características avaliadas. Os processamentos das análises foram feitos no software SAS versão 9.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da conservação pós-colheita foi representada pela perda de massa de bulbos. De acordo com a análise de variância (Quadro 1), verificou-se que a perda de massa de bulbos foi, significativamente, afetada pelo fator cultivar, dias após cura e interação entre cultivar e dias após cura ($p \leq 0,05$).

Quadro 1. Resumo da análise de variância referente a perda de massa de bulbos de duas cultivares de cebola, avaliadas em função de doses de fósforo aplicadas via fertirrigação. Dourados, MS, 2017.

FV	GL	Quadrado médio
Bloco	3	0,000 ^{ns}
Dose (P)	3	0,003 ^{ns}
Resíduo (1)	9	0,002
Cultivar	1	0,016*
Dose (P) x Cultivar	3	0,008 ^{ns}
Resíduo (2)	12	0,001
Dias após cura	6	0,217*
Dose (P) x Dias após cura	18	0,000 ^{ns}
Cultivar x Dias após cura	6	0,001*
Dose (P) x Cultivar x Dias após cura	18	0,000 ^{ns}
Resíduo (3)	144	0,000
CV (%) 1		29,390
CV (%) 2		24,940
CV (%) 3		7,540

*significativo a 5% pelo teste F; ns: não significativo.

A interação entre os fatores cultivar e dias após cura mostrou resposta linear crescente com nível de significância de 5%, indicando haver um acréscimo na perda de massa de bulbos à medida que se aumentaram os dias após cura, e observa-se que 98% das variações ocorridas na perda de massa, em função dos dias após cura, são explicadas pela regressão linear, para ambas as cultivares (Figura 1). 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 (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A perda de massa de bulbo para a cultivar Optima foi significativamente menor, quando comparada a cultivar Soberana, aos 45, 50, 75, 90 e 105 dias após cura ($p \leq 0,05$). Desta forma, as perdas de massa de bulbo foram na ordem de 1,28; 2,54; 3,82; 4,66; 5,43 e 6,33% referente aos 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após cura, respectivamente, para a cultivar Soberana. E verificou-se valores de perda de massa de bulbos na proporção de 1,12; 2,24;

3,00; 3,64; 4,30 e 5,03% nos dias 30, 45, 60, 75, 90 e 105 após a cura, respectivamente, para a cultivar Optima (Figura 1).

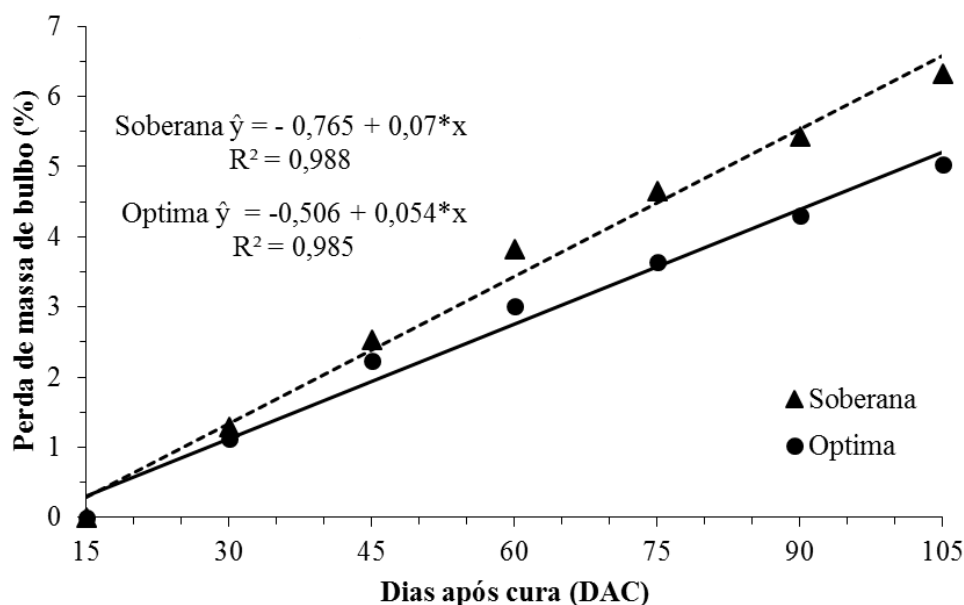


Figura 1. Perda de massa de bulbo (%) de duas cultivares de cebola em função dos dias após cura. Dourados, MS, 2017.

Os resultados corroboram com Muniz et al. (2012) em trabalho avaliando a conservação pós-colheita de cultivares de cebola, concluíram que a perda de massa foi progressiva com o aumento dos dias de armazenamento e dependente de cada cultivar, sendo que, aos sessenta dias após cura a perda de massa de bulbo foi de 2% para a cultivar Optima e de 3% para a cultivar CNPH 6400. A cultivar Optima conservou melhor as características qualitativas (perda de massa fresca) podendo, assim, ser armazenada por períodos maiores.

Kandil, Sharief e Fathalla (2013) avaliaram o efeito da adubação mineral no rendimento e qualidade de três cultivares de cebola nas condições agroclimáticas do Egito. Os autores verificaram que os dias após a cura influenciaram a perda de massa de bulbos de cebola armazenados em temperatura ambiente. A proporção de perda foi de 2,15; 6,45; 15,25; 22,66 e 27,80% em relação a 30, 60, 90, 120 e 150 dias após a cura, respectivamente.

Vilas Boas et al. (2016) em estudo de conservação pós-colheita de cebola cultivadas em Latossolo Vermelho Distroférico, textura muito argilosa, verificaram interação entre os fatores (cultivares versus dias após cura) e também encontraram aumento linear de perda de massa de bulbos durante o período de armazenamento sob temperatura ambiente, na cultivar Optima, atingindo 5% no 90 dia após a colheita.

Maior conservação pós-colheita tem relevante importância por ocasião da comercialização do produto, que apresenta grandes variações de preços, em curtos períodos de tempo. O produtor, em função do conhecimento das perdas de massa da cebola, poderá alcançar melhores cotações de preços e incrementar ou maximizar seus lucros, em função da volatilidade do mercado ceboleiro (RESENDE; COSTA; YURI, 2016).

Verifica-se diferença significativa ($p \leq 0,05$) para o pH, os sólidos solúveis totais e a acidez total titulável com relação ao fator dose de fósforo, cultivar, dias após cura e interação tripla entre os fatores. A interação dose de fósforo versus dias após cura foi significativa ($p \leq 0,05$) sobre o pH e os sólidos solúveis totais. Já a interação entre cultivar e dias após cura mostrou efeito significativo ($p \leq 0,05$) sobre o pH e a acidez total titulável (Quadro 2).

Quadro 2. Resumo da análise de variância referente ao pH, acidez total titulável e sólidos solúveis totais de duas cultivares de cebola, avaliadas em duas épocas de cultivo, em função de doses de fósforo aplicadas via fertirrigação. Dourados, MS, 2017.

FV	GL	Quadrado Médio		
		pH	SST (°Brix)	AAT (% de ác. pirúvico)
Bloco	3	0,000 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Dose (P)	3	0,001*	1,400*	0,001*
Resíduo (1)	9	0,000	0,019	0,000
Cultivar	1	0,014*	1,036*	0,028*
Dose (P) x Cultivar	3	0,000 ^{ns}	0,040 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Resíduo (2)	12	0,000	0,029	0,000
Dias após cura	5	0,022*	1,683*	0,022*
Dose (P) x Dias após cura	15	0,000*	0,012*	0,000 ^{ns}
Cultivar x Dias após cura	5	0,000*	0,005 ^{ns}	0,000*
Dose (P) x Cultivar x Dias após cura	15	0,000*	0,006*	0,000*
Resíduo (3)	120	0,000	0,002	0,000
Média Geral		5,015	7,822	0,351
CV (%) 1		0,17	1,76	3,16
CV (%) 2		0,25	2,21	4,98
CV (%) 3		0,12	0,69	1,88

*significativo a 5% pelo teste F; ns: não significativo.

Pelo modelo de superfície de resposta, no início dos dias após cura, verifica-se que o pH foi influenciado positivamente em função do incremento de doses de fósforo para a cultivar Soberana, e o oposto foi constatado para a cultivar Optima, sendo que o fornecimento de níveis crescentes de fertirrigação fosfatada, reduziu o pH (Figura 2).

O maior valor de pH (5,05) na cultivar Soberana ocorreu com a maior dose de fósforo em detrimento ao menor valor (4,97) em relação a dose zero de adubação fosfatada. Ao

contrário, a maior quantidade de fósforo aplicada na cultivar Optima (450 kg ha^{-1} de P_2O_5) reduziu o pH para 5,03 e o maior valor de pH foi obtido sem adição de fósforo, com valor de 5,06.

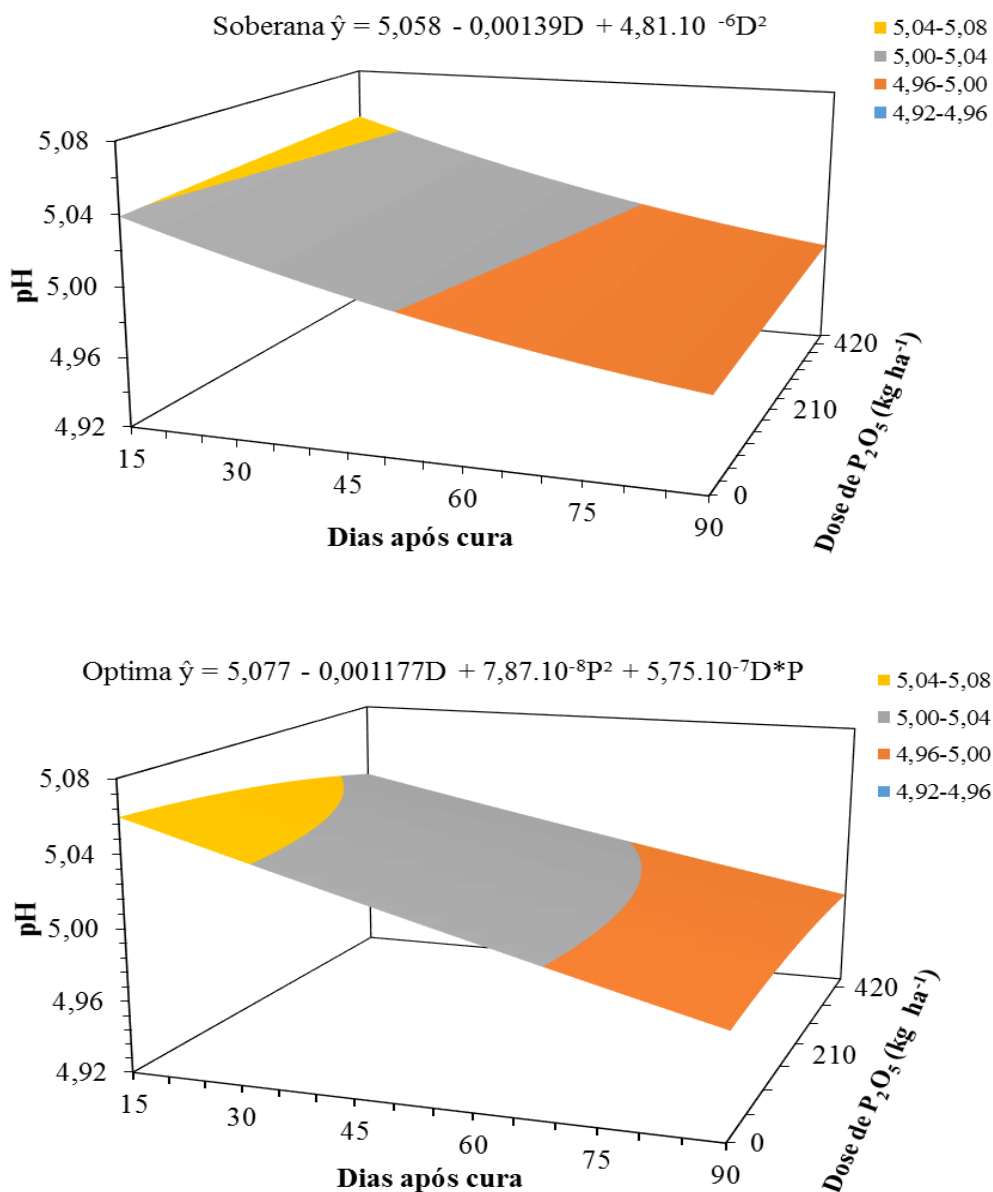


Figura 2. Representação gráfica da superfície de resposta do pH, em função dos dias após cura e doses de fósforo (kg ha^{-1}) para o cultivo da cultivares Soberana e Optima.

Silva (2015) em trabalho para avaliar a qualidade pós-colheita em cultivares de cebola, sob níveis de adubação fosfatada (0; 100; 200; 300 e 400 kg ha^{-1} de P_2O_5) em Dianópolis, região sudeste do Tocantins, relata que as cultivares Primavera e Red Creole

apresentaram redução do pH quando se aumentou o nível de adubação fosfatada, concluindo que as cultivares tiveram os valores de pH influenciados pelos níveis de adubação fosfatada.

Novo Júnior et al. (2016) afirmam que características de qualidade de bulbos de cebola, entre essas o pH, não tiveram influência significativa em relação às doses de fósforo, sendo que os valores de pH variaram entre 5,46 a 5,48 para as doses de zero e 168,75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (máxima), respectivamente.

Em ambas as cultivares, o tempo de armazenamento (dias após cura) acarretou uma redução dos valores de pH em associação com todas as doses de fósforo (Figura 2).

A fertirrigação fosfatada aumentou a acidez total titulável em ambas cultivares de cebola. Os valores mais expressivos foram obtidos da cultivar Soberana que variou de 0,35% de ácido pirúvico (sem adição de fósforo) até 0,37% de ácido pirúvico (dose máxima de fósforo). A cultivar Optima apresentou teor de acidez total titulável na ordem de 0,35% de ácido pirúvico na dose de 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em detrimento a 0,33% de ácido pirúvico sem adição de fósforo (Figura 3).

Os resultados corroboram com Silva (2015) que relata maiores teores de acidez total titulável em cultivares de cebola em função de níveis crescentes de fósforo. A cultivar Baia Periforme teve os valores de acidez total variando entre 0,446% a 0,478%, enquanto a cultivar Red Creole apresentou teores entre 0,395% a 0,495%, respectivamente, em doses de zero e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Os resultados alcançados divergem dos encontrados por Novo Junior et al. (2016) ao analisaram as características de qualidade de bulbos de cebola em função de doses de fósforo (0; 33,75; 67,50; 101,25; 135,00 e 168,75 kg ha⁻¹ de P₂O₅), aplicadas via fertirrigação, pois não obtiveram resposta significativa com a fertilização fosfatada em relação a acidez total titulável, em condições locais de Mossoró-RN, Brasil.

No período em que os bulbos de cebola foram armazenados ocorreu uma diminuição dos teores de acidez total titulável em ambas cultivares (Figura 3). Segundo Chitarra e Chitarra (2005), com o amadurecimento as hortaliças perdem rapidamente a acidez, e este atributo de qualidade pode ser utilizado, em conjunto com os sólidos solúveis, como ponto do grau de maturação.

Considerando o período de avaliação quinzenal, o teor da acidez total titulável cultivar Soberana foi de 0,40%; 0,38%; 0,36%; 0,35%; 0,34% e 0,33% de ácido pirúvico, enquanto para a cultivar Optima os valores foram na ordem de 0,37%; 0,35%; 0,34%; 0,32%; 0,31% e 0,30% de ácido pirúvico, respectivamente, nos dias 15, 30, 45, 60, 75 e 90 de armazenamento (Figura 3).

A redução da acidez total titulável foi semelhante àquela encontrada por Muniz et al. (2012) onde houve redução da acidez total durante todo o armazenamento. Após 60 dias de armazenamento, a ATT foi 35% maior em cebolas CNPH 6400 em relação às cebolas Óptima. Importante ressaltar ainda que, ao final do armazenamento, a perda de acidez titulável total para a cv. CNPH 6400 foi de 28%, enquanto que para a cv. Óptima foi de 14%.

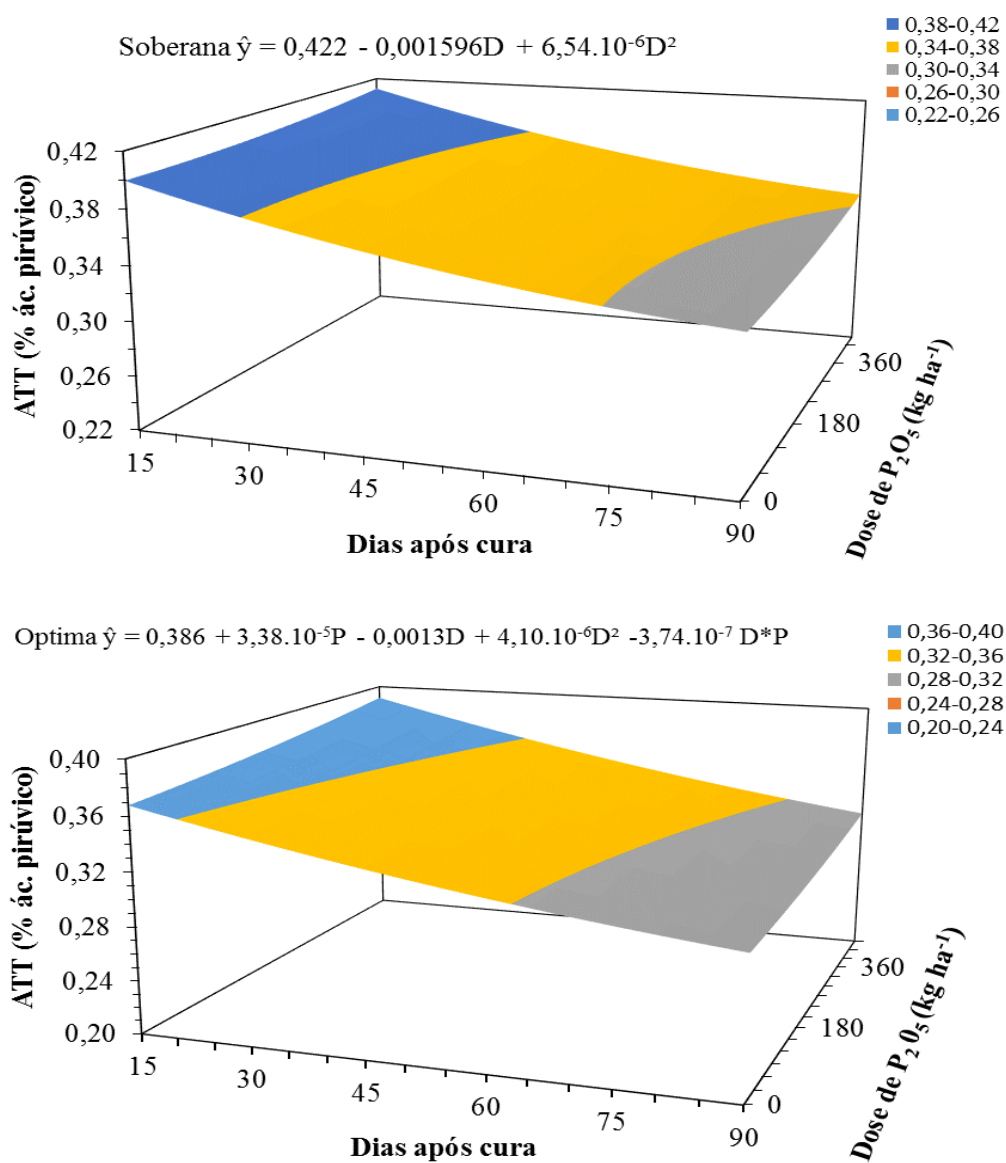


Figura 3. Representação gráfica da superfície de resposta da acidez total titulável (ATT % de ácido pirúvico), em função dos dias após cura e doses de fósforo ($kg\ ha^{-1}$) para o cultivo das cultivares Soberana e Optima.

Observa-se, na Figura 4, que com o aumento das doses de fósforo os valores de sólidos solúveis totais foram incrementados em ambas cultivares. As doses de 0, 150, 300 e

450 kg ha⁻¹ de P₂O₅, proporcionaram um acréscimo na ordem de 7,74; 7,82; 7,93 e 8,09 °Brix, respectivamente, para a cultivar Soberana. Visto que a cultivar Optima obteve valores de 7,59; 7,61; 7,75 e 8,0 °Brix, respectivamente, nas doses de 0, 50, 300 e 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Os resultados encontrados nesse trabalho discordam dos descobertos por Novo Júnior (2016), que ao avaliar a qualidade de bulbos de cebola em função da adubação fosfatada, não observaram diferenças significativas nos sólidos solúveis totais com o aumento de doses de fósforo e estão de acordo com Silva (2015), no qual verificaram que o incremento dos valores de sólidos solúveis totais foi satisfatório com o aumento das doses de fósforo, sendo que a cultivar Baia Periforme apresentou aumento linear do °Brix em resposta aos níveis de adubação fosfatada, entre 7,45 e 8,89 °Brix.

Bekele, Mohammed e Nebiyu (2018) em trabalho avaliando a qualidade e conservação pós-colheita de cebola em função de três níveis de fósforo (0, 46 e 92 kg ha⁻¹ P₂O₅) no sudoeste da Etiópia, observaram efeito significativo de fósforo para sólidos solúveis totais, com maior valor (11,67 °Brix) registrado na aplicação de 92 kg ha⁻¹ P₂O₅, enquanto o valor mínimo (8,08 °Brix) foi registrado nos tratamentos sem adição de fosforo.

Segundo Chitarra e 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, vitaminas, pectinas, ácidos orgânicos, e variáveis com a espécie, a cultivar, o estágio de maturação e o clima, situando-se entre 2 a 25 % °Brix, com valores médios entre 8 a 14 % °Brix.

Uma tendência de redução dos sólidos solúveis totais foi observada em ambas as cultivares, durante os 90 dias de armazenamento (Figura 4). Os valores de sólidos solúveis totais para a cultivar Soberana foram de 8,15; 8,05; 7,93; 7,81; 7,69 e 7,58 °Brix, respectivamente, aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias de armazenamento. Já a cultivar Optima, apresentou valores de 8,05; 7,89; 7,44; 7,62; 7,51 e 7,41 °Brix, respectivamente, aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias de armazenamento.

Os resultados corroboram com Muniz et al. (2012) em pesquisa para caracterização física e química de cultivares de cebola, mostrou que houve diminuição dos sólidos solúveis totais durante os 60 dias de armazenamento, e foram observados teores menores de SST para a cultivar CNPH 6400 (16 °Brix) do que para a cultivar Optima (12 °Brix) em relação ao início do armazenamento. Respostas semelhantes foram encontradas por Melo et al. (2012).

Segundo Beerli, Vilas Boas e Piccoli (2004), a redução do teor de sólidos solúveis totais durante o armazenamento ocorre, provavelmente, devido ao consumo de substratos no metabolismo respiratório, sendo característica de reações catabólicas de senescência. Para

Granjeiro et al. (2008), o alto teor de sólidos solúveis totais está ligado à boa qualidade de armazenamento.

Os sólidos solúveis totais foram menores na cultivar Optima em relação a cultivar Soberana. Chitarra e Chitarra (2005) afirmam que as variações nos teores sólidos solúveis totais de numa mesma espécie são decorrentes de fatores diversos com cultivares, tipo de solo, condições climáticas e práticas culturais. Segundo Botrel, Maldonade e Oliveira (2015) o teor de sólidos solúveis em cebola pode variar de 5 a 20 °Brix. Portanto, os resultados obtidos, nesse trabalho, encontram-se nessa faixa.

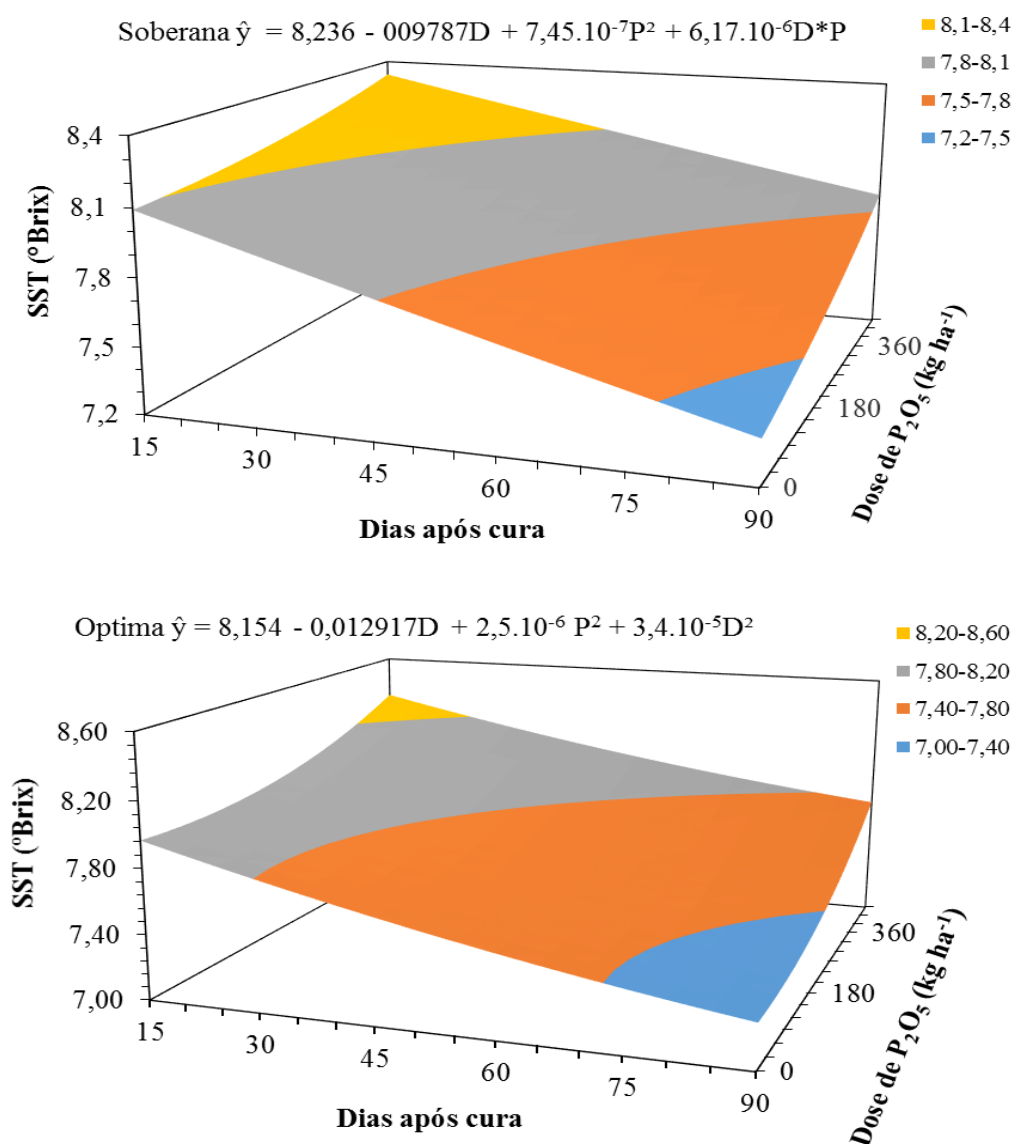


Figura 4. Representação gráfica da superfície de resposta de sólidos solúveis totais (SST °Brix) em função dos dias após cura e doses de fósforo (kg ha^{-1}) para o cultivo das cultivares Soberana e Optima.

A indústria utiliza, como medida de rendimento industrial, o índice obtido pelo produto da produção (toneladas de bulbos) pela porcentagem de sólidos totais. Esse índice permite a indicação de cultivares que satisfaçam às exigências do agricultor (alta produtividade) e indústria (teor alto de sólidos solúveis totais) (BOTREL; MALDONADE; OLIVEIRA, 2015).

4. CONCLUSÕES

A conservação pós-colheita não é influenciada pela fertirrigação fosfatada.

A qualidade pós-colheita de bulbos de cebola é influenciada pela adubação fosfatada, via fertirrigação, por gotejamento.

A cultivar Soberana apresenta os maiores valores de pH, de acidez total titulável e de sólidos solúveis totais, sendo a última característica um indicativo positivo para um bom desempenho dessa cultivar para industrialização.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC, Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 18^o Ed. Gaithersburg, Maryland, 1298 p., 2005.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

BEERLI, K.M.C.; VILAS BOAS, E.V. DE B. E PICCOLI, R.H. Influência de sanificantes nas características microbiológicas, físicas e físico-químicas de cebola (*Allium cepa* L.) minimamente processada. **Revista Ciência Agrotecnologia**, v. 28, n. 1, p. 107-112, 2004.

BEKELE, M. MOHAMMED, A.; NEBIYU, A. Quality and Storage Life of Onion (*Allium cepa* L.) as Influenced by Applications of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Fertilizer, at Jimma, South Western Ethiopia. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 8, n. 22, p. 31-44, 2018.

BOTREL, N.; MALDONADE, I. R.; OLIVEIRA, V. R. Colheita, comercialização e pós - colheita de cebola. In: SOUZA, R. J. de; ASSIS, R. P. de; ARAÚJO, J. C. de. (Eds.). **Cultura da cebola: tecnologias de produção e comercialização**. Lavras: Editora UFLA, p. 337-370, 2015.

CECÍLIO FILHO, A. B; MAY, A.; GRANGEIRO, L. C.; RESENDE, G. M. de; RESENDE, B. L. A.; VIDIGIL, S. M. Nutrição mineral, calagem e adubação em cebola. In: SOUZA, R. J. de; ASSIS, R. P. de; ARAÚJO, J. C. de. (Eds.). **Cultura da cebola: tecnologias de produção e comercialização**. Lavras: Editora UFLA, p. 148-183, 2015.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. Lavras: UFLA, 785 p., 2005.

FERREIRA, D.F. **SISVAR Versão 5.3**. Lavras: Departamento de Ciências Exatas, UFLA, 2010.

FILGUEIRA, F. A. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna para a produção de hortaliças**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2007. 421 p.

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

GRANGEIRO, L.C.; SOUZA, J. DE O.; AROUCHA, E.M.M.; NUNES, G.H. DE SOUSA. E SANTOS, G.M. Características Qualitativas de Genótipos de Cebola. **Revista Ciência Agrotécnica**, v. 32, n. 4, p. 1087-1091, 2008.

KANDIL, A. A., SHARIEF, A. E.; FATHALLA, F. H. Effect of organic and mineral fertilizers on vegetative growth, bulb yield and quality of onion cultivars. **Journal of Crop Production**, v. 2, n. 3, p. 91-100, 2013.

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

MELO, C. O.; MORETTI, C. L.; MACHADO, C. M. M.; MATTOS, L. M.; MUNIZ, LIDIANE BATISTA. Alterações físicas e químicas em cebolas armazenadas sob refrigeração. **Ciência Rural**, v.42, n.11, p.2078-2084, 2012.

MUNIZ, L. B.; MORETTI, C. L.; MATTOS, L. M.; CARVALHO, P. G. B. DE; MELO, CLENEIDE OLIVEIRA. Caracterização física e química de duas cultivares de cebola armazenadas sob refrigeração. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 261-273, 2012.

NOVO Jr., J.; RIBEIRO, R. M. P.; CHAVES, A. P.; SOUSA, V. F. L.; GRANGEIRO, L. C.; NEGREIROS, M. Z.; MARROCOS, S. T. P.; RODRIGUES, G. S. O. Effect of phosphorus fertilization on yield and quality of onion bulbs. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 45, p. 4594-4599, 2016.

RESENDE, G. M; COSTA, N. D.; YURI, J. E. Efeito de doses de fósforo na produtividade e armazenamento pós-colheita de dois cultivares de cebola. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n.2, p. 249-255, 2016

RESENDE, J. T. V. de; MARCHESE, A.; CAMARGO, L. K. P.; MARODIN, J. C.; CAMARGO, C. K.; MORALES, R. G. F. Produtividade e qualidade pós-colheita de cultivares de cebola em sistemas de cultivo orgânico e convencional. **Bragantia**, v.69, n.2, p.305-311, 2010

RODRIGUES, G. S. de O.; GRANGEIRO, L. C.; NEGREIROS, M. Z. de; SILVA, A. C. da; NOVO JÚNIOR, J. Qualidade de cebola em função de doses de nitrogênio e épocas de plantio. **Revista Caatinga**, v. 28, n 3, p. 239-247, 2015.

SAS Institute Inc. **Statistical Analysis System user's guide**. Version 9.0. Cary, Statistical Analysis System Institute. 2000. 513p.

SILVA, L. L. **Desempenho agronômico e qualidade pós-colheita de cultivares de cebola sob níveis de adubação fosfatada em Dianópolis – TO**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2015, 74 p.

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. de. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5º Edição, Porto Alegre: Artmed, 2013, 918p.

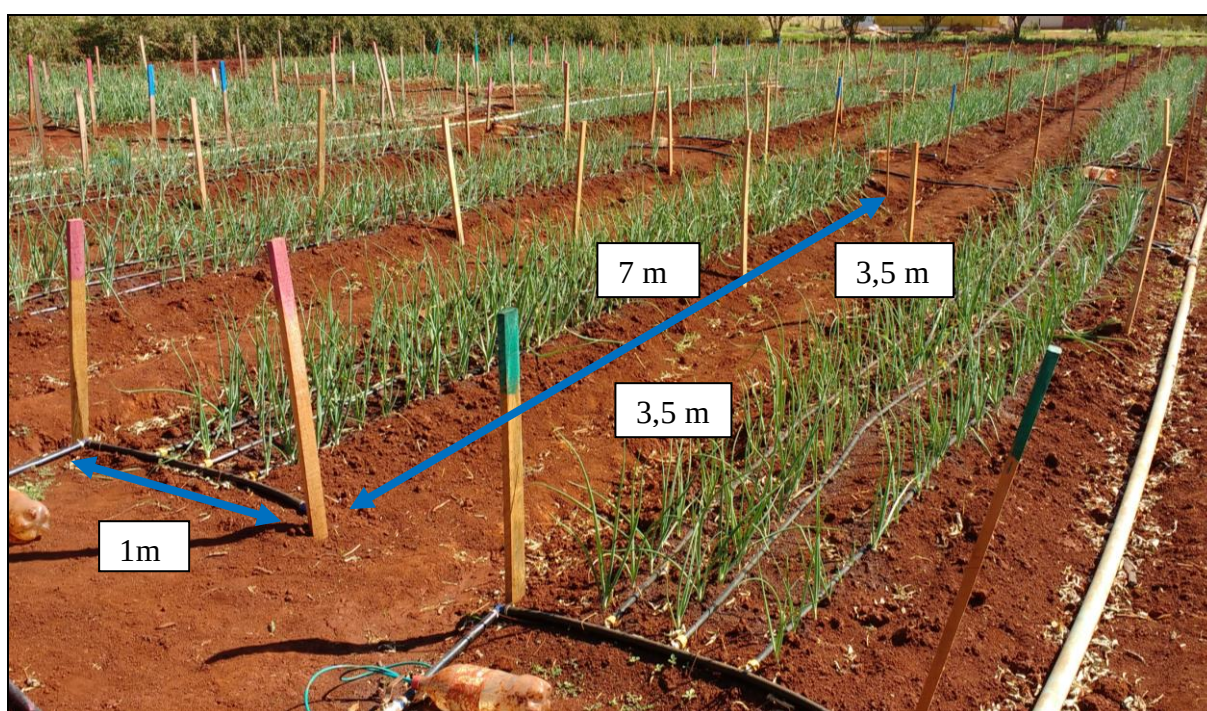
VIDIGAL, S. M.; MOREIRA, M. A.; PEREIRA, P. R. G. Crescimento e absorção de nutrientes pela planta cebola cultivada no verão por semeadura direta e por transplanto de mudas. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 1, 2010.

VILAS BOAS, R. C; PEREIRA, G. M.; LIMA JUNIOR, J. A. de; OLIVEIRA NETO, C. F.; SILVA, A. L. P. Produção e pós-colheita de duas cultivares de cebola em função da água no solo. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 697-710, 2016.

ANEXOS



Anexo 1. Visão geral do experimento na área de Irrigação e Drenagem na UFGD. Dourados/MS, FCA - UFGD 2016/2017.



Anexo 2. Detalhe de uma parcela experimental. Dourados/MS, FCA - UFGD, 2016/2017.



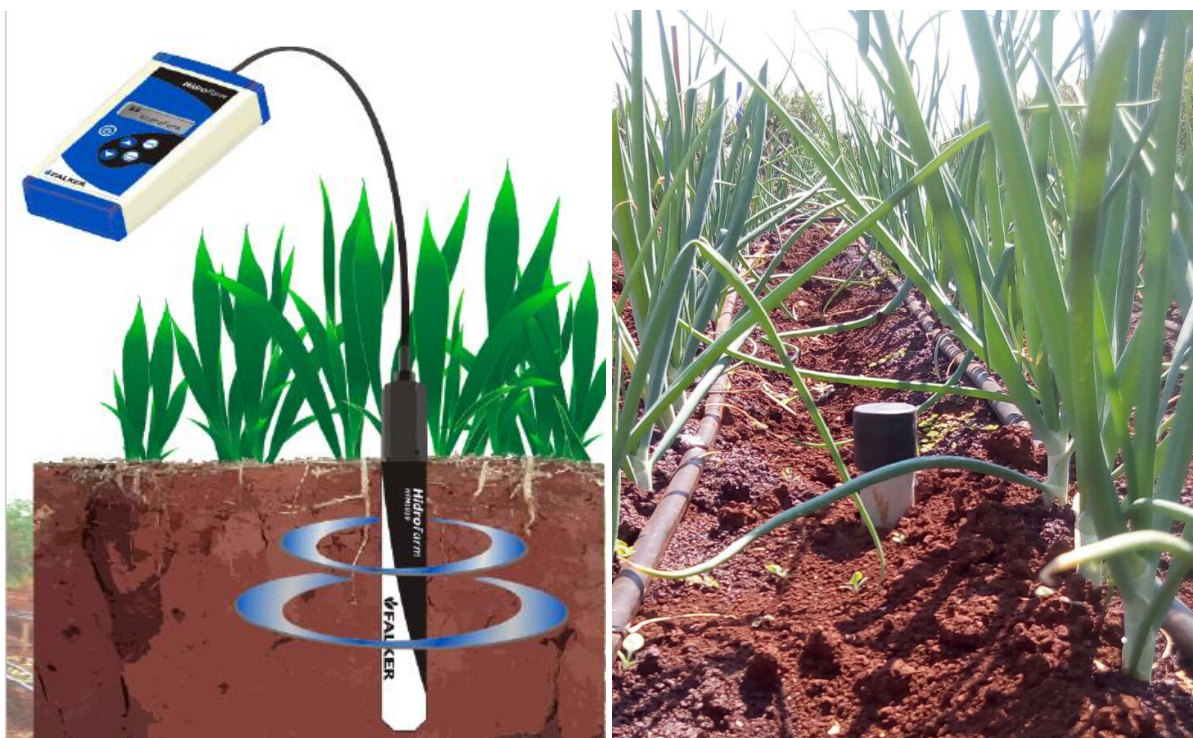
Anexo 3. Produção e condução de mudas de duas cultivares híbridas de cebola (Soberana F1 e Optima F1) em casa de vegetação. Dourados/MS, FCA - UFGD, 2016/2017



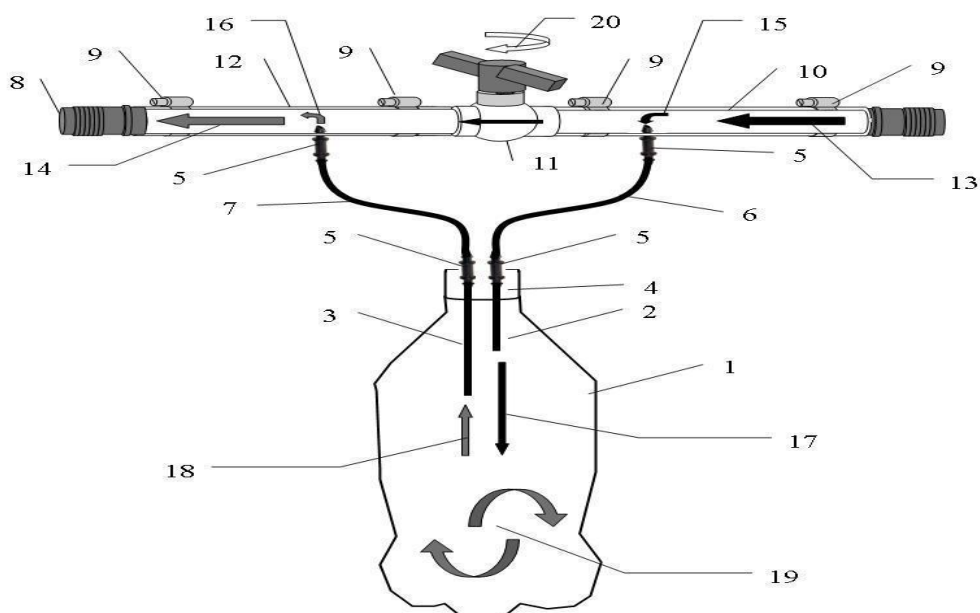
Anexo 4. Mudanças de duas cultivares híbridas de cebola (Soberana F1 e Optima F1) aos 2 DAT em canteiros na área de Irrigação e Drenagem na UFGD. Dourados/MS, FCA - UFGD, 2016/2017.



Anexo 5. Sistema de irrigação localizada por gotejamento superficial. Área de Irrigação e Drenagem, da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), UFGD, Dourados/MS 2016.



Anexo 6. Aparelho eletrônico “Hidrofarm” (modelo HFM2010) e sensor (A). (Fonte: Manual Eletrônico de umidade do solo, 2010). Uma unidade do sensor instalada no campo (B). Dourados/MS, FCA - UFGD, 2016/2017.



Anexo 7. Sistema de fertirrigação por diferencial de pressão. Denominado de FertPet. (Fonte: Arquivo Pessoal Prof. Dr. Guilherme Biscaro).



Anexo 8. Sistema de fertirrigação na área experimental. Visão das parcelas com sistema FertPET individual e sem contaminação das parcelas adjacentes. Dourados/MS, FCA - UFGD, 2016/2017



Anexo 9. Plantas de cebola, cultivar Soberana F1, aos 68 DAT. Dourados/MS, FCA - UFGD, 2016/2017



Anexo 10. Maturação e ponto de Colheita de bulbos de cebola. Tombamento de plantas (estalo) da parte aérea sobre o solo. Dourados/MS, FCA - UFGD, 2016/2017.



Anexo 11. Período de cura de bulbos de cebola no campo, por 3 dias. Dourados/MS. FCA - UFGD, 2016/2017



Anexo 12. Período de cura de bulbos de cebola em galpão ventilado, por 12 dias. Dourados/MS. FCA - UFGD, 2016/2017