

REGINALDO MIRANDA DE OLIVEIRA

**FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO, ABSORÇÃO DE FÓSFORO E POPULAÇÃO  
DE PLANTAS NA CULTURA DO MILHO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2019

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

O48f  
2019  
Oliveira, Reginaldo Miranda de, 1981-  
Frequência de irrigação, absorção de fósforo e população de  
plantas na cultura do milho / Reginaldo Miranda de Oliveira. –  
Viçosa, MG, 2019.  
ix, 67f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Rubens Alves de Oliveira.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.59-67.

1. Milho - Irrigação. 2. Plantas - Nutrição. 3. Densidade.  
4. Milho - Efeito do Fósforo. 5. Absorção mineral (Plantas).  
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia  
Agrícola. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.  
II. Título.

CDD 22 ed. 633.1587

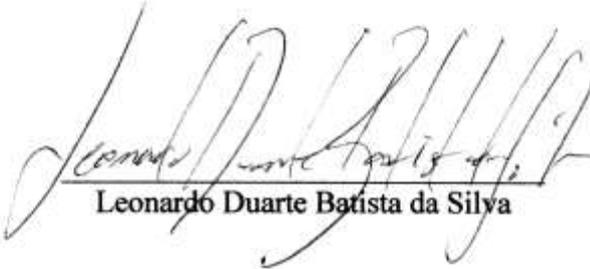
REGINALDO MIRANDA DE OLIVEIRA

**FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO, ABSORÇÃO DE FÓSFORO E POPULAÇÃO  
DE PLANTAS NA CULTURA DO MILHO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

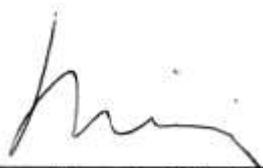
APROVADA: 29 de março de 2019.

  
\_\_\_\_\_  
Donizete dos Reis Pereira

  
\_\_\_\_\_  
Leonardo Duarte Batista da Silva

  
\_\_\_\_\_  
Paulo Roberto Cecon  
(Coorientador)

  
\_\_\_\_\_  
João Carlos Cardoso Galvão  
(Coorientador)

  
\_\_\_\_\_  
Rubens Alves de Oliveira  
(Orientador)

Aos meus pais LEÔNCIO e IRACILDA

... a quem **DEDICO** e **OFEREÇO**, com muita satisfação, esta realização.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença constante em minha vida.

À minha família, pelo carinho, dedicação, confiança, conselhos e apoio infinito.

Aos meus irmãos, Ednaldo, Leonardo e Leandro, pela torcida.

À minha Namorada Margareth, pela dedicação, paciência e apoio incondicional.

Ao meu avô Pedro e à minha avó Palmerinda, pelos ensinamentos, incentivo, dedicação e apoio incondicional.

Aos meus tios Genilton e Janeth, Edimilson e Eliane, pelo lar que me concederam e por me acolherem como filho; e aos meus primos Lucas e Gabriel, e minhas primas Bárbara e Bruna, por me receberem como irmão.

À Universidade Federal de Viçosa, por meio do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do Curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Rubens Alves de Oliveira, pela oportunidade de realizar este trabalho, pela amizade, confiança e orientação.

Aos professores conselheiros Paulo Roberto Cecon, João Carlos Cardoso Galvão, Júlio Cesar Lima Neves e Suely de Fátima pela atenção, orientação, assistência e esclarecimentos durante o trabalho.

Ao meu amigo Roberto Milagres, pela grande amizade e pela contribuição profissional.

Aos estudantes da Pós-Graduação Job, Luan Peroni e Enoque.

Aos estagiários Fernanda, Pedro, Maria Eloísa, João Lucas, Maltoni, Lívia, Prince, pelo companheirismo, responsabilidade e valiosa ajuda em campo.

A todos os meus amigos do Departamento de Engenharia Agrícola, por, de alguma forma, terem contribuído para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

REGINALDO MIRANDA DE OLIVEIRA, filho de Leôncio Bento de Oliveira e Iracilda Miranda de Oliveira, nasceu em Mantena, MG, em 24 de dezembro de 1981.

Em março de 2006, ingressou no Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, concluindo-o em novembro de 2012. Durante a graduação, foi bolsista de extensão por dois anos consecutivos, pelo Programa PIBEX.

Em novembro de 2012, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Engenharia Agrícola da UFV, na área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais, sob orientação do professor Rubens Alves de Oliveira, concluindo em fevereiro de 2015.

Em março de 2015, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Doutorado, em Engenharia Agrícola, na área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais, sob orientação do professor Rubens Alves de Oliveira, submetendo-se à defesa de tese em março de 2019.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
1. A cultura do milho .....	4
2. Fósforo .....	5
3. Eficiência do uso de fósforo .....	6
4. Irrigação .....	7
5. Evapotranspiração da cultura e frequência de irrigação .....	10
<b>CAPÍTULO 2 EFEITO DA FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO NA ABSORÇÃO DE FÓSFORO, NAS CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS E PRODUTIVAS DA CULTURA DO MILHO .....</b>	<b>14</b>
1. INTRODUÇÃO .....	15
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	17
2.1 Caracterização do experimento .....	17
2.1.1. Área experimental .....	17
2.1.2. Caracterização do solo .....	17
2.1.3. Instalação experimental .....	21
2.1.4. Descrição do equipamento de irrigação .....	23
2.1.5. Manejo da irrigação .....	23
2.1.6. Descrição dos estádios fenológicos .....	26
2.1.7. Descrição dos tratos culturais .....	26
2.1.8. Componentes e características de produção .....	27
Características de planta .....	27
Características da parte aérea .....	27
Características de espiga .....	28
Características de produtividade de grãos .....	28
2.1.9. Avaliação da utilização do fósforo .....	29
2.1.10. Análise estatística .....	29
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
3.1. Elementos meteorológicos .....	30
3.2. Características da planta .....	33
3.3. Características de espigas .....	37
3.4. Características de produção de grãos .....	41
3.5. Características de eficiência de utilização de fósforo .....	44
3.6. Efeitos da adubação na cultura do milho .....	49
4. CONCLUSÕES .....	58
5. REFERÊNCIAS .....	59

## RESUMO

OLIVEIRA, Reginaldo Miranda, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2019. **Frequência de irrigação, absorção de fósforo e população de plantas na cultura do milho.** Orientador: Rubens Alves de Oliveira. Corientadores: João Carlos Cardoso Galvão, Paulo Roberto Cecon, Júlio César Lima Neves e Suely de Fátima Ramos Silveira.

O milho (*Zea mays L*) é a segunda maior cultura em volume de produção do Brasil, sendo cultivado em duas safras anuais, em diversas condições ambientais e de manejo, utilizando cultivares com diferentes desempenhos. Além das condições climáticas, os manejos da adubação e da água influenciam na qualidade e na produtividade da cultura. A necessidade hídrica do milho depende do clima, do estágio fenológico da cultura, do espaçamento entre plantas, do índice de área foliar, das condições nutricionais e fitossanitárias, entre outros. O fósforo é o nutriente menos exigido na cultura do milho em termos de quantidade se comparado ao N e K, entretanto, é determinante na produção de grãos, além de que, o seu suprimento no solo promove o uso mais eficiente da água. Neste trabalho teve-se como objetivo avaliar o efeito da frequência de irrigação na absorção de fósforo, nas características biométricas e produtivas da cultura do milho. O experimento foi conduzido no ano agrícola 2017/2018, na área experimental da Universidade Federal de Viçosa, em Coimbra-MG. O sistema de cultivo adotado foi o plantio direto. Foi adotado o esquema de parcelas sub-subdivididas, tendo nas parcelas o turno de rega (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias), nas sub-parcelas duas populações de plantas (60.000 e 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>) e nas sub-subparcelas quatro doses de fósforo (0, 50, 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e em delineamento inteiramente ao acaso, com quatro repetições. A adubação fosfatada foi realizada com superfosfato triplo. As irrigações foram realizadas por um pivô central dotado de emissores do tipo i-Wobler, com vazão de 15,44 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> e coeficiente de uniformidade de aplicação de 93%. Os valores diários de evapotranspiração de referencia (ET<sub>0</sub>) foram calculados com aplicação da equação de Penman-Monteith FAO-56 usando dados de estação meteorológica automática e o programa computacional REF-ET. Foram avaliadas as características: conteúdo de fósforo absorvido, altura das plantas, diâmetro do colmo, altura de inserção de espiga, diâmetro de espigas, comprimento de espigas, números de fileiras de grãos por espiga, números de grãos por fileira, grãos por espiga, massa de mil grãos, produtividade, massa de matéria seca (caule e folha) e IC (índice de colheita). Observou-se que a frequência de irrigação de dois dias, na população de 80 mil plantas por hectare resultou

em maior conteúdo de fósforo nos grãos de milho nos tratamentos que receberam adubação fosfatada. No entanto, com a população de 60 mil plantas por hectare, o maior conteúdo de fósforo nos grãos ocorreu na frequência de irrigação de cinco dias. No plantio do milho com população de 80 mil plantas por hectare, o uso do turno de rega de dois dias resultou em maior produtividade, independente da dose de fósforo aplicada. Por outro lado, com população de 60 mil plantas por hectare, o efeito do turno de rega não foi bem evidenciado. A população de 80 mil plantas por hectare apresentou maiores alturas de plantas e de inserção de espigas, comparativamente à população de 60 mil plantas por hectare, independente do turno de rega adotado e da dose de fósforo aplicada. Por outro lado, a população de 60 mil apresentou maiores comprimentos de espigas, números de grãos na fileira, massa de 1.000 grãos e produtividade. Doses crescentes de fósforo, nos níveis estudados não influenciaram as características de produção. No entanto, foram afetadas as alturas de plantas, altura de inserção de espigas, conteúdo de fósforo nas folhas, no colmo, palha e sabugo e grãos na população de 60 mil plantas por hectare e, diâmetro de caule, conteúdo de fósforo nas folhas, caule, palha e sabugo e grãos na população de 80 mil plantas por hectare. Não foi evidenciado efeito da adubação fosfatada nas características produtivas estudadas: produtividade, índice de colheita, diâmetro de espigas, comprimento de espigas, número de fileiras de grãos, número de grãos na fileira, massa de 1.000 grãos.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Reginaldo Miranda, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2019. **Irrigation frequency, phosphorus absorption and plant population in maize crop.** Advisor: Rubens Alves de Oliveira. Co-advisors: João Carlos Cardoso Galvão, Paulo Roberto Cecon, Júlio Cesar Lima Neves and Suely de Fátima Ramos Silveira.

Maize (*Zea mays* L) is the second largest crop in the Brazilian production volume, being cultivated in two annual crops, under different environmental and management conditions, using cultivars with different performances. The climatic conditions, fertilizer and water management influence on crop quality and productivity. The maize water requirement depends on climate, crop stage, spacing between plants, leaf area index, nutritional and phytosanitary conditions and others factors. Phosphorus is the least required nutrient in maize crop, however, it is determinant in the production of grains, besides that, its soil supply promotes more efficient use of water. The objective of this work was to evaluate the effect of irrigation frequency on phosphorus absorption, on the biometric and productive characteristics of the maize crop. The experiment was conducted in the agricultural year 2017/2018, in experimental area Universidade Federal de Viçosa, in Coimbra-MG. The scheme of split-plots was adopted, with irrigation intervals (1, 2, 3, 4, 5, 6 and 7 days) in the plots, in the subplots two plant populations (60,000.00 and 80,000.00 plants ha<sup>-1</sup>) and in the sub-subplots four doses of phosphorus (0.50, 100 and 200 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) and in a randomized design with four replications. Phosphate fertilization was performed with triple superphosphate. The irrigations were performed by a central pivot equipped with i-Wobler emitters, with a flow rate of 15.44 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> and an application uniformity coefficient of 93%. The daily values of reference evapotranspiration (ET<sub>0</sub>) were calculated by Penman-Monteith FAO-56 equation using automatic meteorological station data and REF-ET software. The following traits were evaluated: content of absorbed phosphorus, plant height, stalk diameter, corn cob insertion height; number of grains per row, number of grains row per corn cob, grain per corn cob, mass of one thousand grains, yield, dry matter mass (stem, leaf and root) and harvest index. It was observed that irrigation frequency of two-day in population of 80,000 plants resulted in a higher phosphorus content in the corn grains in the treatments that received phosphate fertilization. However, with the population of 60,000 plants, the highest phosphorus content in the grains occurred at the irrigation frequency of five days. In planting corn with a population of 80,000 plants, the use of

the two day irrigation frequency resulted in higher productivity, regardless of the applied phosphorus dose. On the other hand, with a population of 60,000 plants, the effect of the irrigation frequency was not well evidenced. The population of 80,000 plants presented higher plant height and corn cob insertion, compared to the population of 60,000 plants, regardless adopted irrigation frequency and dose of phosphorus. On the other hand, the population of 60,000 plants showed higher corn cob lengths, numbers of grains in the row, mass of 1,000 grains and productivity. Increasing doses of phosphorus at the levels studied did not influence production characteristics. However, plant heights, corn cob insertion height, phosphorus content in leaves, stem, straw cob and grains in the population of 60,000 plants were affected, and stem diameter, phosphorus content in the leaves, stem, straw cob and grains in the population of 80,000 plants. No effect of phosphatic fertilization was observed on the productive characteristics studied: productivity, harvest index, corn cob diameter, corn cob length, number grains of rows, number of grains in the row, mass of 1,000 grains.

## INTRODUÇÃO GERAL

Para que a produção agrícola consiga suprir a demanda cada vez maior de alimentos sem agravar os problemas ambientais, é essencial a utilização dos recursos naturais existentes de forma racional e consciente. Acréscimos em produtividade de determinada cultura provêm da associação de fatores relevantes como manejo adequado da adubação e da irrigação. A irrigação visa suprir a demanda hídrica da cultura em situações adversas, enquanto que a adubação supre os elementos minerais necessários ao desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas. O manejo adequado dessas duas práticas é essencial pelo fato de propiciar a absorção de nutrientes em quantidades adequadas, resultando em maiores produtividades (MUMBACH et al., 2017).

Em termos globais, a falta de água é responsável pelas maiores perdas de produtividade das culturas (SOUZA e BARBOSA, 2015). A água constitui um dos elementos mais importantes para as culturas e seu suprimento deve ser adequado para o pleno desenvolvimento dos vegetais, uma vez que ela desempenha múltiplas funções na fisiologia das plantas, além do mais, praticamente todos os processos metabólicos são por ela influenciados (FANCELLI, 2015).

O milho é um dos cereais cultivados mais importantes no mundo. O rendimento de grãos, a composição química e o valor nutritivo deste cereal, o coloca em posição de grande relevância como constituinte da alimentação de seres humanos e animais. No Brasil, a cultura do milho apresenta uma grande importância agrícola, ocupando área de 15 milhões de hectares (COUTO et al., 2017). Além disto, as áreas destinadas ao cultivo de milho em território nacional contam com condições ambientais favoráveis, mas, em muitos casos, é necessária a adoção de práticas que visem contornar as limitações hídricas nas lavouras.

É importante considerar que a necessidade hídrica do milho depende de vários aspectos, destacando-se o clima, o estágio fenológico da cultura, o espaçamento entre plantas, o índice de área foliar, as condições nutricionais e fitossanitárias, entre outros. Embora, seja muito importante avaliar os efeitos da água durante todo o ciclo da cultura, diversos trabalhos focam em estudar períodos considerados críticos que, no caso do milho, coincidem com os estádios de emergência, florescimento e enchimento de grãos (FANCELLI, 2015, DOORENBOS e PRUIT, 1977; BERGAMASCHI et al., 2004).

Bergamaschi et al. (2004) constataram, que mesmo em anos climaticamente favoráveis, pode haver redução de rendimento se o déficit hídrico ocorrer nestes períodos.

O milho é relativamente tolerante ao déficit hídrico durante a estádio vegetativo, porém, demonstra extrema sensibilidade, com decréscimo no rendimento de grãos, se esse déficit ocorrer no estádio reprodutivo (SANTOS e CARLESSO, 1998), pois neste período estão sendo formados os componentes de rendimento (BERGAMASCHI et al., 2004) e de maior valor econômico.

Além do efeito direto da disponibilidade de água para as plantas, outros fatores aliados à irrigação contribuem com o aumento na produtividade da cultura, como o uso mais eficiente de fertilizantes, a possibilidade de emprego de uma maior densidade de plantio e a possibilidade de uso de variedades que respondem melhor à irrigação (ANDRADE et al., 2006).

O efeito da adubação na produtividade do milho é relatado por diversos autores (RESENDE et al., 2006; GUIMARÃES et al., 2011; CASTRO et al., 2016). Em condições adequadas de adubação, o suprimento de fósforo no solo promove o uso mais eficiente da água e, conseqüentemente, dos outros nutrientes (GUIMARÃES et al., 2011). Castro et al. (2016) salientam que o fósforo é o nutriente menos exigido na cultura do milho em termos de quantidade se comparado ao N e K, entretanto, determinante na produção de grãos. Por outro lado, a aplicação de doses crescentes de P proporciona maior produtividade total de grãos (RESENDE et al., 2006).

Tem sido relatada a existência de relação entre a demanda hídrica da cultura do milho e níveis de fósforo disponível no solo (COSTA et al., 2006, GUIMARÃES et al., 2011). Neste sentido, o estudo da influência da frequência de irrigação e doses de fósforo, visando a produção de grãos na cultura do milho, pode fornecer subsídios para a escolha da melhor forma de condução da lavoura e, conseqüentemente, contribuir para melhorar a eficiência na absorção deste nutriente. Além disto, o conhecimento da relação entre adubação com fósforo e demanda hídrica pode auxiliar na redução efetiva dos custos de produção da cultura.

**CAPÍTULO 1**  
**REFERENCIAL TEÓRICO**

## 1. A cultura do milho

O milho (*Zea mays L.*) é uma cultura de grande importância global, sendo no Brasil sua produção caracterizada pelo plantio em duas épocas: primeira safra ou safra de verão e segunda safra ou safrinha. Contudo, mesmo em condições climáticas desfavoráveis, a segunda safra tem apresentado rendimentos satisfatórios, devido ao aprimoramento e adaptações realizadas no sistema de cultivo do milho (SOUZA et al., 2015).

O milho safrinha é o de sequeiro, semeado entre os meses de janeiro e março, em sucessão à cultura de verão, que geralmente é a soja (DUARTE, 2015; CRUZ e PEREIRA FILHO, 2010) e tem se configurado como uma opção a mais ao agricultor; contribuindo para uma ampliação desse cultivo no Brasil (MANGILI e ELY, 2016).

Segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2015), o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, sendo este cultivado principalmente nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, tanto em primeira como em segunda safra. Segundo a CONAB (2016), as culturas de milho e soja, contribuem com cerca de 87% de toda a produção de grãos do país.

Na safra 2015/16, a produção de milho primeira safra ficou em torno de 27,7 milhões de toneladas, sendo que as regiões Sul e Sudeste representaram as maiores participações contribuindo com 44% e 27%, respectivamente, da produção nacional de primeira safra. Já na segunda safra ou a chamada “safrinha”, a produção ficou em torno de 54,5 milhões de toneladas, sendo a região Centro-Oeste a maior produtora do cereal, com uma área cultivada de 6,118 milhões de hectares. No total, a produção atingiu 82,2 milhões de toneladas em aproximadamente 15 milhões de hectares (CONAB, 2016).

De acordo com Soares et al. (2017), fatores como a disponibilidade hídrica, ciclo da cultura, espaçamento, época de semeadura, boas condições nutricionais e uma população de planta entre 30.000 a 90.000 plantas ha<sup>-1</sup> são essenciais para que a cultura do milho atinja seu potencial máximo de produção.

A cultura é muito sensível à variação na densidade de plantas. Para cada sistema de produção existe uma população que maximiza o rendimento de grãos (CRUZ et al., 2000). Isso se deve às plantas de milho possuírem pouco ou nenhum efeito compensatório quando se tem uma falha e/ou planta dupla, ou seja, uma planta não produzirá a mais por não ter outra competindo por espaço, por outro lado, duas plantas muito próximas não produzirão em dobro devido a competição por espaço.

O cultivo de milho em segunda safra vem ganhando destaque na agricultura brasileira devido à boa produtividade das lavouras no período de verão/outono. A produção deste cereal em segunda safra aumentou mais que a primeira safra devido à grande quantidade de recursos tecnológicos empregados. Recursos genético/biotecnológicos, sementes de alta qualidade, adubação e irrigação são altamente utilizados nessa cultura pois, em geral, os investimentos são recuperados na comercialização do grão com melhor preço na entressafra (LANDAU et al., 2015; CRUZ et al., 2015). Dessa forma, a produção que inicialmente era considerada safrinha (apenas para não deixar o terreno ocioso) tem superado expectativas e se tornado uma fonte de renda tão eficiente quanto as safras de primavera/verão.

## **2. Fósforo**

O fósforo é um nutriente de grande importância no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na fotossíntese, na respiração, no metabolismo de açúcares, na divisão celular, no alongamento das células e na expressão gênica. Seu suprimento adequado promove o uso mais eficiente da água e, conseqüentemente, dos outros nutrientes (GUIMARÃES et al., 2011).

O fósforo é um dos seis macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) de grande importância para o desenvolvimento das plantas, por estar envolvido em quase todos os processos metabólicos e sua deficiência acarreta alterações na morfologia, na fisiologia da planta, no transporte e na utilização interna de outros nutrientes (PARENTONI et al., 2011; PARENTONI, 2008).

Dentre os macronutrientes, o fósforo é exigido em menores quantidades pelas culturas; entretanto, grandes quantidades são utilizadas na adubação devido à sua alta capacidade de adsorção e sua baixa mobilidade no solo (ZANINI et al., 2007; COSTA et al., 2012).

A concentração de fósforo na planta é relativamente pequena, mas considerada importante (TARUMOTO, 2016) e sua deficiência no solo pode resultar em atraso na maturação, redução do desenvolvimento floral, baixa qualidade de sementes e decréscimo na produtividade (HYLAND et al., 2005), bem como sua disponibilidade em níveis ótimos propiciará desempenho favorável da cultura (CASTRO et al., 2016).

O fósforo é um elemento que causa grandes efeitos na produção da cultura do milho (RESENDE et al., 2006), além de interferir em diversas outras características da planta relacionadas ao crescimento e desenvolvimento, as quais, direta ou

indiretamente, afetam a produtividade de grãos da cultura. Uma das consequências do suprimento deficiente pode ser a redução tanto na respiração como na fotossíntese (MENDES, 2012).

Segundo Mendes (2012), em solos com baixa disponibilidade de P, as plantas desenvolvem diversas estratégias morfológicas, bioquímicas e simbióticas que aumentam a capacidade de aquisição e ou melhoram a eficiência de utilização interna desse nutriente. Portanto, uma estratégia utilizada para melhor entendimento da eficiência no uso deste nutriente é o estudo das características morfológicas e fisiológicas com indicadores de eficiência e de produtividade de grãos.

Segundo trabalhos de Lemos (2016), máximas produtividades do milho segunda safra foram de 8.248, 8.989 e 7.975 kg ha<sup>-1</sup>, para as doses de 400; 296 e 294 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> associado ao modo de aplicação em sulco duplo, sulco simples e lanço, respectivamente. Por outro lado Castro et al. (2016), em cultivo de sequeiro, encontraram que o aumento das doses de P aplicados a lanço proporcionaram acréscimos no número de grãos por espiga e massa de mil grãos, sendo a produtividade máxima obtida de 4,72 t ha<sup>-1</sup> com a dose de 94,2 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Mendes et al. (2016) relatam que a produtividade do milho é significativamente afetada pela adubação fosfatada aplicando MAP, aumentando de 5.736,6 kg ha<sup>-1</sup> para 8.730,8 kg ha<sup>-1</sup>, com aplicação de 0 e 104 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

### **3. Eficiência do uso de fósforo**

A eficiência nutricional de plantas pode ser definida para caracterizar plantas com base nos processos pelos quais absorvem, transportam, acumulam e utilizam os nutrientes. Portanto, está relacionada com a eficiência de absorção, translocação e utilização destes (AMARAL et al., 2011) para produzir matéria seca e ou grãos em condições de baixo ou alto suprimento do nutriente (PARENTONI, 2008), ou seja, expressa a relação entre a produção econômica obtida e os insumos aplicados.

A quantidade de nutriente absorvido varia de acordo com o requerimento nutricional interno na planta, que é dependente de dois componentes principais: a eficiência de aquisição e a eficiência de utilização. A aquisição está relacionada à eficiência de absorção e ao nível de enraizamento; já a eficiência de utilização dependente da eficiência de translocação e conversão em biomassa (BAILIAN et al., 1991). Neste contexto, a eficiência nutricional torna-se a quantidade de matéria seca ou

grãos produzidos por unidade de nutriente aplicado no solo (COOKE, 1987; FAGERIA, 1998; CARVALHO et al., 2012).

Israel e Rufty Júnior (1988) definem a eficiência nutricional como sendo a relação entre a biomassa total e a quantidade de nutriente absorvido. Já para Clark (1982), uma planta eficiente pode ser aquela que produz o maior peso seco total ou o maior peso seco da fração a ser colhida por unidade de nutriente absorvido, havendo dois aspectos principais a serem considerados: a eficiência com que as plantas recuperam os fertilizantes aplicados e a eficiência com a qual as plantas usam os elementos após a sua absorção. E ainda a eficiência de redistribuição interna deve ser considerada dependendo do nutriente avaliado (MOLL, KAMPRATH e JACKSON, 1982).

Para Martinez (2016), independente do conceito que se queira empregar, dois componentes têm de ser considerados na eficiência nutricional: “eficiência de aquisição”, representada pela quantidade absorvida e acumulada, e “eficiência de utilização”, que é a eficiência com que o nutriente adquirido é usado na produção de biomassa. Geralmente, quanto menor o suprimento, mais importante torna-se a eficiência de aquisição.

Outro conceito que pode ser utilizado na avaliação da eficiência de utilização de um nutriente é o coeficiente de utilização biológico (CUB). Basicamente o CUB corresponde ao inverso da concentração do nutriente no tecido analisado e quanto maior o CUB maior a eficiência de utilização (ALVES et al., 2017; LAFETÁ et al., 2018). Geralmente, maiores valores de CUB são obtidos em solos com baixa disponibilidade do nutriente justificando a importância de utilização de plantas mais eficientes em absorver e, ou, utilizar os nutrientes.

O CUB de fósforo em plantas de sorgo aumenta quando este nutriente não é aplicado no cultivo (SILVA, 1990), ou seja, as plantas utilizam o fósforo com maior eficiência quando este se encontra em menor disponibilidade no solo (CARVALHO et al., 2006).

#### **4. Irrigação**

A irrigação é uma prática agrícola que visa a aplicação artificial de água no solo de maneira eficiente, no momento certo e na quantidade adequada, de modo a atender às necessidades hídricas das culturas, com a finalidade de manter a umidade do solo em condições adequadas que favoreçam seu pleno desenvolvimento e, assim, evitar a

diminuição dos rendimentos provocada pela falta de água causada por insuficiência ou má distribuição das chuvas durante as etapas de desenvolvimento da planta (MARTINS et al., 2010).

O uso da irrigação tem contribuído significativamente para o aumento da produtividade agrícola, além da incorporação ao sistema produtivo de áreas cujo potencial para exploração da agricultura é limitado, em razão de seus regimes pluviais (SANTANA et al., 2007). Por outro lado, quando não manejada corretamente, ocasiona prejuízos dentre os quais se destacam a salinização dos solos, captação excessiva em mananciais e lixiviação de solutos.

O efeito da umidade do solo para a cultura do milho relaciona-se com a absorção de nutrientes. De acordo com Malavolta (1984), para que haja absorção de um elemento qualquer pela planta, a primeira condição é que se estabeleça o contato entre o mesmo e a raiz, podendo ocorrer por três processos: interceptação radicular, em que a raiz ao se desenvolver no solo encontra o elemento disponível; fluxo de massa, em que o elemento caminha pelo solo numa fase aquosa móvel (a solução do solo) e a difusão, processo no qual o elemento caminha numa fase aquosa estacionária, indo de uma região de maior concentração para outra de menor concentração.

De acordo com Costa et al. (2006), a difusão é o principal mecanismo de transporte do fósforo no solo e essa é influenciada por vários fatores, tais como: o conteúdo volumétrico de água no solo, a interação fósforo-colóides do solo, a distância a percorrer até as raízes, o teor do elemento e a temperatura no solo. Estes autores, ao avaliarem o efeito de diferentes níveis de umidade e de doses de fósforo sobre o fluxo difusivo em amostras de solo, concluíram que o fluxo difusivo apresenta influência tanto da umidade quanto das doses aplicadas.

Dominghetti et al. (2014), trabalhando com a cultura do café, consideraram a existência de maior absorção do fósforo em condição de maior disponibilidade de água no solo e, por se tratar de um elemento que é absorvido pelas plantas pelo processo de difusão, a umidade é de grande importância para que ele seja transportado até as raízes.

A baixa umidade afeta em muito o transporte de fósforo, ou seja, em condições de déficit hídrico, o baixo conteúdo volumétrico de água no solo altera o suprimento de fósforo às plantas. Existem evidências que o conteúdo de água do solo exerce grande influência sobre a difusão de fósforo, razão pela qual é importante o estudo, em conjunto, de doses de fósforo e irrigação na cultura do milho (COSTA et al., 2006).

As oscilações nas safras de milho das principais regiões produtoras do Brasil estão associadas à disponibilidade de água, sobretudo no período crítico da cultura, que vai do pendoamento ao início do enchimento de grãos (MATZENAUER, 1994; BERGONCI et al., 2001; BERGAMASCHI et al., 2004; BERGAMASCHI et al., 2006). Déficit hídricos expressivos afetam também a germinação e a emergência das plântulas (FANCELLI, 2015), reduzindo a população de plantas, enquanto que, durante o período vegetativo reduz o crescimento, em função de decréscimos da área foliar e da biomassa.

Segundo Taiz e Zeiger (2013), o déficit hídrico ou excesso de água acarreta diminuição da produtividade das plantas. Albuquerque (2010) salienta que a aplicação de pouca água na cultura pode ser considerada um desperdício, tendo em vista que a produção não alcançará o esperado, em contrapartida, quando aplicada em excesso é mais destrutiva, pois promove saturação do solo, o que impede a sua aeração, lixívia nutrientes, induz maior evaporação e salinização do solo. O que torna fundamental estudar as relações hídricas do sistema solo-planta-atmosfera para quantificar as necessidades hídricas das culturas durante o ciclo de desenvolvimento e, assim, fornecer de forma consciente quantidades adequadas de água para que as plantas possam se desenvolver de forma satisfatória, melhorando a qualidade de produção. Além de evitar desperdícios de água, o manejo da irrigação reduz custos (COÊLHO et al., 2014).

Para Martins et al. (2010), o déficit hídrico é o estresse ambiental que mais interfere no desenvolvimento das culturas agrícolas, em específico para a cultura do milho. O fator que mais influencia no rendimento de grãos é a disponibilidade de água, pois o déficit hídrico pode ocasionar perturbações fisiológicas e morfológicas que prejudicam o desenvolvimento. As respostas da produtividade podem ser maiores ou menores, de acordo com a época e intensidade do déficit (CUNHA; BERGAMASCHI, 1992). Quando o déficit ocorre no período compreendido entre os 3º e 5º estádios fenológicos (plantas com doze folhas e florescimento e polinização, respectivamente), ou seja, com 85 a 90% da área foliar e florescimento até o estágio de enchimento dos grãos, o potencial de produção e rendimento pode ser comprometido (FANCELLI; DOURADO NETO, 1996).

Oliveira (2014) salienta que o manejo adequado da irrigação consiste em determinar o momento de irrigar e o tempo de funcionamento do equipamento de irrigação, no caso de sistemas de irrigação por aspersão e localizada, ou a velocidade de deslocamento em sistemas mecanizados do tipo pivô central e linear. Em áreas irrigadas, o êxito da cultura está relacionado com o correto manejo da irrigação sendo

que a frequência de irrigação é dependente de características do solo, do clima e da planta.

A determinação do volume de água a ser aplicado na cultura pode ser feito com base na demanda da cultura. Esta demanda corresponde ao total de água perdida pela planta e pelo solo para a atmosfera ou seja, a evapotranspiração da cultura ( $ET_C$ ) e a sua quantificação definirá a lâmina líquida requerida.

## **5. Evapotranspiração da cultura e frequência de irrigação**

A evapotranspiração é a quantidade de água evaporada e transpirada por uma superfície vegetada, num determinado período. Inclui a evaporação da água do solo, da água depositada pela irrigação, pela chuva ou pelo orvalho na superfície das folhas, e a transpiração vegetal. Pode ser expressa em valores totais, médios ou diários, em volume por unidade de área ou lâmina de água (BERNARDO et al., 2008).

O processo de evapotranspiração é influenciado de forma conjunta pela ação dos elementos meteorológicos, radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar e velocidade do vento, assim como pelo grau de sombreamento do dossel e a quantidade de água disponível na superfície evaporante, além de fatores fisiológicos. No caso da transpiração, considera-se o conteúdo de água no solo, a condutividade hidráulica do solo para permitir o deslocamento desta água à região de maior concentração de raízes, as características da cultura, as práticas de cultivo, entre outros (ALLEN et al., 1998). As taxas de evaporação e evapotranspiração aumentam, geralmente, com a maior disponibilidade de energia solar, maior temperatura do ar e velocidade do vento e menor umidade relativa (DOORENBOS e PRUITT, 1977).

A estimativa da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) é fundamental no planejamento e no manejo da irrigação, uma vez que o seu valor é usado no cálculo da evapotranspiração da cultura ( $ET_C$ ). A estimativa da  $ET_C$  constitui o principal parâmetro a ser determinado num projeto de irrigação, para determinação da lâmina líquida requerida pela cultura (CARVALHO et al., 2011).

Os métodos mais utilizados na determinação da  $ET_0$  classificam-se em métodos diretos e indiretos. Entre os métodos diretos consideram-se o método dos lisímetros, o das parcelas experimentais e o de controle da umidade do solo; entre os métodos indiretos estão os evaporímetros e as equações baseadas em dados experimentais (BERNARDO et al., 2008). A escolha do método mais adequado dependerá da disponibilidade de dados meteorológicos, do nível de precisão exigido, da finalidade na

sua determinação (manejo da irrigação ou pesquisa) e do custo de aquisição de equipamentos.

Um dos métodos indiretos para estimativa da lâmina evapotranspirada é o de Penman-Monteith FAO 56. Segundo Allen et al. (1998), esse método inclui todos os parâmetros que governam a troca de energia e o correspondente fluxo de calor latente (evapotranspiração) para a vegetação uniforme e extensa. Estes autores recomendaram a adoção do modelo de Penman-Monteith como padrão de cálculo da  $ET_0$  por apresentar estimativas confiáveis e consistentes, justamente pelo fato de se usar um maior número de variáveis climáticas.

Esta equação pode ser utilizada para o cálculo direto da evapotranspiração de qualquer cultura conforme as resistências de superfície e aerodinâmica da cultura específica. Como os valores de evapotranspiração de certa cultura não podem ser extrapolados para condições diferentes das quais foram determinados, é necessário estabelecer relações entre a evapotranspiração da cultura e um valor de referência, como a evapotranspiração estimada por equações empíricas, a fim de determinar as necessidades hídricas da cultura (MATZENAUER et al., 1998b).

Na quantificação das necessidades hídricas da cultura, é necessária a utilização do coeficiente de cultura ( $K_C$ ), que relaciona a evapotranspiração da cultura ( $ET_C$ ), em condições ótimas de umidade, fertilidade e sanidade, com a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), nos diferentes estágios de seu desenvolvimento (ALLEN et al., 1998).

A partir da determinação da quantidade de água requerida pela cultura, deve-se procurar, na medida do possível, que a aplicação da água de irrigação seja feita nas condições ambientais mais favoráveis e no horário do dia em que o custo de energia seja menor.

Uma prática bastante comum entre os produtores de grãos visando reduzir os custos com mão de obra é a adoção de turno de rega. O turno de rega é o intervalo, em dias, entre duas irrigações sucessivas. É o método mais utilizado pelos irrigantes, sendo levado em consideração fatores do solo, da planta e do clima. O turno de rega pode ser determinado pela seguinte equação (BERNARDO, SOARES e MANTOVANI, 2008):

$$TR = \frac{(C_c - P_m) d_s f Z}{10 ET_C} \quad (1)$$

em que:

TR = turno de rega, d;

$C_c$  = capacidade de campo, % em peso;

$P_m$  = ponto de murcha permanente, % em peso;

$d_s$  = densidade do solo,  $g\ cm^{-3}$ ;

Z = profundidade efetiva das raízes, cm;

f = fator de disponibilidade de água no solo, adimensional; e

$ET_C$  = evapotranspiração potencial da cultura,  $mm\ d^{-1}$ .

O manejo adequado da irrigação definirá quanto de água aplicar, o tempo de funcionamento ou a velocidade de deslocamento do equipamento de irrigação e a frequência de irrigação (FIGUEIREDO, 2014; OLIVEIRA, 2015; OLIVEIRA e RAMOS, 2008), que uma vez conhecidos, torna-se possível otimizar um cronograma de manejo de forma a atender as necessidades hídricas específicas da cultura de forma à aperfeiçoar a produção agrícola e reduzir o consumo desnecessário de água (ALBUQUERQUE e ANDRADE, 2001).

A frequência de irrigação é afetada pela textura do solo, condições climáticas, precipitação e taxa de irrigação (ZANG et al., 2018), sendo que maiores frequências de irrigação possibilitam a manutenção de níveis ótimos de disponibilidade hídrica ao sistema radicular às culturas, principalmente para as que são muito sensíveis ao déficit hídrico, como as olerícolas.

O manejo de irrigação com aplicações frequentes de água condiciona o solo a manter-se com umidade favorável, propiciando o bom desenvolvimento da cultura e conseqüentemente maior produtividade (SOUZA et al., 1999), sendo necessário informações mais seguras e confiáveis sobre a frequência e a lâmina de irrigação (ANDRADE, 2006; PEREIRA FILHO et al., 2014).

Para Zhang et al. (2018), a frequência de irrigação altera a distribuição espacial de umidade do solo e o armazenamento de água no solo e, quando aumenta-se a frequência de irrigação, aumenta-se a umidade do solo e seu armazenamento na camada superior.

Segundo Figueiredo (2014), maiores frequências de irrigação propiciam um aumento da eficiência do uso da água, em específico para a cultura do melão. Zonta et al. (2009), avaliando a frequência de irrigação nas características morfológicas do cafeeiro, também encontrou efeito de maiores frequência de irrigação para o diâmetro do caule das plantas. Neto (2017) e Lopes et al. (2005) salientam que menores frequências de irrigação resultam em redução na disponibilidade de água às plantas, além de estresse hídrico, redução da absorção de nutrientes, ocasionando prejuízos diretos para o desenvolvimento e crescimento das plantas. Para Zang et al. (2018), a redução dos intervalos de irrigações de nove dias para seis dias aumentou o rendimento de grãos na cultura do milho. Irmak et al. (2016) verificaram que a frequência de irrigação afeta significativamente a produtividade de grãos de milho em anos secos e que a alta frequência de irrigação resulta em maior rendimento de grãos.

**CAPÍTULO 2**  
**EFEITO DA FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO NA ABSORÇÃO DE FÓSFORO,**  
**NAS CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS E PRODUTIVAS DA CULTURA**  
**DO MILHO**

## 1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L.*) é uma cultura de grande importância global. No Brasil, o plantio é realizado em duas épocas: primeira safra ou safra de verão e segunda safra ou safrinha. Contudo, mesmo em condições climáticas desfavoráveis, a segunda safra tem apresentado rendimentos favoráveis, devido ao aprimoramento e adaptações realizadas no sistema de cultivo do milho (SOUZA et al., 2015). Por ser cultivado sob condições ambientais peculiares, especialmente baixas temperaturas e pouca disponibilidade de água no solo, requer técnicas específicas de manejo que diferem daquelas recomendadas para as lavouras de milho da safra de verão (DUARTE, 2015; CRUZ e PEREIRA FILHO, 2010).

O uso da irrigação tem contribuído significativamente para o aumento da produtividade agrícola, além da incorporação, ao sistema produtivo, de áreas cujo potencial para exploração da agricultura é limitado, em razão de seus regimes pluviais. Por outro lado, quando não manejada corretamente, ocasiona prejuízos ao meio ambiente dentre os quais se destacam a salinização dos solos, captação excessiva em mananciais e lixiviação de solutos.

De acordo com Soares et al. (2017), fatores como a disponibilidade hídrica, ciclo da cultura, espaçamento, época de semeadura, boas condições nutricionais e uma população entre 30.000 e 90.000 plantas ha<sup>-1</sup>, são essenciais para que a cultura do milho atinja seu potencial máximo de produção. Além disso, atender os requerimentos nutricionais da planta com relação aos níveis de fósforo é fundamental, pois a sua deficiência pode resultar em atraso na maturação, redução do desenvolvimento floral, baixa qualidade de sementes e decréscimo na produtividade (HYLAND et al., 2005).

O efeito da umidade do solo para a cultura do milho relaciona-se com a absorção de nutrientes. De acordo com Malavolta (1984), para que haja absorção de um elemento qualquer pela planta, a primeira condição é que se estabeleça o contato entre o mesmo e a raiz, podendo ocorrer por três processos: interceptação radicular, em que a raiz ao se desenvolver no solo encontra o elemento disponível; fluxo de massa, em que o elemento caminha pelo solo numa fase aquosa móvel (a solução do solo) e a difusão, a qual é dependente do grau de umidade do solo, processo no qual o elemento caminha numa fase aquosa estacionária, indo de uma região de maior concentração para outra de menor concentração.

De acordo com Costa et al. (2006), a difusão é o principal mecanismo de transporte do fósforo no solo e essa é influenciada por vários fatores, tais como: o conteúdo volumétrico de água no solo, a interação fósforo-colóides do solo, a distância a percorrer até as raízes, o teor do

elemento e a temperatura no solo. Estes autores, ao avaliar o efeito de diferentes níveis de umidade e de doses de fósforo sobre o fluxo difusivo em amostras de solo, concluíram que o fluxo difusivo apresenta influência tanto da umidade quanto das doses aplicadas.

Tem sido relatada a existência de relação direta entre a demanda hídrica da cultura do milho e níveis de fósforo disponível no solo (COSTA et al., 2006, GUIMARÃES et al., 2011). Neste sentido, o estudo da influência da frequência de irrigação e doses de fósforo, visando a produção de grãos na cultura do milho, pode fornecer subsídios para escolha da melhor forma de condução da lavoura e, conseqüentemente, contribuir para melhorar a eficiência na absorção deste nutriente. Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da frequência de irrigação combinado a diferentes doses de adubação fosfatada na absorção de fósforo, nas características biométricas e na produtividade da cultura do milho de segunda safra, sob duas densidades de plantio.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização do experimento

#### 2.1.1. Área experimental

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2017/2018, na área experimental (Figura 1) pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), município de Coimbra - MG. A área está situada a 20°49'51'' S e 42°48'10'' O, com altitude de 716 m. A região possui, segundo a classificação de Köppen, clima tropical de altitude (Cwb), com uma estação bastante chuvosa, principalmente nos meses de dezembro e janeiro, com média anual de precipitação de 1.300 mm e temperatura média anual de 19° C. Após análise física do solo, o mesmo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, argiloso/argiloso com relevo suave ondulado, caulínico (PVAd) (EMBRAPA, 2017).



Figura 1. Área utilizada no experimento, com sistema de irrigação do tipo pivô central. Fonte: Próprio autor

#### 2.1.2. Caracterização do solo

Antes de realizar o plantio, foram retiradas amostras de solo na camada de 0 a 0,20 m de profundidade para caracterização física e química do solo, com uso de um trado holandês.

A capacidade de campo ( $C_c$ ) e o ponto de murcha permanente ( $P_m$ ) foram determinados no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), usando-se o Extrator de Richards. A densidade do solo foi

determinada pelo método do tubo de PVC (OLIVEIRA e RAMOS, 2008; MATSINHE et al., 2019). A distribuição granulométrica e os resultados das análises físico-hídricas do solo estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Características físico-hídricas do solo da área experimental

Camada (cm)	Distribuição granulométrica (%)			Teor de água (g g <sup>-1</sup> )		Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )
	Argila	Silte	Areia grossa	C <sub>c</sub>	P <sub>m</sub>	
0 - 20	58	18	24	0,335	0,180	1,30

A disponibilidade de P no solo foi avaliada em amostras retiradas momentos antes do plantio, as quais foram analisadas no Laboratório de Fertilidade do Solo pertencente ao Departamento de Solos da UFV, segundo metodologias descritas pela EMBRAPA (2017). Com base nos resultados das análises químicas (Tabela 2), observou-se que o solo se encontrava com alta disponibilidade de P.

Tabela 2 – Características químicas do solo da área experimental

Camada (cm)	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	t	T	V	P-rem	MO
	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						%	mg L <sup>-1</sup>	dag kg <sup>-1</sup>	
0-20	5,70	27,46	106,80	3,26	0,71	0,00	3,48	4,24	4,24	7,72	54,82	33,34	2,71

P, Na, K – Extrator Mehlich – 1  
 H+Al – acetato de cálcio 0,5 mol/L  
 Ca, Mg, Al – KCl 1 mol/L  
 Mat. Org.(MO) – C.org. x 1,724  
 SB: Soma de bases  
 t: CTC efetiva  
 T: CTC a pH 7,0  
 V: Saturação de bases

A quantidade de suprimento de P de cada tratamento foi obtido considerando-se a quantidade de fósforo já existente no solo na camada de 0 a 0,20 m, fornecida pela análise de solo, mais a quantidade de P suprida via fertilizante. Os demais tratos culturais ocorreram de acordo com o recomendado para a cultura do milho na região.

Ao final do experimento foram realizadas novas amostragens compostas de solo no sentido perpendicular à linha de plantio, de forma que em cada unidade experimental realizou-se 11 amostras distanciadas 0,10 m (Figura 2).



Figura 2. Pontos de amostragem de solo perpendiculares às fileiras de plantas. Fonte: Próprio autor

Foram coletadas amostras em cada um dos 56 tratamentos. Os resultados das análises de solo correspondentes a cada um dos ambientes encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Resultado da análise química do solo após a colheita, na camada de 0-20 cm.

Tratamentos	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	t	T	V	P-rem	MO
	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						%	mg L <sup>-1</sup>	dag kg <sup>-1</sup>	
P <sub>80</sub> /TR <sub>5</sub> /D <sub>50</sub>	5,54	27,00	133,00	4,15	1,59	0,00	4,10	6,08	6,08	10,18	59,70	27,80	4,13
P <sub>80</sub> /TR <sub>5</sub> /D <sub>0</sub>	5,38	28,80	129,00	3,70	1,39	0,00	4,40	5,42	5,42	9,82	55,20	25,90	3,88
P <sub>80</sub> /TR <sub>5</sub> /D <sub>200</sub>	5,12	32,60	93,00	3,57	1,24	0,00	5,10	5,05	5,05	10,15	49,80	27,80	3,75
P <sub>80</sub> /TR <sub>5</sub> /D <sub>100</sub>	5,40	36,20	147,00	4,21	1,69	0,00	4,20	6,28	6,28	10,48	59,90	27,40	4,00
P <sub>60</sub> /TR <sub>5</sub> /D <sub>200</sub>	5,60	28,30	143,00	4,37	1,73	0,00	3,70	6,47	6,47	10,17	63,60	26,80	4,00
P <sub>60</sub> /TR <sub>5</sub> /D <sub>100</sub>	5,24	27,80	129,00	3,97	1,48	0,00	5,10	5,78	5,78	10,88	53,10	26,90	4,00
P <sub>60</sub> /TR <sub>5</sub> /D <sub>0</sub>	4,97	27,00	119,00	3,14	1,13	0,20	5,10	4,58	4,78	9,68	47,30	29,70	3,75
P <sub>60</sub> /TR <sub>5</sub> /D <sub>50</sub>	5,10	27,70	105,00	3,56	1,31	0,00	4,90	5,14	5,14	10,04	51,20	29,20	3,75
P <sub>80</sub> /TR <sub>7</sub> /D <sub>50</sub>	5,23	46,70	117,00	3,05	1,14	0,00	4,40	4,49	4,49	8,89	50,50	29,70	3,10
P <sub>80</sub> /TR <sub>7</sub> /D <sub>0</sub>	5,14	29,80	109,00	2,93	1,15	0,00	4,60	4,36	4,36	8,96	48,70	27,80	3,10
P <sub>80</sub> /TR <sub>7</sub> /D <sub>200</sub>	5,52	39,10	103,00	3,56	1,44	0,00	3,40	5,26	5,26	8,66	60,70	32,10	3,10
P <sub>80</sub> /TR <sub>7</sub> /D <sub>100</sub>	5,50	32,50	105,00	3,52	1,43	0,00	3,70	5,22	5,22	8,92	58,50	29,70	2,97
P <sub>60</sub> /TR <sub>7</sub> /D <sub>200</sub>	5,54	30,30	85,00	3,35	1,19	0,00	3,30	4,76	4,76	8,06	59,10	33,10	2,71
P <sub>60</sub> /TR <sub>7</sub> /D <sub>100</sub>	5,65	32,30	111,00	3,43	1,18	0,00	3,30	4,89	4,89	8,19	59,70	29,30	2,84
P <sub>60</sub> /TR <sub>7</sub> /D <sub>0</sub>	5,27	33,20	103,00	3,05	1,05	0,00	4,10	4,36	4,36	8,46	51,50	40,10	2,58

Continuação Tabela 3

P <sub>60</sub> /TR <sub>7</sub> /D50	5,59	37,20	105,00	3,80	1,44	0,00	3,10	5,51	5,51	8,61	64,00	37,10	3,10
P <sub>80</sub> /TR <sub>3</sub> /D50	5,45	27,70	69,00	2,92	0,93	0,00	3,10	4,03	4,03	7,13	56,50	31,40	2,45
P <sub>80</sub> /TR <sub>3</sub> /D0	5,80	27,60	93,00	3,37	1,16	0,00	1,60	4,77	4,77	6,37	74,90	32,10	2,20
P <sub>80</sub> /TR <sub>3</sub> /D100	5,46	54,30	81,00	3,30	1,12	0,00	3,30	4,63	4,63	7,93	58,40	35,00	2,45
P <sub>60</sub> /TR <sub>3</sub> /D200	5,55	29,80	75,00	4,01	1,38	0,00	3,30	5,58	5,58	8,88	62,80	34,70	3,10
P <sub>60</sub> /TR <sub>3</sub> /D100	5,24	35,00	63,00	3,32	1,10	0,00	4,60	4,58	4,58	9,18	49,90	33,80	3,10
P <sub>60</sub> /TR <sub>3</sub> /D0	5,20	43,30	95,00	3,31	1,02	0,00	3,90	4,57	4,57	8,47	54,00	35,20	2,97
P <sub>60</sub> /TR <sub>3</sub> /D50	5,35	61,30	57,00	3,79	1,28	0,00	3,90	5,22	5,22	9,12	57,20	34,70	2,97
P <sub>80</sub> /TR <sub>1</sub> /D50	5,40	28,00	103,00	3,23	1,24	0,00	2,80	4,73	4,73	7,53	62,80	31,90	2,97
P <sub>80</sub> /TR <sub>1</sub> /D0	5,21	25,90	103,00	2,76	1,01	0,00	3,90	4,03	4,03	7,93	50,80	34,80	2,84
P <sub>80</sub> /TR <sub>1</sub> /D200	4,98	39,70	109,00	2,48	0,84	0,20	4,40	3,60	3,80	8,00	45,00	38,30	2,45
P <sub>80</sub> /TR <sub>1</sub> /D100	5,66	36,40	105,00	3,32	1,32	0,00	3,10	4,91	4,91	8,01	61,30	36,30	2,97
P <sub>60</sub> /TR <sub>1</sub> /D200	5,26	16,50	99,00	3,10	0,95	0,00	3,90	4,30	4,30	8,20	52,40	33,70	3,10
P <sub>60</sub> /TR <sub>1</sub> /D100	5,58	31,20	79,00	3,70	1,38	0,00	2,90	5,28	5,28	8,18	64,50	35,00	3,10
P <sub>60</sub> /TR <sub>1</sub> /D0	5,07	20,60	91,00	3,11	0,95	0,00	4,20	4,29	4,29	8,49	50,50	30,90	3,36
P <sub>60</sub> /TR <sub>1</sub> /D50	5,20	52,60	101,00	3,87	1,39	0,00	4,20	5,52	5,52	9,72	56,80	34,10	3,75
P <sub>80</sub> /TR <sub>2</sub> /D50	5,16	31,90	115,00	2,61	0,79	0,00	4,20	3,69	3,69	7,89	46,80	35,20	3,10
P <sub>80</sub> /TR <sub>2</sub> /D0	5,14	28,50	57,00	2,97	1,01	0,00	3,70	4,13	4,13	7,83	52,70	36,70	2,84
P <sub>80</sub> /TR <sub>2</sub> /D200	5,26	25,20	97,00	3,44	1,10	0,00	3,90	4,79	4,79	8,69	55,10	31,80	2,97
P <sub>80</sub> /TR <sub>2</sub> /D100	5,23	35,10	105,00	3,86	1,35	0,00	4,20	5,48	5,48	9,68	56,60	34,50	3,49
P <sub>60</sub> /TR <sub>2</sub> /D200	5,23	19,50	87,00	3,27	1,00	0,00	3,70	4,49	4,49	8,19	54,80	31,40	3,10
P <sub>60</sub> /TR <sub>2</sub> /D100	5,37	23,90	85,00	3,48	1,22	0,00	3,10	4,92	4,92	8,02	61,30	34,70	2,58
P <sub>60</sub> /TR <sub>2</sub> /D0	5,20	18,40	95,00	3,17	0,94	0,00	3,90	4,35	4,35	8,25	52,70	30,20	2,84
P <sub>60</sub> /TR <sub>2</sub> /D50	5,22	33,00	71,00	3,67	1,20	0,00	4,10	5,05	5,05	9,15	55,20	34,00	2,84
P <sub>80</sub> /TR <sub>4</sub> /D50	4,92	28,20	73,00	2,08	0,59	0,20	4,70	2,86	3,06	7,56	37,80	31,70	2,84
P <sub>80</sub> /TR <sub>4</sub> /D0	5,39	35,60	75,00	2,98	1,13	0,00	3,60	4,30	4,30	7,90	54,40	33,60	2,84
P <sub>80</sub> /TR <sub>4</sub> /D200	5,17	33,50	99,00	2,83	0,92	0,00	4,60	4,00	4,00	8,60	46,50	35,90	2,84
P <sub>08</sub> /TR <sub>4</sub> /D100	5,38	32,20	157,00	3,16	1,06	0,00	3,90	4,62	4,62	8,52	54,20	36,10	2,84
P <sub>80</sub> /TR <sub>4</sub> /D200	5,16	25,60	63,00	2,71	0,83	0,20	3,70	3,70	3,90	7,40	50,00	28,60	2,71
P <sub>60</sub> /TR <sub>4</sub> /D100	5,41	32,70	81,00	3,01	1,00	0,00	3,40	4,22	4,22	7,62	55,40	38,30	2,33
P <sub>60</sub> /TR <sub>4</sub> /D0	5,17	25,90	61,00	2,66	0,87	0,00	3,40	3,69	3,69	7,09	52,00	36,20	2,45
P <sub>60</sub> /TR <sub>4</sub> /D50	5,18	47,00	89,00	2,91	0,91	0,00	3,90	4,05	4,05	7,95	50,90	41,20	2,58
P <sub>80</sub> /TR <sub>6</sub> /D50	4,87	33,60	109,00	2,57	0,83	0,20	4,90	3,68	3,88	8,58	42,90	35,30	2,97
P <sub>80</sub> /TR <sub>6</sub> /D0	5,09	31,50	93,00	3,00	1,13	0,00	4,10	4,37	4,37	8,47	51,60	35,20	3,10
P <sub>80</sub> /TR <sub>6</sub> /D200	5,00	32,90	109,00	2,81	0,85	0,00	4,60	3,94	3,94	8,54	46,10	36,30	3,10
P <sub>80</sub> /TR <sub>6</sub> /D100	5,12	31,30	67,00	3,06	0,93	0,00	3,90	4,16	4,16	8,06	51,60	33,60	2,84
P <sub>60</sub> /TR <sub>6</sub> /D200	5,22	23,60	95,00	2,92	0,95	0,00	3,70	4,11	4,11	7,81	52,60	34,10	2,71
P <sub>60</sub> /TR <sub>6</sub> /D100	5,59	31,50	77,00	3,66	1,38	0,00	2,80	5,24	5,24	8,04	65,20	37,50	2,71
P <sub>60</sub> /TR <sub>6</sub> /D0	5,04	34,70	71,00	2,64	0,88	0,20	4,20	3,70	3,90	7,90	46,80	33,30	2,71
P <sub>60</sub> /TR <sub>6</sub> /D50	4,97	34,10	87,00	2,64	0,95	0,00	4,20	3,81	3,81	8,01	47,60	34,40	2,84

### **2.1.3. Instalação experimental**

O experimento foi instalado num esquema de parcelas sub-subdivididas, tendo nas parcelas o turno de rega ( $TR_1 = 1$  dia;  $TR_2 = 2$  dias;  $TR_3 = 3$  dias;  $TR_4 = 4$  dias;  $TR_5 = 5$  dias;  $TR_6 = 6$  dias e  $TR_7 = 7$  dias), nas subparcelas duas populações de plantas ( $P_{60} = 60.000$  e  $P_{80} = 80.000$  plantas por hectare) e nas sub-subparcelas as doses de fósforo ( $D_0 = 0$  kg ha<sup>-1</sup>;  $D_{50} = 50$  kg ha<sup>-1</sup>;  $D_{100} = 100$  kg ha<sup>-1</sup> e  $D_{200} = 200$  kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) no delineamento inteiramente casualizado, como apresentado na Figura 3. O plantio foi feito com linhas espaçadas de 0,5 m e 0,33 m entre plantas na P<sub>80</sub> e 0,25 m entre plantas na P<sub>60</sub>. Cada unidade experimental foi composta de 5 linhas de plantio com 5 metros, sendo a área útil da parcela igual a 7,5 m<sup>2</sup>, uma vez que as linhas de plantio das extremidades foram bordaduras.

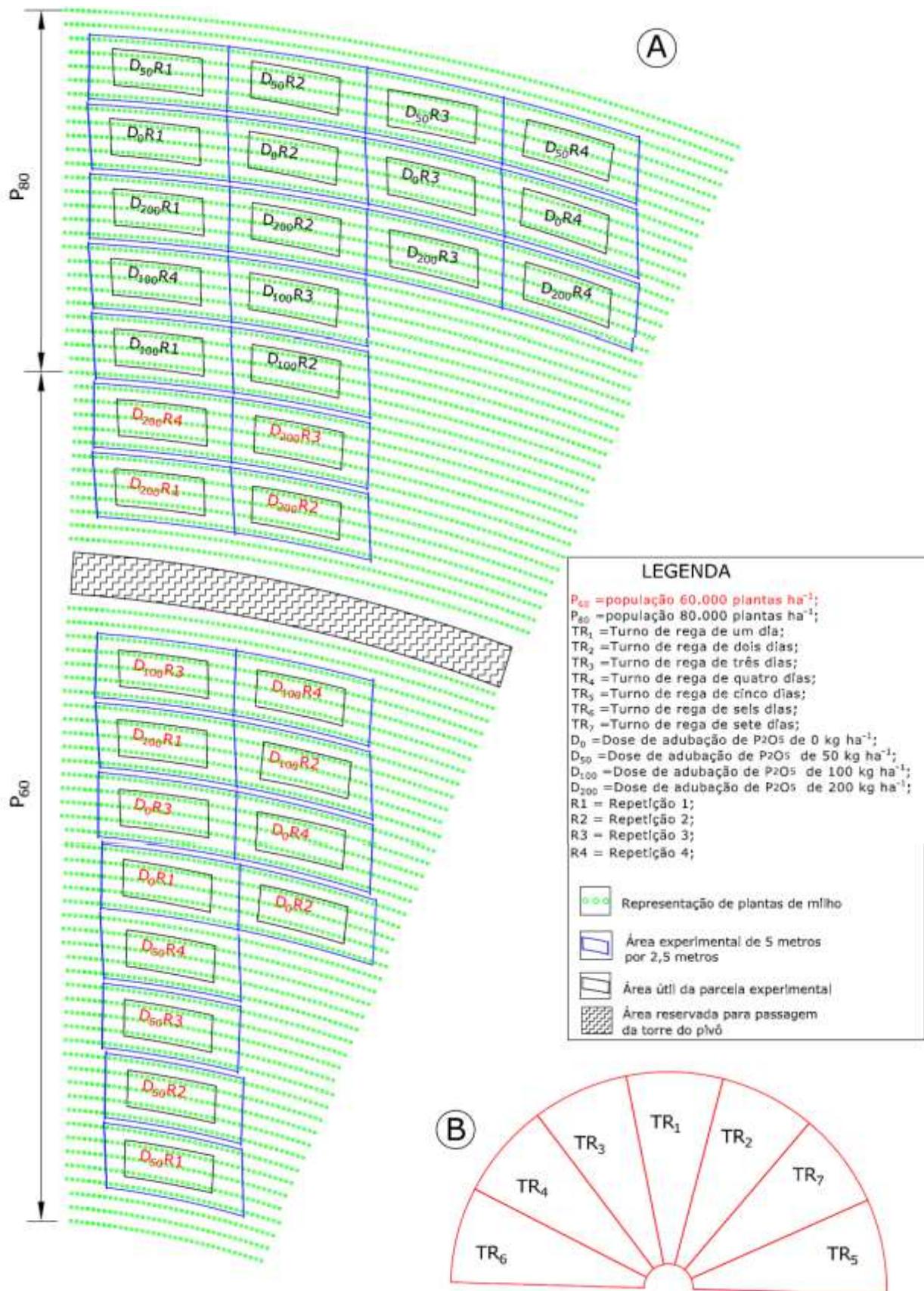


Figura 3. Croqui da área experimental. A: representação esquemática das subparcelas (população de plantas) e sub-subparcelas (doses de  $P_2O_5$ ) dentro de cada turno de rega; B: representação esquemática das parcelas (turno de rega).

#### 2.1.4. Descrição do equipamento de irrigação

A irrigação foi realizada com um pivô central dotado de emissores do tipo i-Wobler, giro completo, em uma área semicircular com raio irrigado de 83 m, totalizando 1,08 ha. Essa área semicircular foi subdividida em setes setores, sendo o ângulo de giro de 25,7° para cada parcela a ser irrigada.

O valor do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) do sistema de irrigação foi de 93%. O CUC corresponde à eficiência de distribuição de água, considerando uma área adequadamente irrigada de 80%, segundo metodologia proposta por Keller; Bliesner (1990). Na Tabela 4 estão apresentadas algumas características técnicas do pivô central utilizado no experimento.

Tabela 4. Características técnicas do pivô central utilizado no experimento.

Área irrigada (ha)	2,16
Raio da última torre (m)	57,6
Vão em balanço (m)	25,4
Vazão (m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> )	15,44
Pressão de serviço (mca)	14
Giro completo (h)	2,92
Lâmina a 100 % (mm)	2,08
CUC (%)	93

#### 2.1.5. Manejo da irrigação

O manejo da irrigação foi conduzido utilizando-se do programa computacional REF-ET (ALLEN, 2000) para o cálculo diário da evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>), usando-se dados meteorológicos horários obtidos em uma estação meteorológica automática da marca DAVIS, modelo Vantage Pro II, instalada na área experimental. A referida estação possui sensores de precipitação pluvial, velocidade do vento, umidade relativa do ar, temperatura do ar e radiação solar. A ET<sub>0</sub> foi calculada com a aplicação da equação de Penman-Monteith FAO-56 (ALLEN et al., 1998):

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_a + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (2)$$

em que:

$ET_0$  – evapotranspiração de referência,  $\text{mm d}^{-1}$ ;

$R_n$  – saldo de radiação na superfície,  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ;

$G$  – densidade do fluxo de calor no solo,  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ;

$T_a$  – temperatura média diária do ar,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$U_2$  – velocidade do vento a 2 m de altura,  $\text{m s}^{-1}$ ;

$e_s$  – pressão de saturação de vapor, kPa;

$e_a$  – pressão parcial de vapor, kPa;

$e_s - e_a$  – déficit de pressão de saturação de vapor, kPa;

$\Delta$  - declividade da curva de pressão de saturação de vapor,  $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ; e

$\gamma$  - coeficiente psicrométrico,  $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

Os valores de evapotranspiração da cultura foram calculados por meio da seguinte equação (MANTOVANI et al., 2009):

$$ET_C = K_C ET_0 \quad (3)$$

em que:

$ET_C$  – evapotranspiração da cultura,  $\text{mm d}^{-1}$ ;

$K_C$  – coeficiente de cultura, adimensional; e

$ET_0$  – evapotranspiração de referência,  $\text{mm d}^{-1}$ .

Os valores de  $K_C$  para os diferentes estágios de desenvolvimento da cultura do milho estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Duração em dias e valores de  $K_C$  para os quatro estágios de desenvolvimento da cultura do milho

Estágio	Duração (dias)	$K_C$
Inicial (I)	20	0,40
Vegetativo (II)	35	0,80
Florescimento (III)	40	1,10
Maturação (IV)	25	0,80

Fonte: Doorenbos e Kassam (1979).

A lâmina total aplicada em cada evento de irrigação, em cada parcela, foi calculada por meio do somatório da evapotranspiração da cultura, subtraída da precipitação pluvial efetiva ocorrida no período referente a cada turno de rega, de acordo com a equação a seguir.

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n (ET_{C_i} - P_{t_i})}{E_f} \quad (4)$$

em que,

$L$  – lâmina de irrigação, mm;

$ET_{C_i}$  – evapotranspiração da cultura,  $\text{mm d}^{-1}$ ,  $i = 1$  a 7 dias;

$P_{t_i}$  – precipitação efetiva, mm,  $i = 1$  a 7 dias; e

$E_f$  – eficiência da irrigação, adimensional.

A partir do valor da lâmina de irrigação necessária à cultura em cada turno de rega, determinou-se a regulagem do percentímetro do pivô central (Equação 5).

$$R = \frac{100 L_{(100\%)}}{L} \quad (5)$$

em que,

$R$  – regulagem do percentímetro do pivô central, %;

$L_{(100\%)}$  – lâmina de irrigação aplicada pelo pivô central com ajuste do percentímetro em 100%, mm;

L – lâmina de irrigação, mm.

No final do ciclo da cultura, todos os tratamentos receberam a mesma lâmina, de forma que o volume total de água aplicada pelo sistema de irrigação de pivô central foi de 393,23 mm.

#### **2.1.6. Descrição dos estádios fenológicos**

O milho é uma cultura de ciclo vegetativo variado, contudo, de forma geral, o ciclo da cultura compreende as seguintes etapas de desenvolvimento: germinação e emergência; crescimento vegetativo; florescimento; frutificação e maturidade.

No entanto, a identificação de cada estágio fenológico da cultura do milho pode ser feito pelo número de folhas completamente formadas, ou seja, folhas com a bainha completamente exposta. Durante o experimento, foram avaliadas plantas de milho nos estádios fenológicos V8 (planta com oito folhas totalmente formadas), V10 (planta com dez folhas totalmente formadas), V12 (plantas com 12 folhas totalmente formadas), Florescimento e Colheita (FANCELLI, 2015).

#### **2.1.7. Descrição dos tratamentos culturais**

O híbrido de milho utilizado no plantio foi o DKB 390 PRO-III, híbrido simples, de ciclo precoce, com arquitetura foliar semi-ereta, com altura média de plantas variando de 2,25 a 2,45 m, a altura de inserção de espiga de 1,25 a 1,40 m, boa tolerância a elevadas temperaturas, ampla adaptação a diferentes tipos de solo e manejo e com finalidade de produção de grãos.

O sistema de cultivo adotado foi o plantio direto, com populações de 60.000 ( $P_{60}$ ) e 80.000 ( $P_{80}$ ) plantas  $ha^{-1}$ , com espaçamento de 0,5 metro entre fileiras. Foi realizada a dessecação pré-plantio da área total utilizando-se dos produtos comerciais Glyphosate e 2,4-D (3 L  $ha^{-1}$  e 1 L  $ha^{-1}$ , respectivamente).

No plantio, foi realizada uma adubação com superfosfato triplo (46% de  $P_2O_5$ ) de acordo com os tratamentos testados. A adubação com nitrogênio e potássio foram feitas em duas aplicações em cobertura, quando as plantas de milho se encontravam nos estádios fenológicos V3 e V6, apresentando três e seis folhas totalmente formadas, respectivamente. As doses foram calculadas com base no resultado da análise química do

solo (Tabela 2) e nas Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais, 5ª Aproximação (RIBEIRO et al., 1999). Foram aplicados 170 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de sulfato de amônia e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K na forma de cloreto de potássio, igualmente divididos nas duas aplicações.

O controle das plantas daninhas foi realizado em duas épocas distintas, sendo uma realizada 30 dias antes do plantio e, outra quando as plantas estavam no estágio fenológico V2, utilizando-se herbicida Glyphosate (glifosato) a uma concentração de 7,0 L ha<sup>-1</sup> e, 0,5 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial Sanson e 3 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial Atrazina, respectivamente.

A semeadura foi realizada no dia 09/01/2017, em densidade maior que a desejada, visando garantir os estandes mínimos de 60.000 e 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>, tendo sido realizado desbaste 10 dias após a emergência (DAE), deixando-se três e quatro plantas por metro linear, respectivamente.

#### **2.1.8. Componentes e características de produção**

Foram avaliadas características biométricas (altura das plantas, diâmetro do colmo, altura de inserção de espiga), características agronômicas (diâmetro de espigas, comprimento de espigas, números de fileiras de grãos por espiga, números de grãos por fileira, grãos por espiga, massa de mil grãos e produtividade), massa de matéria seca (caule e folha) e IC (índice de colheita).

#### **Características de planta**

No estágio de florescimento foram avaliadas quatro plantas por unidade experimental, determinando-se a altura de planta (AP) - distância entre a superfície do solo até a folha bandeira; altura de inserção de espiga (AIE) - distância entre a superfície do solo e a base da inflorescência feminina; diâmetro de colmo (DC) - diâmetro do colmo no primeiro entrenó acima do colo da planta (medido com auxílio de um paquímetro).

#### **Características da parte aérea**

Nos estádios de florescimento e colheita, uma planta representativa de cada unidade experimental foi cortada rente ao solo e a massa das partes constituintes foi determinada, sendo estas massa fresca das folhas (MFF), massa fresca do colmo (MFC) e massa fresca de órgãos reprodutivos (MFOR). Posteriormente, este material foi seco em estufa de circulação de ar à 65°C até obtenção de massa constante, medida com uma

balança analítica com precisão (0,01 g). Foram determinadas: a massa seca das folhas (MSF), a massa seca do colmo (MSC) e a massa seca do órgão reprodutivo (MSOR). A massa fresca da parte aérea (MFPA) e a massa seca da parte aérea (MSPA) foram determinadas somando as massas fresca ou secas dos constituintes da parte aérea, respectivamente.

### **Características de espiga**

No dia seguinte à colheita das espigas de milho, foram feitas as análises das características agrônômicas de quatro espigas por unidade experimental. Foram medidos o diâmetro da espiga (DE) - diâmetro médio da parte central das espigas, em centímetros; e o comprimento de espiga (CE) - comprimento médio da base à ponta da espiga, em centímetros. Foram contados o número de fileiras de grãos por espiga (NF)- número médio de fileiras de grãos; número de grãos por fileira (NGF) - número médio de grãos por fileira; números de grãos por espiga (NG) - multiplicação do número de fileiras pelo número de grãos no comprimento da espiga de milho.

### **Características de produtividade de grãos**

Foi realizada colheita manual de todas as espigas de cada unidade experimental. Posteriormente, foi realizada a debulha e a determinação da umidade dos grãos utilizando medidores de bancada da GEHAKA. A produtividade ( $PG_{13\%}$ ) foi obtida a partir da pesagem de grãos a qual, posteriormente, foi corrigida para teor de água equivalente a 13%, utilizando-se da Equação 7 e, assim determinando a produtividade em  $kg\ ha^{-1}$ .

$$PG_{13\%} = P \times \left( \frac{1 - \left( \frac{U}{100} \right)}{0,87} \right) \quad (7)$$

em que:

$PG_{13\%}$  = produtividade de grãos corrigida para a umidade padrão de 13%,  $kg\ ha^{-1}$ ;

P = produtividade de grãos após a colheita,  $kg\ ha^{-1}$ ; e

U = umidade dos grãos após a colheita, %.

Foi determinado o peso de 1.000 grãos ( $P_{1000}$ ) corrigido para o teor de umidade a 13% com uso de uma balança digital com precisão de 0,01 g.

Adicionalmente, como complemento às características de produtividade foi determinado o Índice de Colheita (IC). O IC foi computado como sendo a relação entre a massa seca dos grãos e a massa seca total das plantas de milho.

#### **2.1.9. Avaliação da utilização do fósforo**

Nos estádios fenológicos do florescimento e da colheita foram amostradas plantas de milho para determinação do conteúdo de fósforo absorvido (CF) em todos os tratamentos. Para isso foi coletada uma planta da parcela útil e suas partes foram individualizadas seguindo o procedimento descrito por Malavolta et al. (1997), as quais foram pesadas e secas em estufa de circulação forçada de ar à 65°C, até atingir massa constante. Posteriormente, as amostras foram processadas em moinho no laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Solos para determinação dos conteúdos totais de P nas partes constituintes da planta. Adicionalmente a este processo foram determinadas as massas secas de cada constituinte da planta.

#### **2.1.10. Análise estatística**

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e de regressão. Para o fator qualitativo, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo utilizou-se análise de regressão e os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “t” adotando-se o nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação e no fenômeno em estudo. Independentemente da interação de maior grau ser ou não significativo, optou-se pelo desdobramento da mesma.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Elementos meteorológicos

Na Figura 4, estão apresentadas as variações das temperaturas máxima, mínima e média diária e da umidade relativa média diária do ar durante o período experimental.

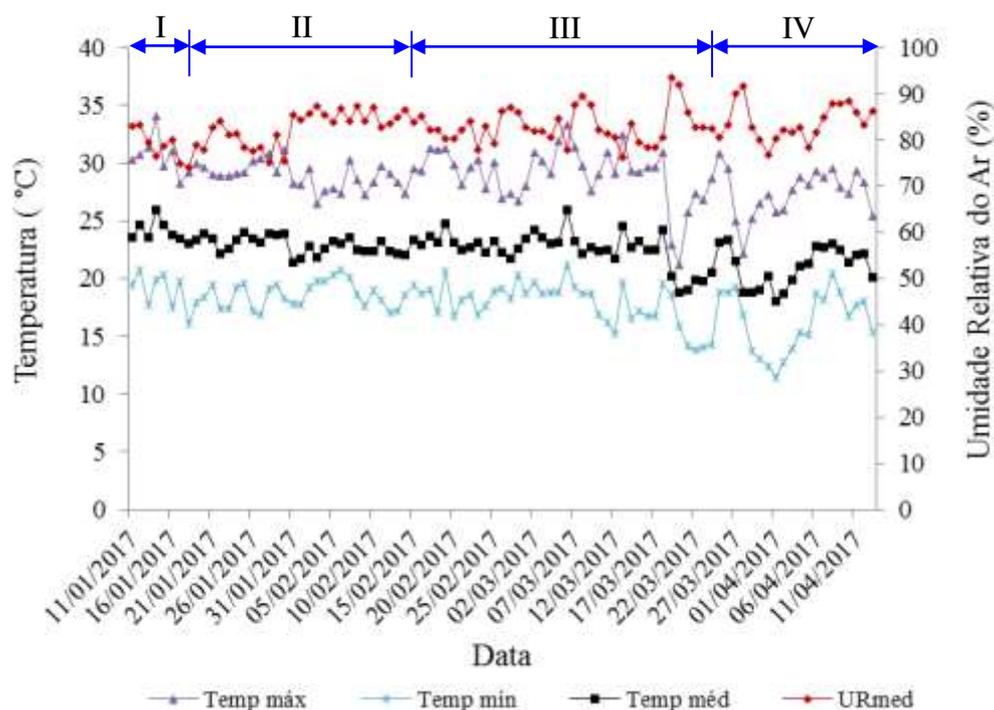


Figura 4. Variação das temperaturas máxima, mínima e média diária e da umidade relativa diária do ar durante o período experimental, nos estádios fenológicos I (inicial), II (vegetativo), III (florescimento) e IV (maturação).

A temperatura média diária neste período foi de 22,45 °C, com amplitudes para máxima e mínima de 21,20 a 34,10 °C e de 11,40 a 21,20 °C, respectivamente. A umidade relativa média foi de 82,72%, com amplitude de 74,16 a 93,66%.

Segundo Fancelli (2015), a temperatura afeta o desenvolvimento da cultura do milho, desde a germinação até o enchimento de grãos. Temperaturas entre 25 a 30°C propiciam melhores condições para germinação e emergência das plântulas. Segundo Mangili (2014), temperaturas médias diárias acima de 26 °C causam aceleração dos

estádios fenológicos e temperaturas médias diárias inferiores a 15 °C podem retardar o desenvolvimento das plantas.

Portanto, para as condições deste experimento pode ser observado que ao longo dos estádios fenológicos da cultura a temperatura ficou dentro do ideal para o cultivo alcançando bons resultados.

Na Figura 5, estão apresentadas as variações da radiação solar global e da velocidade do vento durante o período experimental.

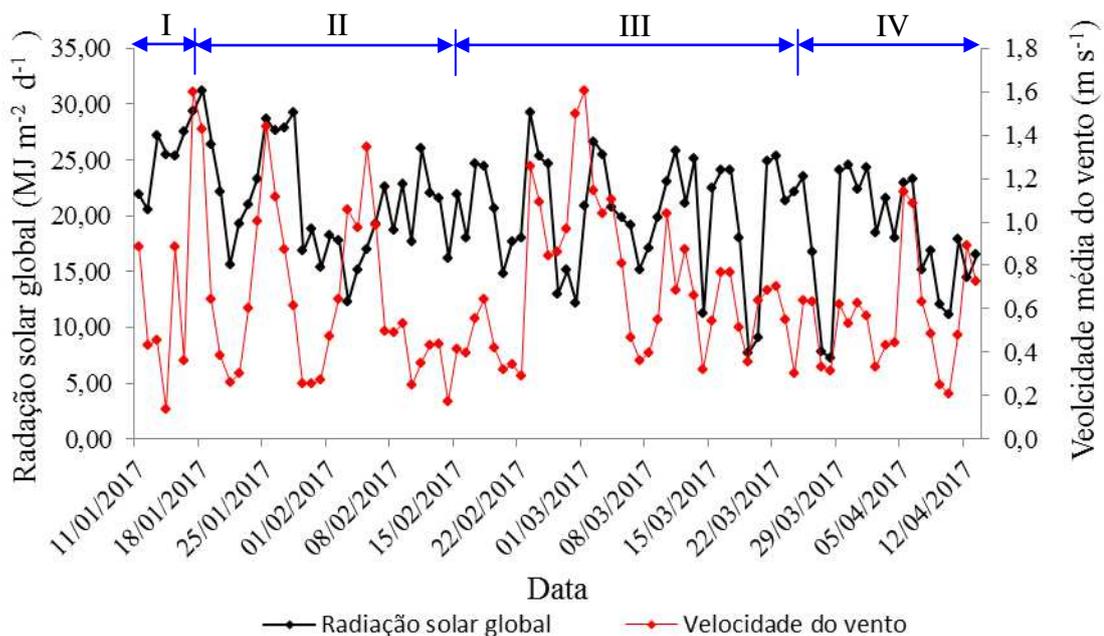


Figura 5. Variação da radiação solar global média diária e da velocidade do vento durante o período experimental, nos estádios fenológicos I (inicial), II (vegetativo), III (florescimento) e IV (maturação).

O valor média diária da radiação solar global, durante o período experimental, foi de 20,41 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. A máxima e a mínima radiação solar para o período foi de 31,21 e 7,27 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. A radiação acumulada ficou em torno de 1897,89 MJ m<sup>-2</sup>.

Segundo Fancelli e Dourado Neto (2000), cultivares de milho de ciclo precoce necessitam de 831 a 890 MJ m<sup>-2</sup> para atingirem a fase reprodutiva. Quando a cultura iniciou-se a fase reprodutiva, ou seja, passou do estágio fenológico II para III (Figura 5) a radiação acumulada estava em torno de 833,17 MJ m<sup>-2</sup>, condição está favorável para desenvolvimento da cultura.

Em qualquer que seja o estágio fenológico da cultura, condições adversas de ventos médios acima de  $4,17 \text{ m s}^{-1}$  resultam em tombamento e/ou quebraimento do colmo o que provoca perdas de produtividade (SOUZA, 2015). No caso deste experimento as velocidades dos ventos não ultrapassaram  $1,61 \text{ m s}^{-1}$ , dessa forma não apresentando maiores danos a cultura.

Observa-se também, pela Figura 6, que houve disponibilidade hídrica adequada (370,20 mm acumulados), devido à precipitação durante o período de condução do experimento. De acordo com Landau, Sans e Santana (2010), a cultura do milho é considerada muito exigente em água e, para garantir uma produção satisfatória sem necessidade de irrigação, é necessário um consumo mínimo entre 350 e 500 mm devidamente distribuídos durante o ciclo. Em condições de clima quente e seco, maiores produtividades têm ocorrido associadas a consumos de água entre 500 e 800 mm considerando todo o ciclo da cultura.

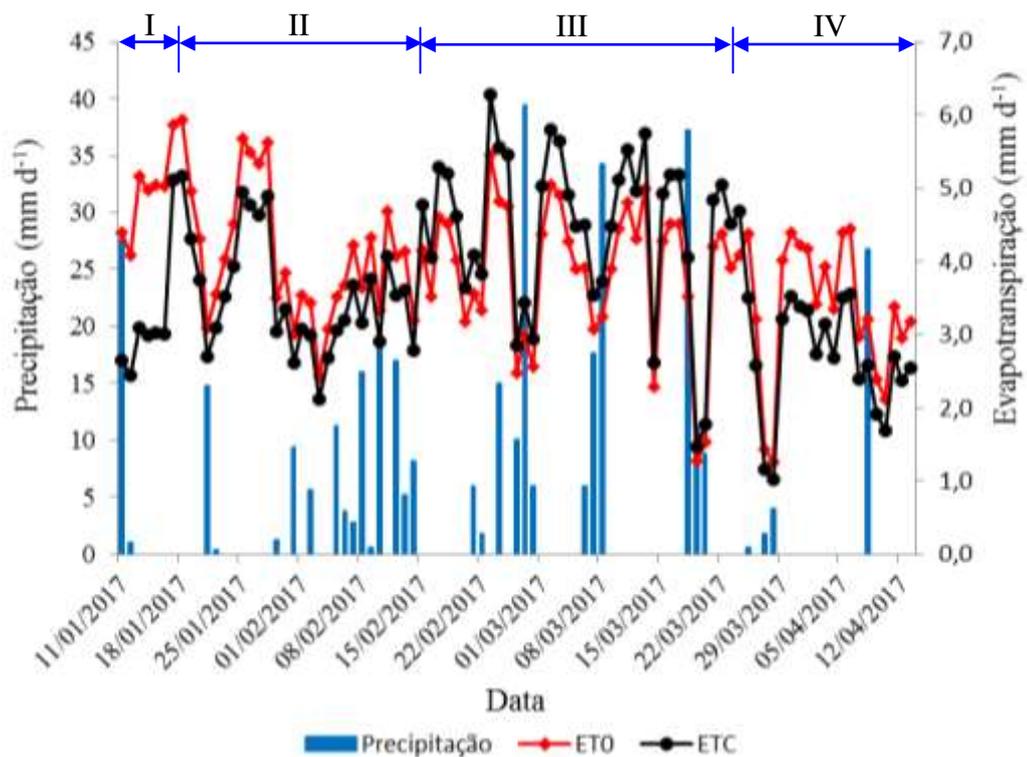


Figura 6. Valores de precipitação e evapotranspiração de referência e da cultura durante o período experimental, nos estádios fenológicos I (inicial), II (vegetativo), III (florescimento) e IV (maturação).

Apesar de terem sido verificadas ocorrências de 32 eventos de precipitação, totalizando 370,20 mm ao longo do período experimental, estas não foram suficientes para atender a demanda da cultura ao longo do cultivo, justificando a importância de uso da irrigação para complementar e evitar déficits de água no solo. Para as condições experimentais e a cultura utilizada, o ciclo da cultura foi de 92 dias, a  $ET_0$  apresentou uma variabilidade com valor mínimo de 1,27 mm d<sup>-1</sup> e o máximo de 5,94 mm d<sup>-1</sup>, totalizando 363,18 mm. A  $ET_C$  apresentou uma variação de 1,02 mm d<sup>-1</sup> e o máximo de 5,79 mm d<sup>-1</sup>, totalizando no final do ciclo 340,65 mm. Considerando que a eficiência do sistema de irrigação é de 93%, a lâmina total de irrigação aplicada ao longo de todo período experimental foi de 370,82 mm, portanto, a cultura recebeu um total de lâmina precipitada de 741,02 mm de água. A  $ET_C$  apresentou maiores valores em relação a  $ET_0$  entre 35 e 72 dias após a semeadura, que corresponde aos estádios de maior desenvolvimento vegetativo, pendoamento e espigamento, com decréscimo até ao estádios de maturidade fisiológica.

Assim como a temperatura, a quantidade de água necessária ao desenvolvimento ideal da cultura depende da época em que esta se encontra e, como pode ser observado na Figura 6 que não houve falta de água para o crescimento e desenvolvimento da cultura.

Embora a cultura do milho responda bem à interação de fatores climáticos, a radiação solar, a precipitação e a temperatura são os que têm maior influência sobre a cultura (LANDAU, SANS e SANTANA, 2010), interferindo no rendimento de grãos e matéria seca das plantas (KAPPES, 2010). Dessa forma, as condições climáticas durante a realização do presente estudo foram favoráveis para o cultivo do milho por atuarem eficientemente nas atividades fisiológicas das plantas.

### **3.2. Características da planta**

Na Tabela 6, a seguir, estão apresentadas as comparações de médias para a característica altura de plantas (AP) para a cultura do milho segunda safra no ano de 2017.

Tabela 6 – Valores médios de altura de plantas (m) no florescimento (AP) para as combinações dos níveis turno de rega, população de plantas e fósforo.

TR	D <sub>0</sub>		D <sub>50</sub>		D <sub>100</sub>		D <sub>200</sub>	
	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>						
1	2,52 <sup>Bb</sup>	2,77 <sup>Aa</sup>	2,60 <sup>Ab</sup>	2,72 <sup>Aa</sup>	2,54 <sup>Ab</sup>	2,82 <sup>Aa</sup>	2,73 <sup>Ab</sup>	2,81 <sup>Aa</sup>
2	2,70 <sup>Aa</sup>	2,73 <sup>Aa</sup>	2,55 <sup>Ab</sup>	2,71 <sup>Aa</sup>	2,55 <sup>Ab</sup>	2,76 <sup>Aa</sup>	2,51 <sup>Bb</sup>	2,73 <sup>Ba</sup>
3	2,52 <sup>Bb</sup>	2,77 <sup>Aa</sup>	2,60 <sup>Ab</sup>	2,72 <sup>Aa</sup>	2,54 <sup>Ab</sup>	2,81 <sup>Aa</sup>	2,73 <sup>Ab</sup>	2,81 <sup>Aa</sup>
4	2,70 <sup>Aa</sup>	2,73 <sup>Aa</sup>	2,55 <sup>Ab</sup>	2,71 <sup>Aa</sup>	2,55 <sup>Ab</sup>	2,76 <sup>Aa</sup>	2,51 <sup>Bb</sup>	2,73 <sup>Ba</sup>
5	2,52 <sup>Bb</sup>	2,77 <sup>Aa</sup>	2,60 <sup>Ab</sup>	2,72 <sup>Aa</sup>	2,54 <sup>Ab</sup>	2,81 <sup>Aa</sup>	2,73 <sup>Ab</sup>	2,81 <sup>Aa</sup>
6	2,70 <sup>Aa</sup>	2,72 <sup>Aa</sup>	2,55 <sup>Ab</sup>	2,71 <sup>Aa</sup>	2,56 <sup>Ab</sup>	2,76 <sup>Aa</sup>	2,50 <sup>Bb</sup>	2,74 <sup>Ba</sup>
7	2,70 <sup>Aa</sup>	2,73 <sup>Aa</sup>	2,55 <sup>Ab</sup>	2,71 <sup>Aa</sup>	2,55 <sup>Ab</sup>	2,77 <sup>Aa</sup>	2,51 <sup>Bb</sup>	2,73 <sup>Ba</sup>

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada dose, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Quando foi realizada a comparação da altura de planta (AP) entre os TR dentro de cada combinação de Dose (D) e População (P), pode-se observar que os TR apresentaram efeito significativo na AP na combinação entre população P<sub>60</sub> com a dose D<sub>0</sub>, sendo as maiores AP observadas nos turnos de rega TR<sub>2</sub>, TR<sub>4</sub>, TR<sub>6</sub> e TR<sub>7</sub>. Comportamento semelhante foi evidenciado nas combinações das populações P<sub>60</sub> e P<sub>80</sub> com a dose D<sub>200</sub>, sendo os maiores valores de altura de planta nos TR<sub>1</sub>, TR<sub>3</sub> e TR<sub>5</sub>.

O maior valor médio de AP encontrado foi 2,82 m para a dose 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na P<sub>80</sub>. Já o menor valor médio de AP encontrado foi 2,50 m para a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na P<sub>60</sub>. Entretanto, num sistema produtivo plantas altas ficam mais susceptíveis ao tombamento, o que dificulta a colheita mecanizada e expõe as espigas à ação de roedores e ao apodrecimento pelo contato com o solo (CASELA, FERREIRA e PINTO, 2006; COSTA et al., 2010).

Considerando as combinações de D e TR, pode-se observar que a AP foi maior na P<sub>80</sub> que na P<sub>60</sub>, exceto para os turnos de rega TR<sub>2</sub>, TR<sub>4</sub>, TR<sub>6</sub> e TR<sub>7</sub> na D<sub>0</sub>. Isso pode ser devido ao mecanismo que a planta utiliza quando sofre competição por luz, por exemplo, em plantios adensados, onde o seu crescimento é induzido na busca pela luz acima das plantas vizinhas. De acordo com Portugal et al. (2017), em estudo com milho em Selvíria, MT, onde há menor número de plantas numa mesma área, ocorre menor crescimento, em contrapartida, onde há maior número de plantas, ocorre o estiolamento, pelo maior crescimento que ocorre devido a necessidade de luz para a realizar fotossíntese. Em outro trabalho, Von Pinho et al. (2008) constataram relações lineares positivas para a altura de

plantas com o aumento da densidade, sendo que, para um aumento de mil plantas na densidade, houve acréscimo de 0,20 m na altura de plantas.

Em estudos com a cultura do milho, Galindo et al. (2017) e Kappes et al. (2011) observaram que a altura das plantas é influenciada pela densidade populacional, onde quanto maior a densidade populacional menor o diâmetro do colmo e maior altura, resultando em decréscimo de matéria seca individual, como resultado da competição entre as plantas pelos recursos do meio. Tais resultados corroboram com os encontrados neste trabalho.

Para Soares et al. (2012) os componentes de produção do milho estão diretamente relacionados com a disponibilidade de água no solo, tanto que em seus estudos constataram que algumas características como a altura de planta (1,75 e 1,88 m em condições de menor e maior disponibilidade hídricas, respectivamente), aumentam quando as plantas não sofrem estresse hídrico. Foi o que ocorreu neste trabalho com os valores desta pesquisa, apresentando valores superiores a 2,50 m se comparados aos citados acima.

Na Tabela a seguir estão apresentados os valores médios para a característica diâmetro de colmo (DCF) no florescimento para a cultura do milho segunda safra no período experimental.

Tabela 7 – Valores médios de diâmetro de colmo (cm) no florescimento (DCF) para as combinações dos níveis turno de rega, população de plantas e fósforo.

TR	D <sub>0</sub>		D <sub>50</sub>		D <sub>100</sub>		D <sub>200</sub>	
	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>
1	2,46 <sup>Aa</sup>	2,54 <sup>Ab</sup>	2,21 <sup>Aa</sup>	2,35 <sup>ABa</sup>	2,48 <sup>Aa</sup>	2,33 <sup>Aa</sup>	2,39 <sup>Aa</sup>	2,30 <sup>Ba</sup>
2	2,29 <sup>ABa</sup>	2,34 <sup>ABa</sup>	2,24 <sup>Ab</sup>	2,47 <sup>Aa</sup>	2,30 <sup>ABa</sup>	2,36 <sup>Aa</sup>	2,38 <sup>Aa</sup>	2,21 <sup>Bb</sup>
3	2,26 <sup>ABb</sup>	2,51 <sup>ABCa</sup>	2,20 <sup>Ab</sup>	2,40 <sup>ABa</sup>	2,12 <sup>Bb</sup>	2,30 <sup>Aa</sup>	2,23 <sup>Ab</sup>	2,56 <sup>Aa</sup>
4	2,27 <sup>ABa</sup>	2,26 <sup>BCa</sup>	2,34 <sup>Aa</sup>	2,22 <sup>BCDa</sup>	2,23 <sup>Ba</sup>	2,28 <sup>Aa</sup>	2,25 <sup>Aa</sup>	2,21 <sup>Ba</sup>
5	2,39 <sup>ABa</sup>	2,29 <sup>BCa</sup>	2,42 <sup>Aa</sup>	2,36 <sup>ABCa</sup>	2,21 <sup>Ba</sup>	2,26 <sup>Aa</sup>	2,30 <sup>Aa</sup>	2,11 <sup>Ba</sup>
6	2,29 <sup>ABa</sup>	2,24 <sup>BCa</sup>	2,32 <sup>Aa</sup>	2,16 <sup>CDa</sup>	2,34 <sup>ABa</sup>	2,21 <sup>Aa</sup>	2,25 <sup>Ab</sup>	2,42 <sup>ABa</sup>
7	2,17 <sup>Ba</sup>	2,06 <sup>Ca</sup>	2,24 <sup>Aa</sup>	2,07 <sup>Db</sup>	2,23 <sup>Ba</sup>	2,19 <sup>Aa</sup>	2,28 <sup>Aa</sup>	2,34 <sup>ABa</sup>

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada dose, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Na comparação do diâmetro do colmo entre os TR dentro de cada combinação de dose (D) e população (P), pode-se observar que os TR apresentaram efeito significativo

no DCF nas combinações entre dose e população, exceto para P<sub>80</sub> na dose D<sub>100</sub> e P<sub>60</sub> nas doses D<sub>50</sub> e D<sub>200</sub>.

Pode ser observado que nas combinações D<sub>0</sub> e D<sub>50</sub> com P<sub>80</sub>, o DCF tende a decrescer com o aumento do turno de rega, sendo maior no TR<sub>1</sub> e TR<sub>1</sub>, respectivamente e, menor no TR<sub>7</sub>. Uma possível explicação para isso pode ser a deficiência em fósforo, ao se tratar das menores dosagens deste no solo, associada com períodos crescentes sem irrigação. Segundo Demétrio et al. (2008), o DCF tem relação positiva com a resistência das plantas ao acamamento, ou seja, quanto menor o diâmetro menor a resistência ao tombamento, fator que pode refletir em perdas durante a colheita.

Stacciarini et al. (2010), trabalhando com a mesma cultura, concluíram que o aumento da densidade populacional e a diminuição do espaçamento proporcionaram redução do diâmetro de colmo. Isso pode ser atribuído à maior competição pela luz em condições de maiores densidades populacionais, provocando maior crescimento em altura em detrimento ao crescimento radial do colmo, embora a altura das plantas não tenha sido significativamente afetada.

Considerando as combinações de D e TR, pode-se observar que não houve efeito significativo na característica DCF entre P<sub>60</sub> e P<sub>80</sub>, exceto para os TR<sub>1</sub> e TR<sub>3</sub> para a dose D<sub>0</sub>, TR<sub>2</sub>, TR<sub>3</sub> e TR<sub>7</sub> para a dose D<sub>50</sub>, TR<sub>3</sub> para a dose D<sub>100</sub> e TR<sub>2</sub>, TR<sub>3</sub> e TR<sub>6</sub> para a dose D<sub>200</sub>.

Na Tabela 8, estão apresentados os valores médios para a característica altura de inserção de espigas no florescimento para a cultura do milho segunda safra no ano de 2017.

Tabela 8 – Valores médios de altura de inserção de espigas no florescimento (AIE) em m, para as combinações dos níveis turno de rega, população de plantas e fósforo.

TR	D <sub>0</sub>		D <sub>50</sub>		D <sub>100</sub>		D <sub>200</sub>	
	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>						
1	1,52 <sup>Ab</sup>	1,66 <sup>Aa</sup>	1,53 <sup>Ab</sup>	1,62 <sup>Aa</sup>	1,48 <sup>Ab</sup>	1,68 <sup>Aa</sup>	1,63 <sup>Aa</sup>	1,64 <sup>Aa</sup>
2	1,55 <sup>Ab</sup>	1,66 <sup>Aa</sup>	1,54 <sup>Ab</sup>	1,61 <sup>Aa</sup>	1,51 <sup>Ab</sup>	1,72 <sup>Aa</sup>	1,43 <sup>Bb</sup>	1,62 <sup>Aa</sup>
3	1,52 <sup>Ab</sup>	1,66 <sup>Aa</sup>	1,53 <sup>Ab</sup>	1,62 <sup>Aa</sup>	1,48 <sup>Ab</sup>	1,68 <sup>Aa</sup>	1,63 <sup>Aa</sup>	1,64 <sup>Aa</sup>
4	1,55 <sup>Ab</sup>	1,66 <sup>Aa</sup>	1,54 <sup>Ab</sup>	1,61 <sup>Aa</sup>	1,51 <sup>Ab</sup>	1,72 <sup>Aa</sup>	1,43 <sup>Bb</sup>	1,62 <sup>Aa</sup>
5	1,53 <sup>Ab</sup>	1,66 <sup>Aa</sup>	1,53 <sup>Ab</sup>	1,62 <sup>Aa</sup>	1,48 <sup>Ab</sup>	1,68 <sup>Aa</sup>	1,63 <sup>Aa</sup>	1,64 <sup>Aa</sup>
6	1,55 <sup>Ab</sup>	1,66 <sup>Aa</sup>	1,54 <sup>Ab</sup>	1,61 <sup>Aa</sup>	1,51 <sup>Ab</sup>	1,72 <sup>Aa</sup>	1,43 <sup>Bb</sup>	1,62 <sup>Aa</sup>
7	1,55 <sup>Ab</sup>	1,66 <sup>Aa</sup>	1,54 <sup>Ab</sup>	1,61 <sup>Aa</sup>	1,51 <sup>Ab</sup>	1,72 <sup>Aa</sup>	1,43 <sup>Bb</sup>	1,62 <sup>Aa</sup>

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada dose, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando os valores médios das alturas de inserção de espigas, observa-se que não houve diferença significativa entre os TR nas populações estudadas, exceto na dose D<sub>200</sub> com a população P<sub>60</sub>. Com a referida dosagem, na população de 60.000 plantas por hectare, os TR<sub>2</sub>, TR<sub>4</sub>, TR<sub>6</sub> e TR<sub>7</sub> foram os tratamentos que apresentaram menores alturas de inserção de espiga, o que coincide com os tratamentos que resultaram nas menores alturas de plantas (Tabela 6).

Para a mesma dose e turno de rega, a AIE apresentou maiores valores médios em P<sub>80</sub>, excetuando-se o TR<sub>1</sub>, TR<sub>3</sub> e TR<sub>5</sub> na D<sub>200</sub>, os quais não apresentaram efeito significativo para esta característica.

Em experimento com diferentes híbridos, Klein et al. (2018) concluíram, que a altura da inserção da espiga do híbrido AS 1551 foi menor que os demais, sendo o valor médio igual a 1,17 m, exatamente o híbrido com a menor média de altura de plantas (1,81 m), evidenciando a alta correlação entre essas variáveis.

Em trabalho com milho no estado de Minas Gerais, Uate et al. (2015) encontraram resultados de altura das plantas menores do que as encontradas no presente experimento (1,54 m), assim como a altura das espigas que ficaram em torno de 0,8 m. Já Silva et al. (2010), no estado do Paraná, obtiveram valores de altura média das plantas igual a 2,38 m, também inferiores às obtidas neste trabalho. Com plantas mais baixas, a altura de inserção da espiga também foi menor (1,01 m), assemelhando-se aos encontrados por Paziani et al. (2009), em São Paulo, e por Santos et al. (2010), em Pernambuco.

De acordo com a empresa responsável pela produção de sementes, a altura média de planta varia de 2,25 a 2,45 m e altura de inserção de espigas varia de 1,25 a 1,40 m, no entanto o presente estudo verificou alturas superiores às padrões do híbrido, indicando que as condições de cultivo favoreceram o aumento destas características.

### **3.3. Características de espigas**

Nas Tabelas 9, 10, 11 e 12 a seguir, estão apresentadas as comparações de médias para as características diâmetro de espigas (DE), comprimento de espigas (CE), número de fileiras de grãos (NF) e número de grãos na fileira (NGF) para o milho segunda safra no ano de 2017.

Tabela 9 – Valores médios de diâmetro de espigas (cm) na colheita (DE) para as combinações dos níveis turno de rega, população de plantas e fósforo.

TR	D <sub>0</sub>		D <sub>50</sub>		D <sub>100</sub>		D <sub>200</sub>	
	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>						
1	5,56 <sup>Aa</sup>	4,99 <sup>Aa</sup>	5,61 <sup>Aa</sup>	5,15 <sup>Aa</sup>	5,57 <sup>Aa</sup>	5,05 <sup>Aa</sup>	5,37 <sup>Aa</sup>	5,06 <sup>Aa</sup>
2	5,54 <sup>Aa</sup>	5,06 <sup>Aa</sup>	5,46 <sup>Aa</sup>	5,16 <sup>Aa</sup>	5,56 <sup>Aa</sup>	5,06 <sup>Aa</sup>	5,39 <sup>Aa</sup>	5,08 <sup>Aa</sup>
3	5,33 <sup>Aa</sup>	4,91 <sup>Aa</sup>	5,42 <sup>Aa</sup>	4,98 <sup>Aa</sup>	5,43 <sup>Aa</sup>	5,00 <sup>Aa</sup>	5,35 <sup>Aa</sup>	5,01 <sup>Aa</sup>
4	5,31 <sup>Aa</sup>	4,93 <sup>Aa</sup>	5,44 <sup>Aa</sup>	5,01 <sup>Aa</sup>	5,42 <sup>Aa</sup>	4,93 <sup>Aa</sup>	5,36 <sup>Aa</sup>	4,96 <sup>Aa</sup>
5	5,33 <sup>Aa</sup>	5,01 <sup>Aa</sup>	5,29 <sup>Aa</sup>	5,01 <sup>Aa</sup>	5,38 <sup>Aa</sup>	4,94 <sup>Aa</sup>	5,36 <sup>Aa</sup>	5,07 <sup>Aa</sup>
6	5,32 <sup>Aa</sup>	5,10 <sup>Aa</sup>	5,27 <sup>Aa</sup>	5,04 <sup>Aa</sup>	5,41 <sup>Aa</sup>	5,02 <sup>Aa</sup>	5,33 <sup>Aa</sup>	5,04 <sup>Aa</sup>
7	5,12 <sup>Aa</sup>	4,93 <sup>Aa</sup>	5,27 <sup>Aa</sup>	5,00 <sup>Aa</sup>	5,35 <sup>Aa</sup>	4,85 <sup>Aa</sup>	5,09 <sup>Aa</sup>	4,90 <sup>Aa</sup>

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada dose, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para a característica diâmetro de espiga não foi verificado efeito significativo do TR em nenhuma das combinações de dose e população, ou seja, os diferentes tratamentos não foram capazes de alterar o diâmetro de espiga.

Considerando as combinações de D e TR, pode-se observar que os valores médios de diâmetro de espiga não apresentaram efeito significativo entre as duas populações, exceto para a dose de adubo D<sub>0</sub> e turno de rega TR<sub>5</sub>, onde o valor médio da P<sub>60</sub> foi estatisticamente maior que em P<sub>80</sub>.

Tabela 10 – Valores médios de comprimento de espigas (cm) na colheita (CE) para as combinações dos níveis turno de rega, população de plantas e fósforo.

TR	D <sub>0</sub>		D <sub>50</sub>		D <sub>100</sub>		D <sub>200</sub>	
	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>
1	17,63 <sup>ABa</sup>	15,20 <sup>Ab</sup>	17,77 <sup>Aa</sup>	16,46 <sup>Ab</sup>	18,07 <sup>ABa</sup>	14,70 <sup>Ab</sup>	17,51 <sup>Aa</sup>	15,98 <sup>Ab</sup>
2	17,79 <sup>Aa</sup>	15,68 <sup>Ab</sup>	17,33 <sup>Aa</sup>	16,37 <sup>Ab</sup>	18,39 <sup>Aa</sup>	15,38 <sup>Ab</sup>	17,52 <sup>Aa</sup>	16,21 <sup>Ab</sup>
3	16,92 <sup>ABCa</sup>	15,05 <sup>Ab</sup>	17,12 <sup>Aa</sup>	15,65 <sup>Ab</sup>	17,43 <sup>ABa</sup>	15,26 <sup>Ab</sup>	17,31 <sup>Aa</sup>	15,50 <sup>Ab</sup>
4	16,95 <sup>ABCa</sup>	15,11 <sup>Ab</sup>	16,98 <sup>Aa</sup>	15,87 <sup>Ab</sup>	17,27 <sup>ABa</sup>	15,34 <sup>Ab</sup>	17,50 <sup>Aa</sup>	15,70 <sup>Ab</sup>
5	16,51 <sup>BCa</sup>	15,88 <sup>Aa</sup>	17,37 <sup>Aa</sup>	15,63 <sup>Ab</sup>	17,28 <sup>ABa</sup>	15,56 <sup>Ab</sup>	17,20 <sup>ABa</sup>	15,54 <sup>Ab</sup>
6	17,13 <sup>ABCa</sup>	15,64 <sup>Ab</sup>	17,01 <sup>Aa</sup>	16,12 <sup>Ab</sup>	17,73 <sup>ABa</sup>	15,60 <sup>Ab</sup>	17,32 <sup>Aa</sup>	15,81 <sup>Ab</sup>
7	16,25 <sup>Ca</sup>	14,95 <sup>Ab</sup>	17,08 <sup>Aa</sup>	15,35 <sup>Ab</sup>	17,02 <sup>Ba</sup>	14,86 <sup>Ab</sup>	16,01 <sup>Ba</sup>	15,22 <sup>Aa</sup>

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada dose, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com a Tabela acima, nota-se que a população P<sub>80</sub> com todas as doses de adubação fosfatada não apresentou efeito significativo do TR, assim como a P<sub>60</sub> com a D<sub>50</sub>. Por outro lado, na P<sub>60</sub> com a D<sub>0</sub>, D<sub>100</sub> e D<sub>200</sub> este efeito foi verificado, sendo menores comprimentos de espigas observados no TR<sub>7</sub>.

Comparando os valores médios de CE entre P<sub>60</sub> e P<sub>80</sub>, para a mesma dose, evidenciou-se que a população P<sub>80</sub> apresentou menor CE em todos os TR, exceto para D<sub>0</sub> no TR<sub>5</sub> e D<sub>200</sub> no TR<sub>7</sub>. De forma prática, menor comprimento de espigas resulta em uma menor quantidade de grãos produzidos por espiga ou em grãos menores. Em ambos os casos, esta redução do comprimento de espiga é desfavorável, pois culminará em menor produção por unidade de área.

Em estudo com milho na Embrapa Amazônia, utilizando espaçamento entre fileiras de 0,9 m, e duas variedades (Saracura e Sol da manhã) e o híbrido BRS 1030, Gonçalves, Gondim Neto e Diógenes (2012) obtiveram espigas com diâmetro médio de 4,1 cm e comprimento médio de 15,51 cm, valores próximos aos desta pesquisa. Soares et al. (2017), também obtiveram valores similares em trabalhos com esta cultura na região do Cariri cearense. De acordo com Paiva Junior et al. (2001), as espigas são consideradas comerciais quando, sem palha, apresentam comprimento maior que 15 cm e diâmetro superior a 3 cm, sem a presença de defeitos. Estes valores são inferiores aos apresentados nas Tabelas 9 e 10.

Tabela 11 – Valores médios do número de fileiras de grãos na espiga (NF) para as combinações dos níveis turno de rega, população de plantas e fósforo.

TR	D <sub>0</sub>		D <sub>50</sub>		D <sub>100</sub>		D <sub>200</sub>	
	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>						
1	18,12 <sup>Aa</sup>	17,25 <sup>Aa</sup>	18,37 <sup>Aa</sup>	17,50 <sup>Aa</sup>	17,25 <sup>Aa</sup>	17,87 <sup>Aa</sup>	17,62 <sup>Aa</sup>	17,12 <sup>Aa</sup>
2	17,87 <sup>Aa</sup>	17,62 <sup>Aa</sup>	17,75 <sup>Aa</sup>	17,00 <sup>Aa</sup>	17,50 <sup>Aa</sup>	17,50 <sup>Aa</sup>	17,50 <sup>Aa</sup>	17,00 <sup>Aa</sup>
3	17,31 <sup>Aa</sup>	17,37 <sup>Aa</sup>	17,50 <sup>Aa</sup>	17,00 <sup>Aa</sup>	17,87 <sup>Aa</sup>	17,37 <sup>Aa</sup>	17,50 <sup>Aa</sup>	17,37 <sup>Aa</sup>
4	17,56 <sup>Aa</sup>	17,25 <sup>Aa</sup>	17,37 <sup>Aa</sup>	17,56 <sup>Aa</sup>	17,62 <sup>Aa</sup>	17,00 <sup>Aa</sup>	17,50 <sup>Aa</sup>	16,93 <sup>Aa</sup>
5	17,25 <sup>Aa</sup>	17,25 <sup>Aa</sup>	17,37 <sup>Aa</sup>	17,87 <sup>Aa</sup>	17,62 <sup>Aa</sup>	16,50 <sup>Ab</sup>	17,50 <sup>Aa</sup>	17,00 <sup>Aa</sup>
6	18,18 <sup>Aa</sup>	17,62 <sup>Aa</sup>	17,50 <sup>Aa</sup>	17,12 <sup>Aa</sup>	17,50 <sup>Aa</sup>	16,50 <sup>Aa</sup>	17,25 <sup>Aa</sup>	16,75 <sup>Aa</sup>
7	17,50 <sup>Aa</sup>	17,62 <sup>Aa</sup>	17,68 <sup>Aa</sup>	17,50 <sup>Aa</sup>	17,50 <sup>Aa</sup>	16,75 <sup>Aa</sup>	17,25 <sup>Aa</sup>	17,25 <sup>Aa</sup>

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada dose, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para a característica número de fileiras de grãos na espiga não foi verificado efeito significativo do TR em nenhuma das combinações de dose e população, ou seja, os diferentes tratamentos não foram capazes de alterar o número de fileiras de grãos na espiga.

Comparando os valores médios de NF entre as P<sub>60</sub> e P<sub>80</sub>, para a mesma dose e turno de rega, verificou-se que não houve efeito significativo da densidade de plantio, exceto para D<sub>100</sub> no TR<sub>5</sub>.

Tabela 12 – Valores médios do número de grãos na fileira (NGF) para as combinações dos níveis turno de rega, população de plantas e fósforo.

TR	D <sub>0</sub>		D <sub>50</sub>		D <sub>100</sub>		D <sub>200</sub>	
	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>
1	37,93 <sup>Aa</sup>	33,12 <sup>Ab</sup>	37,37 <sup>Aa</sup>	35,50 <sup>Aa</sup>	39,25 <sup>Aa</sup>	33,06 <sup>Ab</sup>	38,56 <sup>Aa</sup>	35,68 <sup>Ab</sup>
2	37,68 <sup>Aa</sup>	34,37 <sup>Ab</sup>	36,37 <sup>Aa</sup>	35,37 <sup>Aa</sup>	38,43 <sup>Aa</sup>	33,43 <sup>Ab</sup>	38,18 <sup>ABa</sup>	34,68 <sup>ABa</sup>
3	36,68 <sup>Aa</sup>	31,56 <sup>Ab</sup>	36,93 <sup>Aa</sup>	34,25 <sup>Ab</sup>	37,31 <sup>Aa</sup>	33,68 <sup>Ab</sup>	36,62 <sup>ABa</sup>	32,25 <sup>Bb</sup>
4	37,18 <sup>Aa</sup>	34,18 <sup>Ab</sup>	37,31 <sup>Aa</sup>	35,56 <sup>Aa</sup>	37,25 <sup>Aa</sup>	34,00 <sup>Ab</sup>	38,37 <sup>Aa</sup>	35,25 <sup>ABb</sup>
5	36,50 <sup>Aa</sup>	34,62 <sup>Aa</sup>	38,18 <sup>Aa</sup>	34,37 <sup>Ab</sup>	37,37 <sup>Aa</sup>	33,31 <sup>Ab</sup>	37,31 <sup>ABa</sup>	34,43 <sup>ABb</sup>
6	38,37 <sup>Aa</sup>	33,56 <sup>Ab</sup>	37,12 <sup>Aa</sup>	34,81 <sup>Ab</sup>	39,18 <sup>Aa</sup>	33,81 <sup>Ab</sup>	38,12 <sup>ABa</sup>	34,81 <sup>ABb</sup>
7	35,87 <sup>Aa</sup>	33,68 <sup>Ab</sup>	38,31 <sup>Aa</sup>	33,3 <sup>Ab</sup>	37,37 <sup>Aa</sup>	33,62 <sup>Ab</sup>	35,06 <sup>Ba</sup>	33,93 <sup>ABa</sup>

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada dose, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Também não foi verificado efeito estatisticamente significativo do TR nas combinações de D<sub>0</sub>, D<sub>50</sub> e D<sub>100</sub> para a característica número de grãos na fileira em nenhuma das populações. No entanto, na D<sub>200</sub>, em ambas as populações, este efeito foi evidenciado.

Independentemente da combinação de TR e dose de adubação, a P<sub>60</sub> apresentou maior NGF, excetuando se apenas as combinações D<sub>0</sub> com TR<sub>5</sub>, D<sub>50</sub> com TR<sub>1</sub>, TR<sub>2</sub> e TR<sub>4</sub> e D<sub>200</sub> com TR<sub>2</sub> e TR<sub>7</sub>, cujo NGF foram iguais estatisticamente em ambas as populações.

Vian et al. (2016), em estudo da variabilidade da produtividade do milho na região do Planalto Médio do estado do Rio Grande do Sul, obtiveram valores médios de NF e NGF iguais a 12,9 e 36,4, respectivamente, para a safra 2010/2011 e 13,3 e 38,2, respectivamente, para a safra 2011/2012. Estes valores são semelhantes aos encontrados no presente trabalho (Tabelas 11 e 12).

### 3.4. Características de produção de grãos

Nas Tabelas 13, 14 e 15 a seguir estão apresentadas as comparações de médias para as características massa de 1000 grãos ( $P_{1000}$ ), produtividade ( $PG_{13\%}$ ) e índice de colheita (IC) para a cultura do milho segunda safra no ano de 2017.

Tabela 13 – Valores médios da massa de 1000 grãos (g) ( $P_{1000}$ ) para as combinações dos níveis turno de rega, população de plantas e fósforo.

TR	D <sub>0</sub>		D <sub>50</sub>		D <sub>100</sub>		D <sub>200</sub>	
	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>
1	319,1 <sup>ABa</sup>	283,3 <sup>ABb</sup>	336,8 <sup>Aa</sup>	285,7 <sup>ABb</sup>	388,8 <sup>Aa</sup>	261,1 <sup>Bb</sup>	311,4 <sup>Aa</sup>	280,0 <sup>Ab</sup>
2	333,7 <sup>Aa</sup>	291,7 <sup>ABb</sup>	322,2 <sup>Aa</sup>	306,9 <sup>Aa</sup>	343,1 <sup>Aa</sup>	279,8 <sup>ABb</sup>	331,9 <sup>Aa</sup>	305,1 <sup>Ab</sup>
3	315,9 <sup>ABa</sup>	260,1 <sup>Bb</sup>	329,9 <sup>Aa</sup>	277,7 <sup>ABb</sup>	236,3 <sup>Aa</sup>	273,9 <sup>ABb</sup>	329,4 <sup>Aa</sup>	279,6 <sup>Ab</sup>
4	311,2 <sup>ABa</sup>	289,0 <sup>ABa</sup>	318,7 <sup>Aa</sup>	288,1 <sup>ABb</sup>	337,2 <sup>Aa</sup>	289,9 <sup>ABb</sup>	328,3 <sup>Aa</sup>	297,6 <sup>Ab</sup>
5	295,0 <sup>Ba</sup>	279,2 <sup>ABa</sup>	317,7 <sup>Aa</sup>	264,4 <sup>Bb</sup>	318,8 <sup>Aa</sup>	287,1 <sup>ABb</sup>	324,0 <sup>Aa</sup>	282,8 <sup>Ab</sup>
6	305,2 <sup>ABa</sup>	299,9 <sup>Aa</sup>	309,9 <sup>Aa</sup>	306,1 <sup>Aa</sup>	332,4 <sup>Aa</sup>	299,0 <sup>Ab</sup>	334,0 <sup>Aa</sup>	313,3 <sup>Ab</sup>
7	310,0 <sup>ABa</sup>	286,2 <sup>ABb</sup>	317,7 <sup>Aa</sup>	300,4 <sup>Aa</sup>	332,8 <sup>Aa</sup>	292,8 <sup>ABb</sup>	311,9 <sup>Aa</sup>	283,6 <sup>Ab</sup>

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada dose, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Na comparação dos valores médios da massa de 1000 grãos ( $P_{1000}$ ) entre os TR dentro de cada combinação de D e P, pode-se observar que os TR apresentaram efeito significativo na D<sub>0</sub>, D<sub>50</sub> e D<sub>100</sub> na P<sub>80</sub> e apenas D<sub>0</sub> na P<sub>60</sub>. Nestes casos foram verificados que o TR<sub>6</sub> e o TR<sub>2</sub> proporcionaram maiores valores de massa de 1000 grãos nas populações P<sub>80</sub> e P<sub>60</sub>, respectivamente.

Considerando as combinações de D e TR, pode-se observar que os valores médios de massa de 1000 grãos foram maiores na P<sub>60</sub> que na P<sub>80</sub>, excetuando-se os TR<sub>4</sub>, TR<sub>5</sub> e TR<sub>6</sub> na D<sub>0</sub> e TR<sub>2</sub>, TR<sub>6</sub> e TR<sub>7</sub> na D<sub>50</sub>, nos quais os resultados médios para esta característica não apresentaram diferença estatística.

Estes dados estão em concordância com os encontrados por Pereira et al. (2008), que também observaram na cultura do milho redução na massa de 1000 grãos com o aumento da população de plantas. Amaral Filho et al. (2005), avaliando a resposta do híbrido AG 9010, em razão do espaçamento entre linhas de 60 e 80 cm, da população de plantas de 40, 60 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup> e das doses de nitrogênio de 0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>, concluíram que houve redução da massa de 1000 grãos para densidade populacional de 80 mil plantas ha<sup>-1</sup> em ambos os espaçamentos avaliados, independente

da suplementação com nitrogênio. Foloni et al. (2014), em pesquisa no norte do Paraná, encontraram comportamento semelhante, onde a massa de 1000 grãos decresceu linearmente com o aumento da população de plantas de milho.

Tabela 14 – Valores médios de produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) (PG<sub>13%</sub>) para as combinações dos níveis turno de rega, população de plantas e fósforo.

TR	D <sub>0</sub>		D <sub>50</sub>		D <sub>100</sub>		D <sub>200</sub>	
	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>
1	10225,9 <sup>Ba</sup>	9983,0 <sup>BCa</sup>	11066,4 <sup>Aa</sup>	10093,8 <sup>Cb</sup>	11243,9 <sup>Aa</sup>	9310,8 <sup>Cb</sup>	10187,1 <sup>Ba</sup>	10365,7 <sup>ABCa</sup>
2	10796,7 <sup>ABa</sup>	11507,9 <sup>Aa</sup>	10216,6 <sup>Ab</sup>	11770,6 <sup>Aa</sup>	11809,2 <sup>Aa</sup>	10754,1 <sup>Ab</sup>	10684,9 <sup>ABb</sup>	11546,4 <sup>Aa</sup>
3	10667,0 <sup>ABa</sup>	9543,1 <sup>Cb</sup>	10889,0 <sup>Aa</sup>	9956,6 <sup>Cb</sup>	11199,9 <sup>Aa</sup>	9511,2 <sup>BCb</sup>	10493,9 <sup>ABa</sup>	9372,1 <sup>Cb</sup>
4	11527,4 <sup>Aa</sup>	10624,3 <sup>ABCb</sup>	11015,8 <sup>Aa</sup>	11015,2 <sup>ABCa</sup>	11532,3 <sup>Aa</sup>	10444,3 <sup>ABCb</sup>	11074,5 <sup>ABa</sup>	10952,0 <sup>ABCa</sup>
5	9819,1 <sup>Ba</sup>	9641,1 <sup>Ca</sup>	10852,3 <sup>Aa</sup>	10374,9 <sup>BCa</sup>	11017,5 <sup>Aa</sup>	9730,0 <sup>ABCb</sup>	10422,4 <sup>ABa</sup>	10593,1 <sup>ABCa</sup>
6	10754,9 <sup>ABa</sup>	11170,4 <sup>ABa</sup>	10638,9 <sup>Ab</sup>	11554,2 <sup>ABa</sup>	11448,8 <sup>Aa</sup>	10671,9 <sup>ABa</sup>	11492,4 <sup>Aa</sup>	11009,3 <sup>ABCa</sup>
7	10026,0 <sup>Ba</sup>	9989,5 <sup>BCa</sup>	10917,5 <sup>Aa</sup>	11110,4 <sup>ABCa</sup>	10689,8 <sup>Aa</sup>	9744,0 <sup>ABCb</sup>	10221,0 <sup>Ba</sup>	10088,9 <sup>BCa</sup>

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada dose, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando a produtividade da população P<sub>80</sub>, independente da dose de adubação, percebe-se que esta foi afetada pelo TR, ou seja, os tratamentos conduzidos com populações P<sub>80</sub> apresentaram efeito significativo para a característica produtividade de grãos. O milho conduzido com turno de rega de dois dias (TR<sub>2</sub>) foi o que apresentou maior produtividade de grãos (Tabela 14). Nas D<sub>50</sub> e D<sub>100</sub> na P<sub>60</sub> não houve diferenças significativas dos valores médios de produtividade entre os TR. Na D<sub>200</sub>, a P<sub>80</sub> apresentou maior produtividade de grãos no TR<sub>2</sub>, enquanto que na P<sub>60</sub> a maior foi observada no TR<sub>6</sub>.

Para a dose D<sub>0</sub>, não foi verificada diferença significativa entre P<sub>80</sub> e P<sub>60</sub>, exceto para o turno de rega TR<sub>3</sub> e TR<sub>4</sub>, onde os valores de produtividade em P<sub>60</sub> foram maiores que em P<sub>80</sub>. Já na dosagem D<sub>50</sub>, os TR<sub>4</sub>, TR<sub>5</sub> e TR<sub>7</sub> não apresentaram efeito significativo sobre a produtividade de grãos, enquanto, para TR<sub>1</sub> e TR<sub>3</sub> foram maiores na P<sub>60</sub> e em TR<sub>2</sub> e TR<sub>6</sub> foram maiores na P<sub>80</sub>. Para a dose D<sub>100</sub> os valores encontrados foram significativamente maiores em P<sub>60</sub>, excetuando-se no TR<sub>6</sub>, enquanto na maior dose não houve efeito significativo da população sobre a produtividade, exceto nos turnos de rega TR<sub>2</sub> e TR<sub>3</sub>.

Em seu trabalho, Foloni et al. (2014) obtiveram máxima produtividade (6.595 e 6.373 kg ha<sup>-1</sup>), valores inferiores aos encontrados aqui, com população aproximada de 81

e 75 mil plantas ha<sup>-1</sup> para as cultivares AG 9010 e DKB 979, respectivamente. De acordo com os mesmos autores, para a cultivar Impact houve redução linear da produtividade de grãos com o aumento de plantas por hectare. Para as cultivares DKB 350 e Maximus, produtividades máximas foram de 5.974 e 5.862 kg ha<sup>-1</sup>, com população aproximada de 50 e 57 mil plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Em geral, o cultivo de milho de menor porte no ambiente segunda safra permite maior adensamento populacional em relação às demais cultivares semiprecoce de porte superior, como as cultivares DKB 979, Impact, Maximus e DKB 350 (FOLONI et al., 2014). De acordo com Farinelli et al. (2003), esta resposta se deve ao fato de que genótipos com portes mais baixos possuem grande potencial para o cultivo adensado em razão da disposição anatômica das folhas, pois híbridos superprecoce que apresentam menor porte de plantas decorrente do menor crescimento vegetativo, menor número de folhas e folhas mais eretas, proporcionam menor competição entre plantas, o que permite a utilização de indivíduos maiores por área, maximizando o potencial produtivo da população em relação a híbridos mais tardios.

Tabela 15 – Valores médios do índice de colheita (IC) para as combinações dos níveis turno de rega, população de plantas e fósforo.

TR	D <sub>0</sub>		D <sub>50</sub>		D <sub>100</sub>		D <sub>200</sub>	
	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>
1	0,415 <sup>Ba</sup>	0,432 <sup>Aa</sup>	0,438 <sup>Ba</sup>	0,474 <sup>Aa</sup>	0,347 <sup>Bb</sup>	0,404 <sup>Ba</sup>	0,418 <sup>Cb</sup>	0,500 <sup>Aa</sup>
2	0,482 <sup>Aa</sup>	0,483 <sup>Aa</sup>	0,534 <sup>Aa</sup>	0,468 <sup>Ab</sup>	0,489 <sup>Aa</sup>	0,480 <sup>Aa</sup>	0,537 <sup>Aa</sup>	0,491 <sup>Ab</sup>
3	0,497 <sup>Aa</sup>	0,491 <sup>Aa</sup>	0,472 <sup>ABa</sup>	0,438 <sup>Aa</sup>	0,488 <sup>Aa</sup>	0,467 <sup>Aba</sup>	0,471 <sup>BCa</sup>	0,494 <sup>Aa</sup>
4	0,489 <sup>Aa</sup>	0,488 <sup>Aa</sup>	0,491 <sup>ABa</sup>	0,466 <sup>Aa</sup>	0,501 <sup>Aa</sup>	0,463 <sup>Aba</sup>	0,491 <sup>ABa</sup>	0,496 <sup>Aa</sup>
5	0,487 <sup>Aa</sup>	0,456 <sup>Aa</sup>	0,478 <sup>ABa</sup>	0,457 <sup>Aa</sup>	0,498 <sup>Aa</sup>	0,467 <sup>Aba</sup>	0,487 <sup>ABa</sup>	0,384 <sup>Bb</sup>
6	0,495 <sup>Aa</sup>	0,475 <sup>Aa</sup>	0,504 <sup>Aa</sup>	0,474 <sup>Aa</sup>	0,510 <sup>Aa</sup>	0,481 <sup>Aa</sup>	0,507 <sup>ABa</sup>	0,482 <sup>Aa</sup>
7	0,490 <sup>Aa</sup>	0,469 <sup>Aa</sup>	0,500 <sup>ABa</sup>	0,477 <sup>Aa</sup>	0,494 <sup>Aa</sup>	0,466 <sup>Aba</sup>	0,476 <sup>ABCa</sup>	0,481 <sup>Aa</sup>

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada dose, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Na comparação do índice de colheita (IC) entre os turnos de rega dentro de cada combinação de dose de adubação e população, pode-se observar que a população P<sub>80</sub>, nas doses D<sub>0</sub> e D<sub>50</sub>, não apresentaram efeito significativo do TR. Por outro lado, os TR apresentaram efeito no IC apenas na P<sub>60</sub>, nas D<sub>0</sub> e D<sub>50</sub>, e em ambas as populações nas D<sub>100</sub> e D<sub>200</sub>.

Independentemente da combinação de turno de rega e dose de adubação, não houve diferença estatística dos valores de IC entre as populações, excetuando-se apenas as combinações entre D<sub>50</sub> com TR<sub>2</sub>, D<sub>100</sub> com TR<sub>1</sub> e D<sub>200</sub> com TR<sub>1</sub>, TR<sub>2</sub> e TR<sub>5</sub>.

Considerando as combinações de dose e turno de rega, pode-se observar que os índices de colheita foram maiores na população P<sub>60</sub> para as doses D<sub>50</sub> e D<sub>200</sub> no TR<sub>2</sub> e TR<sub>5</sub>. No entanto, os IC foram maiores na P<sub>80</sub> para a dose D<sub>100</sub> no TR<sub>1</sub> e para a dose D<sub>200</sub> no TR<sub>1</sub>.

Soares et al. (2010) estudando a produtividade de dois híbridos de milho no município de Jaguari, RS, e Moura et al. (2006) analisando o efeito do intervalo entre irrigações no crescimento e na produtividade do milho em São Luis, MA, encontraram valores de IC semelhantes aos observados na presente pesquisa.

### 3.5. Características de eficiência de utilização de fósforo

Nas Tabelas 16, 17 e 18 a seguir estão apresentadas as comparações de médias para as características conteúdo de fósforo na folha (CFF), conteúdo de fósforo no caule (CFC), conteúdo de fósforo no órgão reprodutivo (CFOR) no estágio de florescimento para a cultura do milho segunda safra no ano de 2017.

Tabela 16 – Valores médios do conteúdo de fósforo na folha ( $\text{g kg}^{-1}$ ) no florescimento (CFF) para as combinações dos níveis turno de rega, população de plantas e fósforo.

TR	D <sub>0</sub>		D <sub>50</sub>		D <sub>100</sub>		D <sub>200</sub>	
	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>
1	0,171 <sup>Aa</sup>	0,123 <sup>Ab</sup>	0,148 <sup>BCDb</sup>	0,188 <sup>Aa</sup>	0,159 <sup>Ba</sup>	0,125 <sup>Cb</sup>	0,132 <sup>Ca</sup>	0,160 <sup>ABb</sup>
2	0,120 <sup>Cb</sup>	0,157 <sup>ABa</sup>	0,141 <sup>CDb</sup>	0,161 <sup>ABa</sup>	0,121 <sup>Db</sup>	0,147 <sup>ABCa</sup>	0,161 <sup>ABa</sup>	0,135 <sup>Bb</sup>
3	0,171 <sup>Aa</sup>	0,152 <sup>ABb</sup>	0,145 <sup>CDb</sup>	0,136 <sup>ABa</sup>	0,148 <sup>BCa</sup>	0,132 <sup>BCa</sup>	0,138 <sup>BCb</sup>	0,158 <sup>ABa</sup>
4	0,154 <sup>ABa</sup>	0,157 <sup>ABa</sup>	0,163 <sup>ABCa</sup>	0,171 <sup>ABa</sup>	0,161 <sup>ABa</sup>	0,167 <sup>Aa</sup>	0,135 <sup>BCb</sup>	0,162 <sup>ABa</sup>
5	0,147 <sup>ABCa</sup>	0,147 <sup>ABCa</sup>	0,133 <sup>Db</sup>	0,155 <sup>Ba</sup>	0,109 <sup>Db</sup>	0,169 <sup>Aa</sup>	0,187 <sup>Aa</sup>	0,182 <sup>Aa</sup>
6	0,146 <sup>ABCb</sup>	0,171 <sup>BCa</sup>	0,173 <sup>ABa</sup>	0,154 <sup>Ba</sup>	0,125 <sup>CDb</sup>	0,155 <sup>ABa</sup>	0,135 <sup>BCa</sup>	0,150 <sup>Ba</sup>
7	0,133 <sup>BCa</sup>	0,138 <sup>Ca</sup>	0,184 <sup>Aa</sup>	0,166 <sup>ABa</sup>	0,186 <sup>Aa</sup>	0,158 <sup>ABb</sup>	0,186 <sup>Aa</sup>	0,182 <sup>Aa</sup>

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada dose, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com os resultados mostrados na Tabela 16, observa-se que para todas as doses de adubação fosfatada e populações houve efeito significativo do turno de rega sobre o conteúdo de fósforo na folha. Na população P<sub>80</sub> com D<sub>0</sub> foi encontrado maior

CFF no TR<sub>6</sub>, com a D<sub>50</sub> no TR<sub>1</sub>, com a D<sub>100</sub> nos TR<sub>4</sub> e TR<sub>5</sub>, com a D<sub>200</sub> nos TR<sub>5</sub> e TR<sub>7</sub>. Por outro lado, a P<sub>60</sub> com D<sub>0</sub> apresentou maior CFF no TR<sub>1</sub> e TR<sub>3</sub>, com D<sub>50</sub> e D<sub>100</sub> no TR<sub>7</sub> e com D<sub>200</sub> nos TR<sub>5</sub> e TR<sub>7</sub>.

Para a mesma dose de adubo, a característica conteúdo de fósforo na folha no estágio de florescimento foi diferente entre as populações, exceto em TR<sub>3</sub> com D<sub>100</sub>, TR<sub>4</sub> com D<sub>0</sub>, D<sub>50</sub> e D<sub>100</sub>, TR<sub>5</sub> com D<sub>0</sub> e D<sub>200</sub>, TR<sub>6</sub> com D<sub>50</sub> e D<sub>200</sub>, TR<sub>7</sub> com D<sub>0</sub>, D<sub>50</sub> e D<sub>200</sub>.

De acordo com Malavolta (2006), o conteúdo adequado de P nas folhas do milho para um bom desenvolvimento e produção, está situado na faixa de 0,25 a 0,40 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca. No entanto, Martinez et al. (1999) sugerem como ideal as faixas de 0,25 a 0,35 g kg<sup>-1</sup> para os conteúdos de P nas folhas para a cultura do milho. Desta forma, percebe-se que os conteúdos médios de P na folha do milho (Tabela 16) ficaram abaixo do considerado adequado de acordo com autores citados acima. Isto, possivelmente, pode ter ocorrido devido aos efeitos de diluição desse nutriente em função do maior crescimento e, conseqüentemente, maior produção da cultura ocorrida neste trabalho.

Considerando as combinações de D e TR, pode-se observar que os conteúdos de fósforo na folha foram maiores na P<sub>60</sub> que na P<sub>80</sub>, nos TR<sub>1</sub> e TR<sub>3</sub> na D<sub>0</sub>, nos TR<sub>1</sub> e TR<sub>7</sub> na D<sub>100</sub> e nos TR<sub>1</sub> e TR<sub>2</sub> na D<sub>200</sub>. Para os TR<sub>2</sub> e TR<sub>6</sub> na D<sub>0</sub>, TR<sub>1</sub>, TR<sub>2</sub>, TR<sub>3</sub> e TR<sub>5</sub> na D<sub>50</sub>, TR<sub>2</sub>, TR<sub>5</sub> e TR<sub>6</sub> na D<sub>100</sub> e TR<sub>3</sub> e TR<sub>4</sub> na D<sub>200</sub>, os conteúdos de fósforo na folha foram maiores na P<sub>80</sub> que na P<sub>60</sub>. Para os demais não citados, os resultados médios para esta característica não apresentaram diferença estatística entre as populações.

Tabela 17 – Valores médios do conteúdo de fósforo no caule (g kg<sup>-1</sup>) no florescimento (CFC) para as combinações dos níveis turno de rega, população de plantas e fósforo.

TR	D <sub>0</sub>		D <sub>50</sub>		D <sub>100</sub>		D <sub>200</sub>	
	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>
1	0,081 <sup>ABCa</sup>	0,067 <sup>ABa</sup>	0,092 <sup>Ca</sup>	0,054 <sup>Bb</sup>	0,119 <sup>Aa</sup>	0,061 <sup>ABb</sup>	0,091 <sup>Aa</sup>	0,077 <sup>Aa</sup>
2	0,052 <sup>Db</sup>	0,078 <sup>Aa</sup>	0,056 <sup>Db</sup>	0,080 <sup>Aa</sup>	0,090 <sup>BCa</sup>	0,066 <sup>ABb</sup>	0,100 <sup>Aa</sup>	0,056 <sup>ABb</sup>
3	0,094 <sup>Aa</sup>	0,051 <sup>Bb</sup>	0,075 <sup>CDa</sup>	0,079 <sup>Aa</sup>	0,072 <sup>Ca</sup>	0,074 <sup>Aa</sup>	0,079 <sup>ABa</sup>	0,060 <sup>ABb</sup>
4	0,089 <sup>ABa</sup>	0,073 <sup>ABb</sup>	0,115 <sup>Ba</sup>	0,076 <sup>ABb</sup>	0,104 <sup>ABa</sup>	0,058 <sup>ABb</sup>	0,050 <sup>Bb</sup>	0,078 <sup>Aa</sup>
5	0,088 <sup>ABa</sup>	0,058 <sup>ABb</sup>	0,153 <sup>Aa</sup>	0,062 <sup>ABb</sup>	0,079 <sup>Ca</sup>	0,045 <sup>Bb</sup>	0,085 <sup>Aa</sup>	0,052 <sup>Bb</sup>
6	0,063 <sup>CDa</sup>	0,067 <sup>ABa</sup>	0,064 <sup>Da</sup>	0,063 <sup>ABa</sup>	0,046 <sup>Db</sup>	0,068 <sup>ABa</sup>	0,080 <sup>Aa</sup>	0,069 <sup>ABa</sup>
7	0,068 <sup>BCDa</sup>	0,051 <sup>Bb</sup>	0,143 <sup>Aa</sup>	0,068 <sup>ABb</sup>	0,110 <sup>ABa</sup>	0,076 <sup>Ab</sup>	0,097 <sup>Aa</sup>	0,056 <sup>ABb</sup>

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada dose, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

De forma semelhante à característica conteúdo de fósforo na folha, o conteúdo de fósforo no caule também apresentou efeito significativo do turno de rega (Tabela 17) para todas as doses de adubação fosfatada e populações.

Foi observado que a P<sub>80</sub> com D<sub>0</sub> apresentou maior CFC no TR<sub>2</sub>, com D<sub>50</sub> nos TR<sub>2</sub> e TR<sub>3</sub>, com D<sub>100</sub> nos TR<sub>3</sub> e TR<sub>7</sub>, com D<sub>200</sub> nos TR<sub>1</sub> e TR<sub>4</sub>. Por outro lado a P<sub>60</sub> apresentou maior CFC com D<sub>0</sub> no TR<sub>3</sub>, com D<sub>50</sub> nos TR<sub>5</sub> e TR<sub>7</sub>, com D<sub>100</sub> no TR<sub>1</sub> e com D<sub>200</sub> nos TR<sub>1</sub>, TR<sub>2</sub>, TR<sub>5</sub>, TR<sub>6</sub> e TR<sub>7</sub>.

A característica conteúdo de fósforo no caule no estágio de florescimento foi diferente entre as populações exceto no TR<sub>1</sub> com D<sub>0</sub> e D<sub>200</sub>, no TR<sub>6</sub> com D<sub>0</sub>, D<sub>50</sub> e D<sub>200</sub> e TR<sub>3</sub> com D<sub>50</sub> e D<sub>100</sub>.

Tabela 18 – Valores médios do conteúdo de fósforo nos órgãos reprodutivos (pendão e espiga) (g kg<sup>-1</sup>) no florescimento (CFOR) para as combinações dos níveis turno de rega, população de plantas e fósforo.

TR	D <sub>0</sub>		D <sub>50</sub>		D <sub>100</sub>		D <sub>200</sub>	
	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>
1	0,075 <sup>Aa</sup>	0,053 <sup>Ab</sup>	0,079 <sup>Aa</sup>	0,065 <sup>Aa</sup>	0,076 <sup>Aa</sup>	0,069 <sup>Aa</sup>	0,068 <sup>BCa</sup>	0,062 <sup>Aa</sup>
2	0,090 <sup>Aa</sup>	0,051 <sup>Ab</sup>	0,072 <sup>Aa</sup>	0,057 <sup>Aa</sup>	0,086 <sup>Aa</sup>	0,064 <sup>Ab</sup>	0,075 <sup>ABCa</sup>	0,051 <sup>Ab</sup>
3	0,077 <sup>Aa</sup>	0,047 <sup>Ab</sup>	0,076 <sup>Aa</sup>	0,055 <sup>Ab</sup>	0,075 <sup>Aa</sup>	0,053 <sup>Ab</sup>	0,069 <sup>ABCa</sup>	0,068 <sup>Aa</sup>
4	0,083 <sup>Aa</sup>	0,056 <sup>Ab</sup>	0,082 <sup>Aa</sup>	0,063 <sup>Ab</sup>	0,073 <sup>Aa</sup>	0,064 <sup>Aa</sup>	0,054 <sup>Cb</sup>	0,075 <sup>Aa</sup>
5	0,075 <sup>Aa</sup>	0,058 <sup>Ab</sup>	0,074 <sup>Aa</sup>	0,057 <sup>Ab</sup>	0,079 <sup>Aa</sup>	0,060 <sup>Ab</sup>	0,090 <sup>ABa</sup>	0,053 <sup>Ab</sup>
6	0,075 <sup>Aa</sup>	0,060 <sup>Ab</sup>	0,076 <sup>Aa</sup>	0,058 <sup>Aa</sup>	0,076 <sup>Aa</sup>	0,054 <sup>Ab</sup>	0,064 <sup>Ca</sup>	0,066 <sup>Aa</sup>
7	0,077 <sup>Aa</sup>	0,053 <sup>Ab</sup>	0,088 <sup>Aa</sup>	0,059 <sup>Ab</sup>	0,088 <sup>Aa</sup>	0,056 <sup>Ab</sup>	0,094 <sup>Aa</sup>	0,063 <sup>Ab</sup>

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada dose, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando os valores médios de conteúdo de fósforo nos órgãos reprodutivos, foi observado efeito significativo do turno de rega somente na população P<sub>60</sub> com a dose D<sub>200</sub>, sendo maiores valores de CFOR no TR<sub>7</sub>.

A característica conteúdo de fósforo no órgão reprodutivo foi diferente entre as populações exceto em TR<sub>1</sub>, TR<sub>2</sub> e TR<sub>6</sub> com D<sub>50</sub>, e TR<sub>1</sub> e TR<sub>4</sub> com a D<sub>100</sub>, TR<sub>1</sub>, TR<sub>3</sub> e TR<sub>6</sub> com a D<sub>200</sub>.

Nas Tabelas 19, 20, 21 e 22 a seguir, estão apresentados os valores médios das características conteúdo de fósforo na folha (CFFC), conteúdo de fósforo no caule (CFCC), conteúdo de fósforo na palha e no sabugo (CFPC) e conteúdo de fósforo no grão de milho (CFG) na colheita para a cultura do milho segunda safra no ano de 2017.

Tabela 19 – Valores médios do conteúdo de fósforo na folha ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na colheita (CFFC) para as combinações dos níveis turno de rega, população de plantas e fósforo.

TR	D <sub>0</sub>		D <sub>50</sub>		D <sub>100</sub>		D <sub>200</sub>	
	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>
1	0,025 <sup>Da</sup>	0,016 <sup>Db</sup>	0,027 <sup>BCa</sup>	0,024 <sup>BCa</sup>	0,029 <sup>Ba</sup>	0,019 <sup>Cb</sup>	0,002 <sup>CDa</sup>	0,019 <sup>BCb</sup>
2	0,027 <sup>BCa</sup>	0,017 <sup>Db</sup>	0,023 <sup>Ea</sup>	0,026 <sup>Ba</sup>	0,027 <sup>Ca</sup>	0,019 <sup>Cb</sup>	0,031 <sup>Aa</sup>	0,021 <sup>Bb</sup>
3	0,028 <sup>Ba</sup>	0,028 <sup>Aa</sup>	0,029 <sup>Aa</sup>	0,021 <sup>Db</sup>	0,031 <sup>Aa</sup>	0,024 <sup>Ab</sup>	0,026 <sup>Da</sup>	0,018 <sup>CDb</sup>
4	0,022 <sup>Ea</sup>	0,017 <sup>Db</sup>	0,024 <sup>DEa</sup>	0,019 <sup>Eb</sup>	0,029 <sup>Ba</sup>	0,019 <sup>Cb</sup>	0,030 <sup>ABa</sup>	0,014 <sup>Eb</sup>
5	0,025 <sup>CDa</sup>	0,019 <sup>Cb</sup>	0,028 <sup>ABa</sup>	0,030 <sup>Aa</sup>	0,021 <sup>Ea</sup>	0,018 <sup>Ca</sup>	0,028 <sup>BCa</sup>	0,017 <sup>Db</sup>
6	0,031 <sup>Aa</sup>	0,027 <sup>ABb</sup>	0,027 <sup>BCa</sup>	0,017 <sup>Fb</sup>	0,024 <sup>Da</sup>	0,025 <sup>Aa</sup>	0,025 <sup>Da</sup>	0,028 <sup>Aa</sup>
7	0,025 <sup>Da</sup>	0,025 <sup>Aa</sup>	0,026 <sup>CDa</sup>	0,023 <sup>CDa</sup>	0,002 <sup>Ba</sup>	0,022 <sup>Bb</sup>	0,023 <sup>Da</sup>	0,027 <sup>Aa</sup>

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada dose, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Foi observado que a P<sub>80</sub> apresentou maior CFFC na colheita, com D<sub>0</sub> nos TR<sub>3</sub> e TR<sub>7</sub>, com D<sub>50</sub> no TR<sub>5</sub>, com D<sub>100</sub> nos TR<sub>3</sub> e TR<sub>6</sub>, com D<sub>200</sub> nos TR<sub>6</sub> e TR<sub>7</sub>, por outro lado a P<sub>60</sub> apresentou maior efeito com D<sub>0</sub> no TR<sub>6</sub>, com D<sub>50</sub> nos TR<sub>3</sub> e TR<sub>5</sub>, com D<sub>100</sub> no TR<sub>3</sub> e com D<sub>200</sub> no TR<sub>2</sub>.

A característica conteúdo de fósforo na folha na colheita foi diferente entre as populações exceto, em TR<sub>3</sub> e TR<sub>7</sub> com a D<sub>0</sub>, e TR<sub>1</sub>, TR<sub>2</sub>, TR<sub>5</sub> e TR<sub>7</sub> com a D<sub>50</sub>, TR<sub>5</sub> e TR<sub>6</sub> com a D<sub>100</sub> e TR<sub>6</sub> e TR<sub>7</sub> com a D<sub>200</sub>.

Tabela 20 – Valores médios do conteúdo de fósforo no caule ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na colheita (CFCC) para as combinações dos níveis turno de rega, população de plantas e fósforo.

TR	D <sub>0</sub>		D <sub>50</sub>		D <sub>100</sub>		D <sub>200</sub>	
	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>						
1	0,021 <sup>Aa</sup>	0,016 <sup>Aa</sup>	0,018 <sup>Aa</sup>	0,026 <sup>Aa</sup>	0,020 <sup>Aa</sup>	0,021 <sup>Aa</sup>	0,034 <sup>Aa</sup>	0,020 <sup>Aa</sup>
2	0,017 <sup>Aa</sup>	0,016 <sup>Aa</sup>	0,018 <sup>Aa</sup>	0,022 <sup>Aa</sup>	0,022 <sup>Aa</sup>	0,018 <sup>Aa</sup>	0,029 <sup>Aa</sup>	0,020 <sup>Aa</sup>
3	0,019 <sup>Aa</sup>	0,016 <sup>Aa</sup>	0,030 <sup>Aa</sup>	0,026 <sup>Aa</sup>	0,025 <sup>Aa</sup>	0,024 <sup>Aa</sup>	0,033 <sup>Aa</sup>	0,026 <sup>Aa</sup>
4	0,018 <sup>Aa</sup>	0,013 <sup>Aa</sup>	0,019 <sup>Aa</sup>	0,020 <sup>Aa</sup>	0,021 <sup>Aa</sup>	0,019 <sup>Aa</sup>	0,027 <sup>Aa</sup>	0,017 <sup>Aa</sup>
5	0,031 <sup>Aa</sup>	0,028 <sup>Aa</sup>	0,022 <sup>Aa</sup>	0,027 <sup>Aa</sup>	0,020 <sup>Aa</sup>	0,021 <sup>Aa</sup>	0,030 <sup>Ab</sup>	0,090 <sup>Aa</sup>
6	0,032 <sup>Aa</sup>	0,017 <sup>Aa</sup>	0,031 <sup>Aa</sup>	0,018 <sup>Aa</sup>	0,021 <sup>Aa</sup>	0,021 <sup>Aa</sup>	0,026 <sup>Aa</sup>	0,018 <sup>Aa</sup>
7	0,025 <sup>Aa</sup>	0,017 <sup>Aa</sup>	0,035 <sup>Aa</sup>	0,023 <sup>Aa</sup>	0,020 <sup>Aa</sup>	0,025 <sup>Aa</sup>	0,026 <sup>Aa</sup>	0,019 <sup>Aa</sup>

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada dose, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Não foi verificado efeito do TR em nenhuma das combinações de dose e população. Apenas na combinação de TR<sub>5</sub> e D<sub>200</sub> foi verificado maior conteúdo de fósforo no caule no estágio de colheita do milho na P<sub>80</sub>.

Tabela 21 – Valores médios do conteúdo de fósforo na palha e sabugo (g kg<sup>-1</sup>) na colheita (CFPC) para as combinações dos níveis turno de rega, população de plantas e fósforo.

TR	D <sub>0</sub>		D <sub>50</sub>		D <sub>100</sub>		D <sub>200</sub>	
	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>
1	0,043 <sup>Aa</sup>	0,020 <sup>Db</sup>	0,041 <sup>Aa</sup>	0,026 <sup>Cb</sup>	0,057 <sup>Aa</sup>	0,030 <sup>Ab</sup>	0,047 <sup>Aa</sup>	0,016 <sup>Eb</sup>
2	0,026 <sup>Ea</sup>	0,021 <sup>CDb</sup>	0,022 <sup>Cb</sup>	0,034 <sup>Aa</sup>	0,039 <sup>Ca</sup>	0,027 <sup>Bb</sup>	0,023 <sup>Db</sup>	0,033 <sup>Aa</sup>
3	0,035 <sup>Ba</sup>	0,020 <sup>Db</sup>	0,031 <sup>Bb</sup>	0,035 <sup>Aa</sup>	0,033 <sup>Da</sup>	0,017 <sup>Eb</sup>	0,024 <sup>Da</sup>	0,016 <sup>Eb</sup>
4	0,023 <sup>Fa</sup>	0,022 <sup>BCa</sup>	0,030 <sup>Ba</sup>	0,022 <sup>Db</sup>	0,018 <sup>Fb</sup>	0,024 <sup>Ca</sup>	0,031 <sup>BCa</sup>	0,021 <sup>Db</sup>
5	0,030 <sup>Da</sup>	0,033 <sup>Aa</sup>	0,041 <sup>Aa</sup>	0,027 <sup>Bb</sup>	0,048 <sup>Ba</sup>	0,023 <sup>CDb</sup>	0,048 <sup>Aa</sup>	0,014 <sup>Fb</sup>
6	0,033 <sup>Ca</sup>	0,024 <sup>Bb</sup>	0,022 <sup>Ca</sup>	0,018 <sup>Eb</sup>	0,015 <sup>Gb</sup>	0,022 <sup>Da</sup>	0,030 <sup>Ca</sup>	0,027 <sup>Ba</sup>
7	0,027 <sup>Ea</sup>	0,022 <sup>BCb</sup>	0,030 <sup>Ba</sup>	0,020 <sup>Db</sup>	0,028 <sup>Ea</sup>	0,022 <sup>Db</sup>	0,032 <sup>Ba</sup>	0,024 <sup>Cb</sup>

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada dose, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com a Tabela 21, o conteúdo de fósforo na palha e sabugo apresentou efeito significativo do turno de rega para todas as doses de adubação fosfatada e populações.

Foi observado que a P<sub>80</sub> apresentou maior CFPC com D<sub>0</sub> no TR<sub>5</sub>, com D<sub>50</sub> nos TR<sub>2</sub> e TR<sub>3</sub>, com D<sub>100</sub> no TR<sub>1</sub> e com D<sub>200</sub> no TR<sub>2</sub>, por outro lado a P<sub>60</sub> apresentou maior efeito com D<sub>0</sub> nos TR<sub>1</sub>, com D<sub>50</sub> nos TR<sub>1</sub> e TR<sub>5</sub>, com D<sub>100</sub> no TR<sub>1</sub> e com D<sub>200</sub> nos TR<sub>1</sub> e TR<sub>5</sub>. Para a mesma dose de adubo, a característica conteúdo de fósforo no sabugo e na palha no estágio de colheita foi diferente entre as populações, exceto em TR<sub>4</sub> e TR<sub>5</sub> com a D<sub>0</sub> e TR<sub>6</sub> com a D<sub>200</sub>.

Tabela 22 – Valores médios do conteúdo de fósforo nos grãos de milho ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na colheita (CFG) para as combinações dos níveis turno de rega, população de plantas e fósforo.

TR	D <sub>0</sub>		D <sub>50</sub>		D <sub>100</sub>		D <sub>200</sub>	
	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>	P <sub>60</sub>	P <sub>80</sub>
1	0,085 <sup>CDa</sup>	0,058 <sup>Cb</sup>	0,085 <sup>Da</sup>	0,086 <sup>BCa</sup>	0,067 <sup>DEa</sup>	0,064 <sup>Ba</sup>	0,098 <sup>BCa</sup>	0,072 <sup>BCb</sup>
2	0,082 <sup>CDa</sup>	0,078 <sup>BCa</sup>	0,109 <sup>BCa</sup>	0,117 <sup>Aa</sup>	0,122 <sup>Ba</sup>	0,096 <sup>Ab</sup>	0,135 <sup>Aa</sup>	0,113 <sup>Ab</sup>
3	0,110 <sup>ABa</sup>	0,096 <sup>ABa</sup>	0,103 <sup>BCDa</sup>	0,096 <sup>ABa</sup>	0,108 <sup>BCa</sup>	0,072 <sup>Bb</sup>	0,078 <sup>Ca</sup>	0,081 <sup>Ba</sup>
4	0,073 <sup>Da</sup>	0,084 <sup>Ba</sup>	0,101 <sup>BCDa</sup>	0,076 <sup>BCb</sup>	0,063 <sup>Eb</sup>	0,085 <sup>ABa</sup>	0,108 <sup>Ba</sup>	0,080 <sup>Bb</sup>
5	0,100 <sup>ABCa</sup>	0,108 <sup>Aa</sup>	0,139 <sup>Aa</sup>	0,084 <sup>BCb</sup>	0,152 <sup>Aa</sup>	0,079 <sup>ABa</sup>	0,152 <sup>Aa</sup>	0,049 <sup>Cb</sup>
6	0,122 <sup>Aa</sup>	0,082 <sup>Bb</sup>	0,090 <sup>CDa</sup>	0,066 <sup>Cb</sup>	0,060 <sup>Eb</sup>	0,083 <sup>ABa</sup>	0,097 <sup>BCa</sup>	0,092 <sup>ABa</sup>
7	0,093 <sup>BCDa</sup>	0,075 <sup>BCb</sup>	0,117 <sup>ABa</sup>	0,073 <sup>BCb</sup>	0,087 <sup>CDa</sup>	0,078 <sup>ABa</sup>	0,103 <sup>Ba</sup>	0,090 <sup>ABa</sup>

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada dose, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

De forma semelhante à característica conteúdo de fósforo na palha e sabugo, o conteúdo de fósforo nos grãos de milho também apresentou efeito significativo do turno de rega (Tabela 22) para todas as doses de adubação fosfatada e populações de plantas.

Foi observado que a P<sub>80</sub> apresentou maior CFG na colheita, com D<sub>0</sub> no TR<sub>5</sub> e nas demais doses no turno de rega TR<sub>2</sub>. Por outro lado a P<sub>60</sub> apresentou maior efeito com D<sub>0</sub> no TR<sub>6</sub>, com D<sub>50</sub> e D<sub>100</sub> no TR<sub>5</sub> e com D<sub>200</sub> nos TR<sub>2</sub> e TR<sub>5</sub>.

A característica conteúdo de fósforo no grão de milho na colheita foi diferente entre as populações de plantas exceto nos TR<sub>2</sub>, TR<sub>3</sub>, TR<sub>4</sub> e TR<sub>5</sub> com a D<sub>0</sub>; e TR<sub>1</sub>, TR<sub>2</sub> e TR<sub>3</sub> com a D<sub>50</sub>; TR<sub>1</sub>, TR<sub>5</sub> e TR<sub>7</sub> com a D<sub>100</sub>; e TR<sub>3</sub>, TR<sub>6</sub> e TR<sub>7</sub> com a D<sub>200</sub>.

Essas respostas não diferenciadas da cultura à absorção de fósforo encontrada nas folhas, colmo, órgãos reprodutivos, palha e sabugo e grãos pode estar relacionadas com a quantidade de precipitações ocorridas ao longo do período experimental, que somada às irrigações realizadas, fizeram com que houvesse um disponibilidade hídrica regular no solo, facilitando ainda mais a absorção de fósforo pela cultura e não tendo diferenciação nos tratamentos.

### 3.6. Efeitos da adubação na cultura do milho

Considerando que foram observadas interações significativas ( $p < 0,05$ ) entre os efeitos das parcelas (populações de plantas), subparcelas (turno de rega) e sub-subparcelas (doses de fósforo), ajustou-se equações de regressão dos valores observados para as características avaliadas em função das doses de adubação em cada uma das

combinações dos níveis de TR e P. As significâncias dos ajustes das regressão foram avaliadas pelo teste t ( $p < 0,05$ ). Apenas equações cujas análises de variância da regressão apresentaram parâmetro significativo pelo teste t ( $p < 0,05$ ) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) maior que 0,5, foram consideradas para descrever os efeitos das doses. Dentre as equações de primeiro e segundo grau que atenderam os critérios anteriores, selecionou-se as que apresentaram maior  $R^2$  para descrever os efeitos da adubação. Na Tabela 23, estão apresentadas as equações lineares de primeiro e segundo grau ajustadas para as características da planta no estágio de florescimento, para as diferentes combinações de turno de rega e população de plantas.

Tabela 23 – Valores estimados da constante e dos coeficientes de regressão das equações ajustadas para as características da planta de milho ao florescimento: altura de plantas (AP), diâmetro de colmo (DCF) e altura de inserção de espiga (AIE) em função dos níveis de fósforo para as respectivas combinações de TR e P.

	Pop.	TR	Equações	$R^2/r^2$
AP	P <sub>60</sub>	TR <sub>1</sub>	$\hat{Y} = 2,52 + 0,0009 D$	0,67
AP	P <sub>60</sub>	TR <sub>2</sub>	$\hat{Y} = 2,69 - 0,002 D + 0,00006 D^2$	0,69
AP	P <sub>60</sub>	TR <sub>3</sub>	$\hat{Y} = 2,52 + 0,0009 D$	0,67
AP	P <sub>60</sub>	TR <sub>4</sub>	$\hat{Y} = 2,69 - 0,002 D + 0,00006 D^2$	0,69
AP	P <sub>60</sub>	TR <sub>5</sub>	$\hat{Y} = 2,52 + 0,0009 D$	0,67
AP	P <sub>60</sub>	TR <sub>6</sub>	$\hat{Y} = 2,65 - 0,0008 D$	0,61
AP	P <sub>60</sub>	TR <sub>7</sub>	$\hat{Y} = 2,69 - 0,002 D + 0,00006 D^2$	0,69
DCF	P <sub>80</sub>	TR <sub>6</sub>	$\hat{Y} = 2,23 - 0,0016 D + 0,00001 D^2$	0,82
AIE	P <sub>60</sub>	TR <sub>2</sub>	$\hat{Y} = 1,56 - 0,0006 D$	0,75
AIE	P <sub>60</sub>	TR <sub>4</sub>	$\hat{Y} = 1,56 - 0,0006 D$	0,75
AIE	P <sub>60</sub>	TR <sub>6</sub>	$\hat{Y} = 1,56 - 0,0006 D$	0,75
AIE	P <sub>60</sub>	TR <sub>7</sub>	$\hat{Y} = 1,56 - 0,0006 D$	0,75

Na figura 7 estão plotadas as equações de regressão ajustada para as características da planta de milho no florescimento: altura de plantas (AP), diâmetro de colmo (DCF) e altura de inserção de espiga (AIE) em função dos níveis de fósforo para as respectivas combinações de TR e P.

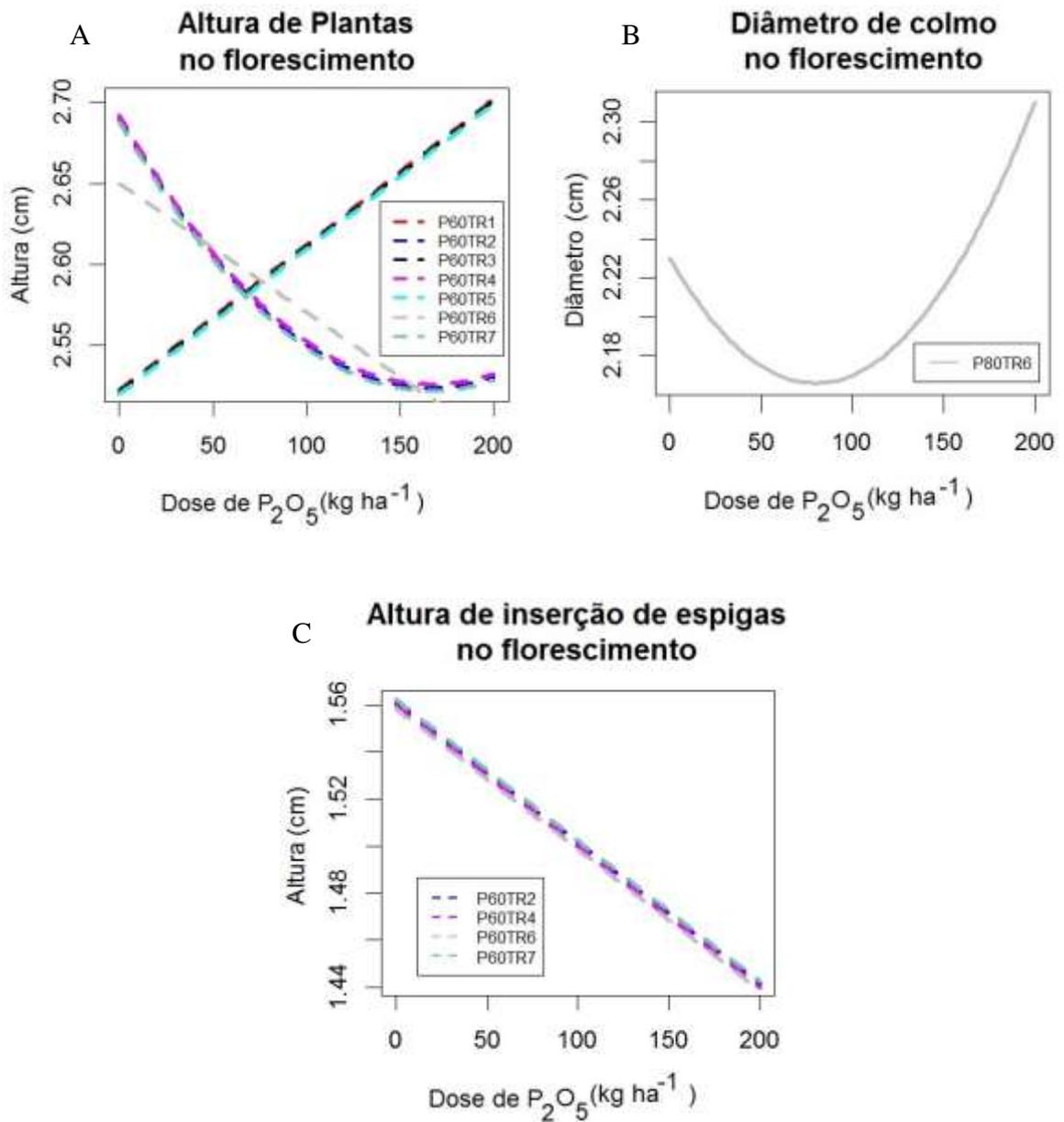


Figura 7. Gráficos das equações de regressão ajustada para (A) altura de plantas, (B) diâmetro de colmo e (C) altura de inserção de espigas no florescimento em função dos níveis de fósforo para as respectivas combinações de TR e P.

Na característica AP foram obtidas equações de regressão linear significativa apenas na P<sub>60</sub>, sendo estas equações de primeiro grau nos TR<sub>1</sub>, TR<sub>3</sub> e TR<sub>6</sub> e de segundo grau nos TR<sub>2</sub>, TR<sub>4</sub>, TR<sub>5</sub> e TR<sub>7</sub> (Figura 7A). Nas combinações P<sub>60</sub> com TR<sub>1</sub>, TR<sub>3</sub> e TR<sub>5</sub>, quanto maior a dose de fósforo, maior a altura média das plantas; por outro lado, na combinação P<sub>60</sub> com TR<sub>6</sub> foi observado comportamento inverso, ou seja, a altura média das plantas decresce com o aumento da dose de fósforo. Interessantemente os TR<sub>2</sub>, TR<sub>4</sub> e

TR<sub>7</sub> apresentaram o mesmo comportamento dos efeitos das doses de fósforo, ou seja, os mesmos valores dos parâmetros da regressão, sendo também observado que a altura média das plantas diminui com o aumento da dose até o valor mínimo de 2,52 m, atingido com a dose de 166,67 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e, a partir de então, a altura média das plantas elevou com o aumento da dose de fósforo.

Considerando a característica diâmetro de caule florescimento, apenas na combinação P<sub>80</sub> com TR<sub>6</sub> foi obtida equação de regressão significativa, na qual o DCF é decrescente até a dose de 80,00 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> proporcionando o diâmetro de caule de 2,17 cm que, a partir de então, passa a ser crescente com o aumento da dose de fósforo (Figura 7B).

Na característica AIE, apenas na P<sub>60</sub>, quando combinada com os TR<sub>2</sub>, TR<sub>4</sub>, TR<sub>6</sub> e TR<sub>7</sub> foram obtidas equações significativas, nas quais a AIE diminui linearmente com o aumento da dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada (Figura 7C). Nas características AP, DCF e AIE, as demais combinações de P e TR não apresentaram efeito significativo.

Na Tabela 24 estão apresentados os valores dos parâmetros das equações de regressão linear de primeiro e segundo grau ajustada para conteúdo de fósforo na folha e no caule, em função das doses de fósforo no estágio de florescimento do milho.

Tabela 24 – Valores estimados da constante e dos coeficientes de regressão das equações ajustadas no estágio de florescimento para conteúdo de fósforo na folha (CFF), conteúdo de fósforo no caule (CFC) em função dos níveis de fósforo para as respectivas combinações de TR e P.

	Pop.	TR	Equações	R <sup>2</sup> /r <sup>2</sup>
CFF	P <sub>80</sub>	TR <sub>5</sub>	$\hat{Y} = 0,148 + 0,00017 D$	0,51
CFF	P <sub>60</sub>	TR <sub>1</sub>	$\hat{Y} = 0,168 - 0,00017 D$	0,53
CFF	P <sub>60</sub>	TR <sub>5</sub>	$\hat{Y} = 0,151 - 0,0008 D + 0,00005 D^2$	0,82
CFF	P <sub>60</sub>	TR <sub>7</sub>	$\hat{Y} = 0,137 - 0,0009 D + 0,00003 D^2$	0,61
CFC	P <sub>80</sub>	TR <sub>2</sub>	$\hat{Y} = 0,081 - 0,00012 D$	0,54
CFC	P <sub>60</sub>	TR <sub>1</sub>	$\hat{Y} = 0,077 + 0,0006 D - 0,000027 D^2$	0,54
CFC	P <sub>60</sub>	TR <sub>2</sub>	$\hat{Y} = 0,051 + 0,0002 D$	0,70
CFC	P <sub>60</sub>	TR <sub>4</sub>	$\hat{Y} = 0,092 + 0,00051 D - 0,000003 D^2$	0,73

Na figura 8 estão plotadas as equações de regressão ajustada para as características da planta de milho no estágio de florescimento para conteúdo de fósforo na

folha (CFF), conteúdo de fósforo no caule (CFC) em função dos níveis de fósforo para as respectivas combinações de TR e P.

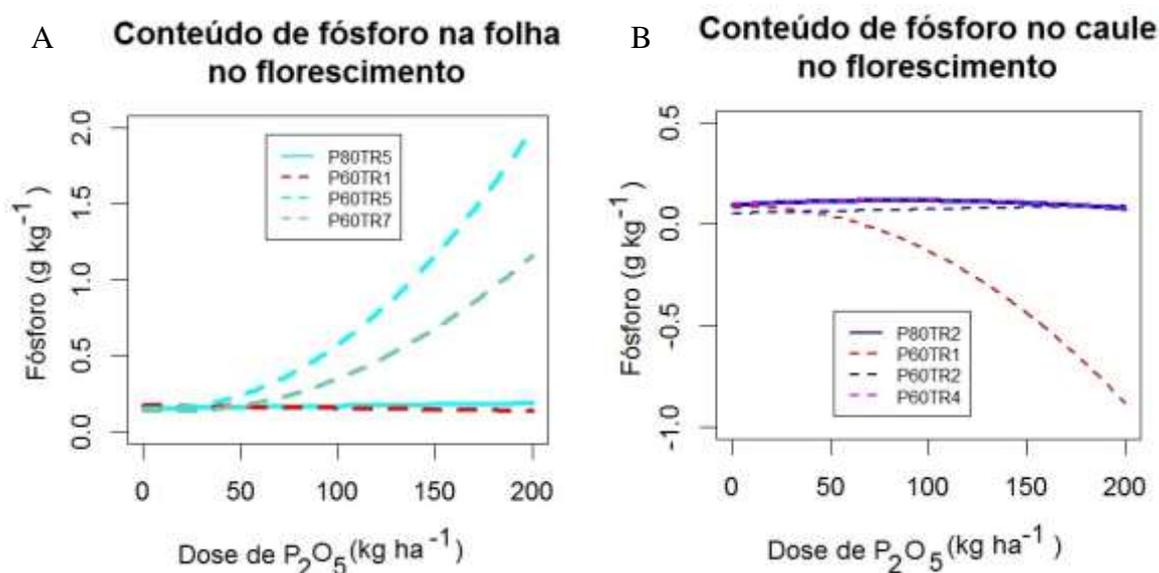


Figura 8. Gráficos das equações de regressão ajustada para (A) conteúdo de fósforo na folha e (B) conteúdo de fósforo no caule no florescimento em função dos níveis de fósforo para as respectivas combinações de TR e P.

Foi verificado que o CFF aumenta linearmente com o aumento da dose aplicada na P<sub>80</sub> combinada ao TR<sub>5</sub> e decresce linearmente na P<sub>60</sub> combinada ao TR<sub>1</sub>. Por outro lado, comportamento quadrático foi observado na P<sub>60</sub> combinada aos TR<sub>5</sub> e TR<sub>7</sub> (Figura 8A), sendo os valores mínimos de 0,148 e 0,130 g kg<sup>-1</sup> de fósforo obtidos com as aplicações de 8,00 e 15,00 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente.

Na combinação da P<sub>80</sub> com o TR<sub>2</sub>, as equações ajustadas para CFC mostraram que este decresce linearmente com a dose de fósforo aplicada, enquanto que na combinação P<sub>60</sub> com o TR<sub>2</sub>, o comportamento foi contrário. Além disto, foram melhor ajustadas equações de segundo grau para o CFC nas combinações da P<sub>60</sub> com os TR<sub>1</sub> e TR<sub>4</sub> (Figura 8B), sendo os maiores valores de 0,080 e 0,114 g kg<sup>-1</sup> obtidos com as doses 11,11 e 85,00 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. Nas características CFF e CFC, as demais combinações de fósforo e turno de rega não apresentaram efeito significativo.

Na Tabela 25 estão apresentados os valores dos parâmetros das equações de regressão linear de primeiro e segundo graus ajustada para conteúdo de fósforo na folha, no caule, na palha e nos grãos de milho, em função das doses de fósforo na colheita.

Tabela 25 – Valores estimados da constante e dos coeficientes de regressão das equações na colheita para conteúdo de fósforo na folha (CFFC), conteúdo de fósforo no caule (CFCC), conteúdo de fósforo na palha (CFPC) e conteúdo de fósforo no grão (CFG) em função dos níveis de fósforo para as respectivas combinações de TR e P.

	Pop.	TR	Equações	R <sup>2</sup> /r <sup>2</sup>
CFFC	P <sub>80</sub>	TR <sub>3</sub>	$\hat{Y} = 0,026 - 0,00004 D$	0,62
CFFC	P <sub>80</sub>	TR <sub>4</sub>	$\hat{Y} = 0,017 + 0,00005 D - 0,00000003 D^2$	0,72
CFFC	P <sub>80</sub>	TR <sub>5</sub>	$\hat{Y} = 0,026 - 0,00008 D + 0,0000004 D^2$	0,70
CFFC	P <sub>60</sub>	TR <sub>4</sub>	$\hat{Y} = 0,023 + 0,0003 D$	0,64
CFFC	P <sub>60</sub>	TR <sub>6</sub>	$\hat{Y} = 0,031 - 0,0001 D + 0,0000003 D^2$	0,63
CFCC	P <sub>80</sub>	TR <sub>3</sub>	$\hat{Y} = 0,018 + 0,00012 D - 0,00000004 D^2$	0,56
CFCC	P <sub>80</sub>	TR <sub>4</sub>	$\hat{Y} = 0,014 + 0,00011 D - 0,0000004 D^2$	0,66
CFCC	P <sub>80</sub>	TR <sub>7</sub>	$\hat{Y} = 0,017 + 0,00014 D - 0,0000007 D^2$	0,83
CFCC	P <sub>60</sub>	TR <sub>1</sub>	$\hat{Y} = 0,012 - 0,00008 D + 0,0000007 D^2$	0,75
CFCC	P <sub>60</sub>	TR <sub>2</sub>	$\hat{Y} = 0,016 + 0,00006 D$	0,75
CFCC	P <sub>60</sub>	TR <sub>3</sub>	$\hat{Y} = 0,021 + 0,00006 D$	0,56
CFCC	P <sub>60</sub>	TR <sub>4</sub>	$\hat{Y} = 0,018 + 0,00004 D$	0,51
CFCC	P <sub>60</sub>	TR <sub>5</sub>	$\hat{Y} = 0,031 - 0,00022 D + 0,000001 D^2$	0,80
CFPC	P <sub>80</sub>	TR <sub>1</sub>	$\hat{Y} = 0,019 + 0,0002 D - 0,000001 D^2$	0,84
CFPC	P <sub>80</sub>	TR <sub>5</sub>	$\hat{Y} = 0,033 - 0,0001 D + 0,00000005 D^2$	0,99
CFPC	P <sub>80</sub>	TR <sub>6</sub>	$\hat{Y} = 0,023 - 0,00007 D + 0,0000004 D^2$	0,67
CFPC	P <sub>80</sub>	TR <sub>7</sub>	$\hat{Y} = 0,022 - 0,00002 D + 0,0000001 D^2$	0,76
CFPC	P <sub>60</sub>	TR <sub>3</sub>	$\hat{Y} = 0,035 - 0,00005 D$	0,82
CFPC	P <sub>60</sub>	TR <sub>5</sub>	$\hat{Y} = 0,030 + 0,00027 D - 0,0000009 D^2$	0,99
CFPC	P <sub>60</sub>	TR <sub>6</sub>	$\hat{Y} = 0,033 - 0,00032 D + 0,000001 D^2$	0,84
CFPC	P <sub>60</sub>	TR <sub>7</sub>	$\hat{Y} = 0,027 + 0,00002 D$	0,68
CFG	P <sub>80</sub>	TR <sub>5</sub>	$\hat{Y} = 0,104 - 0,0002 D$	0,89
CFG	P <sub>60</sub>	TR <sub>2</sub>	$\hat{Y} = 0,083 + 0,0005 D - 0,000001 D^2$	0,72
CFG	P <sub>60</sub>	TR <sub>3</sub>	$\hat{Y} = 0,113 - 0,00015 D$	0,53
CFG	P <sub>60</sub>	TR <sub>5</sub>	$\hat{Y} = 0,102 + 0,0008 D - 0,000002 D^2$	0,52
CFG	P <sub>60</sub>	TR <sub>6</sub>	$\hat{Y} = 0,124 - 0,0010 D + 0,000004 D^2$	0,80

Na figura 9 estão plotadas as equações de regressão ajustada para as características da planta de milho na colheita para conteúdo de fósforo na folha (CFFC), conteúdo de fósforo no caule (CFCC), conteúdo de fósforo na palha (CFPC) e conteúdo de fósforo no grão (CFG) em função dos níveis de fósforo para as respectivas combinações de TR e P.

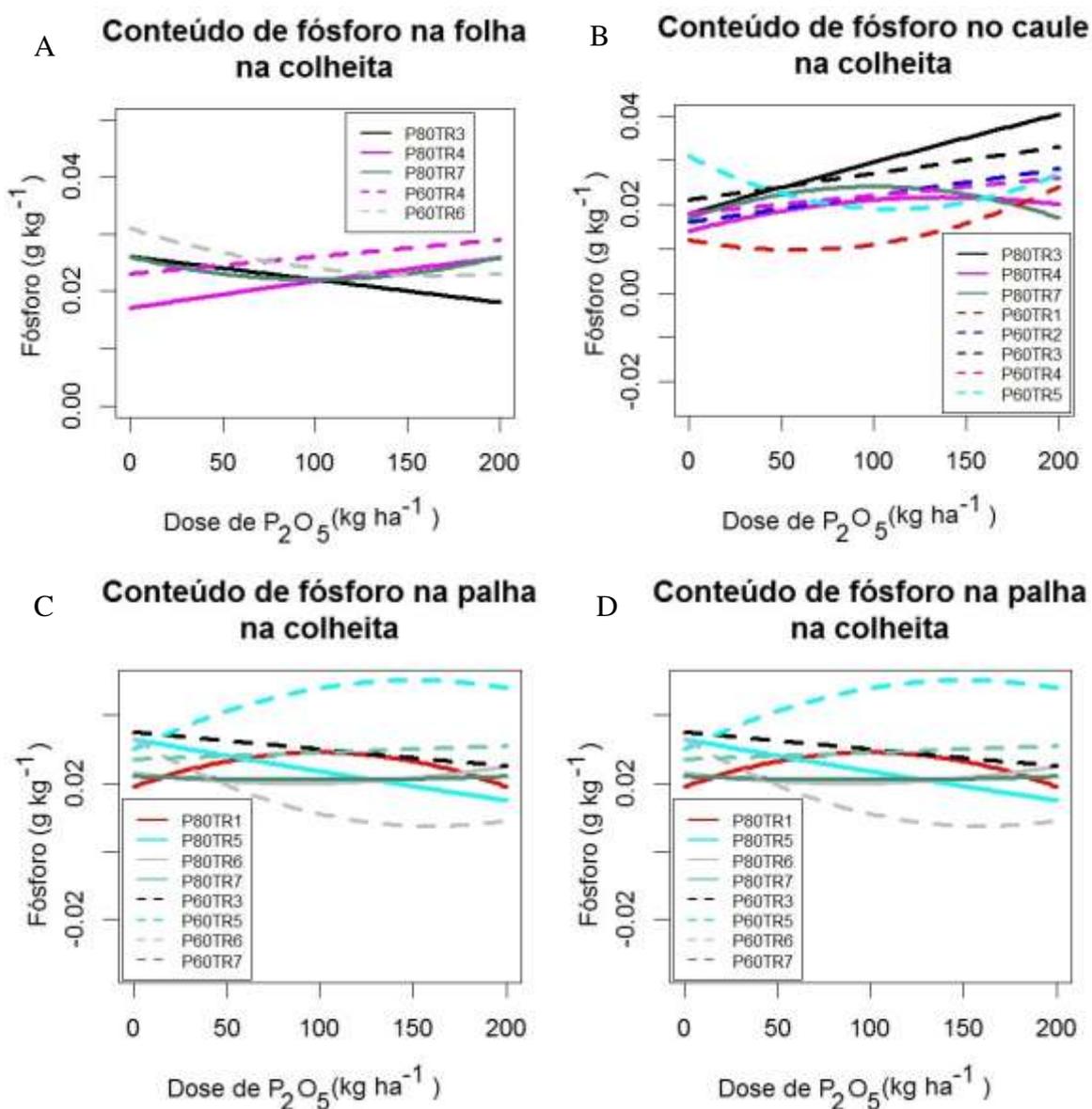


Figura 9. Gráficos das equações de regressão ajustada para (A) conteúdo de fósforo na folha, (B) conteúdo de fósforo no caule, (C) conteúdo de fósforo na palha e (D) conteúdo de fósforo no grão de milho na colheita em função dos níveis de fósforo para as respectivas combinações de TR e P.

Equações de regressão linear de primeiro grau foram ajustadas para CFFC nas combinações P<sub>60</sub> com TR<sub>3</sub> e P<sub>80</sub> com TR<sub>4</sub>, observando-se maior CFFC com o aumento da dose de fósforo na primeiro caso e redução no segundo (Figura 9A). Nas combinações P<sub>80</sub> com TR<sub>4</sub> e TR<sub>7</sub> e P<sub>60</sub> com TR<sub>6</sub>, foram ajustadas equações lineares de segundo grau. Na P<sub>80</sub> combinada com TR<sub>4</sub>, a dose que maximiza o CFFC está fora do intervalo para o qual foi realizado o ajuste (D=833,33 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); portanto, não é possível estimar o valor máximo do CFFC nesta combinação. Já para as combinações P<sub>80</sub> com TR<sub>7</sub> e P<sub>60</sub> com TR<sub>6</sub>, os valores mínimos de 0,022 e 0,023 g kg<sup>-1</sup> do CFFC foram obtidos com as doses 100 e 166,67 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente.

As equações ajustadas para CFCC mostram aumento linear com valores crescentes de doses de fósforo nas combinações de P<sub>60</sub> com TR<sub>2</sub>, TR<sub>3</sub> e TR<sub>4</sub> (Figura 9B). Comportamento quadrático foi observado nas combinações de P<sub>80</sub> com TR<sub>3</sub>, TR<sub>4</sub> e TR<sub>7</sub> e P<sub>60</sub> com TR<sub>1</sub> e TR<sub>5</sub>. Em P<sub>80</sub> com TR<sub>3</sub>, a dose de fósforo que proporciona valor máximo de CFCC está fora do intervalo para o qual foi realizado o ajuste (D=1500,00 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Portanto, não é possível estimar o valor máximo do CFCC nesta combinação. Valores máximos de 0,022 e 0,024 g kg<sup>-1</sup> de CFCC em P<sub>80</sub> com TR<sub>4</sub> e P<sub>80</sub> com TR<sub>7</sub> podem ser obtidos com as doses 137,50 e 100,00 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. Por outro lado, valores mínimos de 0,009 e 0,019 g kg<sup>-1</sup> de fósforo podem ser obtidos em P<sub>60</sub> com TR<sub>1</sub> e P<sub>60</sub> com TR<sub>5</sub> nas doses 57,15 e 110,00 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente.

Na combinação P<sub>60</sub> com TR<sub>3</sub> observou-se comportamento linear decrescente do CFPC com o aumento da dose de fósforo, comportamento inverso foi observado para a combinação P<sub>60</sub> com TR<sub>7</sub> (Figura 9C). Na combinação P<sub>80</sub> com TR<sub>5</sub>, a dose de fósforo que proporciona valor máximo de CFPC está fora do intervalo para o qual foi realizado o ajuste (D=1.000,00 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Portanto, não é possível estimar o valor mínimo CFPC nesta combinação. Já para as combinações P<sub>80</sub> com TR<sub>6</sub> e TR<sub>7</sub> e para P<sub>60</sub> com TR<sub>6</sub> as doses que minimizam o CFPC são 87,50, 100,00 e 160,00 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente, resultando em 0,019, 0,021 e 0,007 g kg<sup>-1</sup> de fósforo, respectivamente. Nas combinações P<sub>80</sub> com TR<sub>1</sub> e P<sub>60</sub> com TR<sub>5</sub>, as doses que maximizam o CFPC são 100,00 e 150,00 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente, resultando em 0,029 e 0,050 g kg<sup>-1</sup> de fósforo na palha.

O conteúdo de fósforo nos grãos de milho (CFG) apresentou comportamento linear decrescente nas combinações P<sub>80</sub> com TR<sub>5</sub> e P<sub>60</sub> com TR<sub>3</sub> (Figura 9D). Já na combinação P<sub>60</sub> com TR<sub>2</sub>, TR<sub>5</sub> e TR<sub>6</sub> foi observado comportamento quadrático. Valores máximos de 0,182 g kg<sup>-1</sup> de fósforo e mínimo de 0,061 g kg<sup>-1</sup> de fósforo são obtidos nas

doses 200,00 e 125,00 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nas combinações de P<sub>60</sub> com TR<sub>5</sub> e TR<sub>6</sub>, respectivamente. Na combinação de P<sub>60</sub> com o TR<sub>2</sub>, a dose de fósforo que proporciona valor máximo de CFG está fora do intervalo para o qual foi realizado o ajuste (D=250,00 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Portanto, não é possível estimar o máximo CFG nesta combinação. Nas características CFFC, CFCC, CFPC e CFG, as demais combinações de fósforo e turno de rega não apresentaram efeito significativo.

## 4. CONCLUSÕES

Neste estudo foi possível concluir que:

- A frequência de irrigação de dois dias, na população de 80 mil plantas por hectare resultou em maior conteúdo de fósforo nos grãos de milho nos tratamentos que receberam adubação fosfatada. No entanto, com a população de 60 mil plantas por hectare, o maior conteúdo de fósforo nos grãos ocorreu na frequência de irrigação de cinco dias.
- No plantio do milho com população de 80 mil plantas por hectare, o uso do turno de rega de dois dias resultou em maior produtividade, independente da dose de fósforo aplicada. No entanto, com população de 60 mil plantas por hectare, o efeito do turno de rega não foi bem evidenciado.
- A população de 80 mil plantas por hectare apresentou maior altura de plantas e de inserção de espigas, comparativamente à população de 60 mil plantas por hectare, independente do turno de rega adotado e da dose de fósforo aplicada. Por outro lado, população de 60 mil plantas por hectare apresentou maior comprimento de espigas, número de grãos na fileira, massa de 1.000 grãos e produtividade.
- Doses crescentes de fósforo, nos níveis estudados, não influenciaram as características de produção. No entanto, foram afetadas as alturas de plantas, altura de inserção de espigas, conteúdo de fósforo nas folhas, no colmo, palha e sabugo e grãos na população de 60 mil plantas por hectare e, diâmetro de caule, conteúdo de fósforo nas folhas, caule, palha e sabugo e grãos na população de 80 mil plantas por hectare.
- Não foi evidenciado efeito da adubação fosfatada nas características produtivas estudadas: produtividade, índice de colheita, diâmetro de espigas, comprimento de espigas, número de fileiras de grãos, número de grãos na fileira e massa de 1.000 grãos.

## 5. REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 310 p. Irrigation and Drainage Paper, 56.
- ALLEN, R.G. **REF-ET: reference evapotranspiration calculator, version 2.1**. Idaho: Idaho University, 2000. 82 p.
- ALBUQUERQUE, P. E. P. **Estratégias de manejo de irrigação: Exemplos de cálculo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2010. 24p (Circular Técnica 136).
- ALVES, A. R.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A. da; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; OSAJIMA, J. A.; HOLANDA, A. C. de. **Conteúdo de nutrientes na biomassa e eficiência nutricional em espécies da Caatinga**. Ciência Florestal, Santa Maria. v. 27, n. 2, p. 377-390, abr-jun, 2017.
- ALVES, L.R.A.A.; FELIPE, F.I.; OSAKI, M. **Competitividade na produção de mandioca no estado de São Paulo com culturas concorrentes em área: safra 2005/2006**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 13., 2009, Botucatu. Resumos... Botucatu: UNESP, 2009. 1 CD-ROM.
- AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R. & BARBOSA, J.C. **Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 29:467-473. 2005.
- AMARAL, J. F. T. D.; MARTINEZ, H. E. P.; LAVIOLA, B. G.; TOMAZ, M. A.; FERNANDES FILHO, E. I.; CRUZ, C. D. **Produtividade e eficiência de uso de nutrientes por cultivares de cafeeiro**. Coffee Science, Lavras, v. 6, n. 1, p. 65-74, jan./abr. 2011.
- ANDRADE, C. de L. T. de; ALBUQUERQUE, P. E. P.; BRITO, R. A. L.; RESENDE, M. **Viabilidade e manejo da irrigação da cultura do milho**. EMBRAPA MILHO E SORGO (circular técnica 85); Sete Lagoas, MG. 1ed. 2006.
- ARÊDES, A.F.; PEREIRA, M.W.G.; GOMES, M.F.M.; RUFINO, J.L.S. **Análise econômica da irrigação na cultura do maracujá**. Revista de Economia da UEG, Anápolis, GO, v. 5, n. 1, 2009.
- BAILIAN, L.; McKEAND, S.E.; ALLEN, H.L. **Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings**. Forest Science, London, v.37, p.613-628, 1991.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. **Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, p.831-839, 2004.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J.I.; MÜLLER, A.G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A.O.; RADIN, B.; BIANCHI, C.A.M.; PEREIRA, P.G.

**Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, n. 2, p.243-249, fev. 2006.

BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, A.O.; FRANÇA, S.; RADIN, B. **Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.36, p.949-956, 2001.

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação.** 8. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 625p.

CARVALHO, F. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; BAHIA FILHO, A. F. C. **Sistema de interpretação de análise de solo para recomendação de npk para a cultura do milho.** Revista Ceres, 2006.

CARVALHO, R.P.; VON PINHO, R.G.; DAVIDE, L.M.C. **Eficiência de cultivares de milho na absorção e uso de nitrogênio em ambiente de casa de vegetação.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.33, n.6, p.2125-2136, 2012.

CARVALHO, L. G. de; RIOS, G. F. A; MIRANDA, W. L.; CASTRO NETO, P. **Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa.** Revista Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v.41, n.3, p.456-465, 2011.

CASELA, C.R.; FERREIRA, A.F.; PINTO, N.F.J.A. **Doenças na cultura do milho.** Circular Técnica, EMBRAPA/CNPMS, Sete Lagoas, MG, n. 83, 14p. 2006.

CASTRO JUNIOR, W.L. **Análise técnico-econômica de tecnologias de manejo da irrigação na produção de feijão-caupi na região dos Cocais-MA.** 2012. 95 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

CASTRO, L. R.; REIS, T. C.; JÚNIOR, O. F.; ALMEIDA, R. B. S.; ALVES, D. S. **Doses e formas de aplicação de fósforo na cultura do milho.** Revista Agrarian. v.9, n.31, p.47 - 54, Dourados, 2016.

CLARK, R. B. **Plant response to mineral element toxicity and deficiency.** In: CHRISTIANSEN, M. N.; LEWIS, C. F. (Ed.). *Breeding plants for less favorable environment.* New York: J. Wiley, 1982. p. 71-142.

COELHO, M. R. V. **Alterações fisiológicas e metabólicas em *hyptis fruticosa salzm.* Ex. *benth e ocimum gratissimum l.* sob diferentes regimes hídricos.** Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Feira de Santana, Feira de Santana, 87 p. 2014.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** v. 4- Safra 2015/16 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-154, janeiro 2016.

COOKE, G. W. **Maximizing fertilizer efficiency by overcoming constraints to crop growth.** Journal of Plant Nutrition, New York, v. 10, n. 9-16, n. 1, p. 1357-1369, 1987.

COSTA, J. P. V.; BARROS, N. F.; ALBUQUERQUE, A. W.; MOURA FILHO, G.; SANTOS, J. R. **Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, p.828-835, 2006.

COSTA, R. V. da; SILVA, D. D. da; COTA, L. V.; PARREIRA, D. F.; FERREIRA, A. da S.; CASELA, C. R. **Incidência de *Colletotrichum graminicola* em colmos de genótipos de milho.** Summa phytopathol. Botucatu, vol.36, n.2, p. 122-128. 2010.

COSTA, M. S.; COSTA, Z. B. B.; ALVES, S. M. C.; NETO, M. F.; MARINHO, M. J. C. **Avaliação nutricional do milho cultivado com diferentes doses de efluente doméstico tratado.** Irriga, Botucatu, Edição Especial, p. 12 - 26, 2012.

COUTO, C. A.; SILVA, E. M.; SILVA, A. G.; OLIVEIRA, M. T. P.; VASCONCELOS, J. C.; SILVA, A. R.; SOBREIRA, E. A.; MOURA, J. B. **Desempenho de cultivares de milho destinados para produção de milho verde e silagem.** Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science, v. 6, n. 1, p. 232-251, 2017

CUNHA, G. R.; BERGAMASCHI, H. **Efeito da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas.** Porto Alegre: UFRGS, p.85-97. 1992.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. **Safrinha com personalidade própria.** 2010. Disponível em: <<http://www.abramilho.org.br/noticias.php?cod=762>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; OLIVEIRA, M. F. **Arranjo espacial de plantas em diferentes cultivares de milho.** Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, 2000.

DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J. O.; CAZETTA, D. A. **Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 43, n. 12, p. 1691-1697, 2008.

DOMINGHETTI, A.W.; SCALCO, M.S.; GUIMARÃES, R.J.; SILVA, D.R.G.; CARVALHO, J.P.S.; PEREIRA, V. **Doses de fósforo e irrigação na nutrição foliar do cafeeiro.** Rev Bras Eng Agr Amb. 18: 1235-1240, 2014.

DOORENBOS, J., KASSAM, A.H. **Yield response to water.** Irrig. And Drainage Paper n°. 33. FAO, Rome. 1979.

DOORENBOS, J.; PRUITT, J, O. **Guidelines for predicting crop water requirements.** Rome: FAO, 1977. P 179. (FAO Irrigation and Drainage, 24).

DUARTE, A.P. **Milho safrinha se consagra e caracteriza um sistema peculiar de produção.** Visão Agrícola (USP / ESALQ), v. 9, p. 78-82, 2015.

DUARTE, J. O. **Seleção do Método de irrigação.** In: ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURÃES, F. O. M. (Ed.). Uso e manejo de irrigação. Brasília: Embrapa, Cap. 12, p. 507-527, 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 3 ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

FAGERIA, N. K. **Otimização da eficiência nutricional das culturas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, Campina Grande, v. 2, p. 6-16, 1998.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Milho: Fisiologia da produção**. Seminário sobre fisiologia da produção e manejo de água e nutrientes na cultura do milho de alta produtividade. Potafos: Piracicaba, 1996. 30p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FANCELLI, A.L. **Ecofisiologia, fenologia e implicações básicas de manejo**. In: Borém, A.; Galvão, J.C.C; Pimentel, M.A. (Org.). Milho - Do Plantio à Colheita. 1ed. Viçosa: UFV, 2015, v. 1, p. 50-76.

FANCELLI, A.L. **Cultivo racional e sustentável requer maior conhecimento sobre a planta do milho**. Visão Agrícola (USP / ESALQ), v. 9, p. 20-23, 2015.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; BORDIN, L.; COICEV, L.; FORNASIERI FILHO, D. **Desempenho agrônomo de cultivares de milho nos períodos de safra e safrinha**. Bragantia, 62: 235-241. 2003.

FOLONI, J.S.S.; CALONEGO, J.C.; CATUCHI, T.A.; BELLEGGIA, N.A.; TIRITAN, C.S.; BARBOSA, A.M. **Cultivares de milho em diferentes populações de plantas com espaçamento reduzido na safrinha**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 13, n. 3, p. 312-325, 2014.

FRANCISCO, W. **Matemática financeira**. 7ed. São Paulo: Atlas, 1991. 319p.

FRIZZONE, J.A. **Análise de decisão econômica em irrigação**. Piracicaba: ESALQ/LER, 2005. 371 p.

FRIZZONE, J.A. **Planejamento da irrigação uma abordagem às decisões de investimento**. Piracicaba: ESALQ/USP, 110p. 1999.

FRIZZONE, J.A. **Seleção de sistemas de irrigação**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. 11p.

GALINDO, F.H.; ZOCOLER, J.L.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; SANTINI, J.M.K.; LUDKIEWICZ, M.G.Z.; BUZETTI, S. **Teor de água nos grãos, em ocasião de colheita nas perdas ocorridas no milho**. Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.26, n.4, p.671-682, 2017.

GONÇALVES, J. R. P.; GONDIM NETO, M. A.; DIÓGENES, H. C. **Desenvolvimento e produtividade de genótipos de milho sob diferentes manejos de solo em várzea amazônica**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 30.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 14.; SIMPÓSIO BRASILEIRO MICROBIOLOGIA DO SOLO, 12.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 9.; SIMPÓSIO SOBRE SELÊNIO NO BRASIL, 1., 2012, Macéio. FERTBIO 2012: “A responsabilidade socioambiental da

pesquisa agrícola”. Anais... Maceió, AL: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, 2012.

GUIMARAES, P. T. G. et al. **Adubação do cafeeiro e a qualidade do produto colhido. Informe Agropecuário.** Belo Horizonte. V. 32. n. 261. p. 39-51.mar./abr. 2011

HYLAND, C.; KETTERINGS, Q.; DEWING, D.; STOCKIN, K.; CZYMMEK, K.; ALBRECHT, G.; GEOHRING, L. **Phosphorus basics—The phosphorus cycle.** Agronomy Fact Sheet Series, 12, 1-2. 2005.

ISRAEL, D. W.; RUFTY; J. W. **Influence of phosphorus nutrition on phosphorus and nitrogen utilization efficiencies and associated physiological responses in soybean.** Crop Science, Madison, v.28, p. 954-960, 1988.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. **Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas.** Bragantia, Campinas, v. 70, n. 2, p.334-343, 2011.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation.** New York: Van Nostrand Reinold, 1990. 652 p.

KLEIN, J.L.; VIANA, A.F.P.; MARTINI, P.M.; ADAMS, S.M.; GUZATTO, C.; BONA, R.A.; RODRIGUES, L.S.; ALVES FILHO, D.C.; BRONDANI, I.L. **Desempenho produtivo de híbridos de milho para a produção de silagem da planta inteira.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.17, n.1, p. 101-110, 2018.

LAFETÁ, B. O.; SANTANA, R. C.; NOGUEIRA, G. S.; NEVES, J. C. L.; PENIDO, T. M. A. **Eficiência de utilização de macronutrientes em eucalipto pro método não destrutivo estimados por redes neurais artificiais.** Ciência Florestal, Santa Maria.v. 28, n. 2, p. 613-623, abr - jun., 2018.

LANDAU, E.C.; SANS, L.M.A.; SANTANA, D.P. **Cultivo do milho: Clima e solo.** Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 1. 6 ed. Set./2010. Versão eletrônica: ISSN 1679-012X Disponível em: [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed/climaesolo.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/climaesolo.htm)

LEMOS, E. F. **Dose e modos de aplicação de fósforo no estado nutricional e produtividade da cultura do milho.** Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. 2016.

LOPES, M.A.; CARVALHO, F.M. **Gestão na pecuária de corte: custo de produção e análise de rentabilidade.** In: SIMPÓSIO PFIZER SOBRE REPRODUÇÃO, DOENÇAS INFECCIOSAS E VACINAS, 6, 2003, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: PFIZER: 2003. p. 33-46.

MACHADO, R. A. F. **Linhagens de milho contrastantes para tolerância à seca e eficiência de utilização de nitrogênio.** Tese (Doutorado)-Universidade Estadual PAULISTA, BOTUCATU. 90 P. 2003.

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

MALAVOLTA, E. **O potássio e a planta**. Instituto da Potassa e Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, Piracicaba. Boletim Técnico 1, 1984. 60p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MANGILI, F. B.; ELY, D. F. **Análise da Relação da Produção do Milho Safrinha com o Balanço Hídrico em Londrina (PR)**. Geografia (Londrina), v. 25. n. 1. P.65-85, jan/jun, 2016.

MANGILI, F. B. **Variabilidade climática e seus impactos na produção de milho safrinha em Londrina (PR)**. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina. p 102. 2014.

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2009. 355 p.

MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. **Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças**. Brasília : EMBRAPA, 1998. 16p. (Circular Técnica da Embrapa Hortaliças, 11).

MAPA. **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**. Milho. Brasília: MAPA, 2015.

MARTINEZ, H. E. P. **O fator planta na eficiência da fertilização em hortaliças. Nutrição e adubação de hortaliças**. 1ed. Jaboticabal: FUNEP, v. , p. 331-354. 2016.

MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G.; SOUZA, R.B. **Diagnose foliar**. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.,V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 143-168.

MARTINS, J. D.; CARLESSO, R.; KNIES, A. E.; OLIVEIRA, Z. B.; BROETTO, T.; RODRIGUES, G. J. **Potencial hídrico foliar em milho submetido ao déficit hídrico**. Irriga, Botucatu, v. 15, n. 3, p. 324-334, julho-setembro 2010.

MATSINHE, D. Z.; PEREIRA, SILVIO BUENO; OLIVIEIRA, R. A. DE; ASSIS, I. R. DE; OLIVEIRA, R. M. **Use of PVC pipes to determine bulk density for irrigation management**. Revista Ciencia Agronomica. , v.50, p.27 - 37, 2019.

MATZENAUER, R. **Modelos agrometeorológicos para estimativa do rendimento de milho, em função da disponibilidade hídrica no Estado do Rio Grande do Sul**. 1994. 172p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre

Matzenauer, R.; Bergamaschi, H.; Berlato, M.A. **Evapotranspiração da cultura do milho – relações com a evaporação do tanque classe A, com a evapotranspiração de referência e com a radiação solar global, em três épocas de semeadura**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.6,n.1, p.15-21, 1998b.

MENDES, F.F. **Controle genético da eficiência no uso de fósforo em milho tropical**. Lavras: UFLA, 2012. 134p.

- MENDES, L. W. A.; OLIVEIRA, L. G. G.; SILVA, E. P.; RIBEIRO, M. A.; DE MELLO PELÁ, G. **Aplicação de diferentes doses de MAP revestido com polímeros de liberação gradual na cultura do milho.** In: Anais do Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG (CEPE)(ISSN 2447-8687).Vol. 3. 2016.
- MENDONÇA, T.G.; LÍRIO, V.S.; MOURA, A.D.; REIS, B.C.; SILVEIRA, S.F.R. **Avaliação da viabilidade econômica da produção de mamão em sistema convencional e de produção integrada de frutas.** Revista Econômica do Nordeste, v. 40, n. 4, 2009.
- MOLL, R. H.; KAMPRATH, E. J.; JACKSON, W. A. **Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization.** Agronomy Journal, Madison, v. 74, n. 3, p. 562-564, may/jun. 1982.
- MOURA, E. G.; TEIREIXA, A. P. R.; RIBEIRO, V. S.; AGUIAR, A. D. C. F.; FARIAS, M. F. **Crescimento e produtividade da cultura do MILHO (*Zea mays* L.) submetido a vários intervalos de irrigação, na região da pré-amazônia.** Irriga, v. 11, n. 2, 2006.
- MUMBACH, G. L.; KOTOWSKI, F. J. A.; SCHNEIDER, M. S.; MALLMANN, É. B.; BONFADA, V. O.; PORTELA, É. B.; BONFADA, D. R. K. **Resposta da inoculação com *Azospirillum brasilense* nas culturas de trigo e de milho safrinha.** Revista Scientia Agraria, 18:97-103. 2017
- OLIVEIRA, E.M. de. **Produtividade do cafeeiro conilon vitória submetido a diferentes lâminas de irrigação.** 2014. 96f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- OLIVEIRA, R. A.; RAMOS, M. M. **Manual do irrigâmetro.** Viçosa: UFV, 2008. 144
- PAIVA JUNIOR, M. C.; VON PINHO, R. G.; VON PINHO, E. V. R.; RESENDE, S. G. **Desempenho de cultivares para a produção de milho-verde em diferentes épocas e densidades de semeadura em Lavras-MG.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 25, n. 5, p. 1235- 1247, 2001.
- PARENTONI, S. **Estimativas de efeitos gênicos de diversos caracteres relacionados à eficiência e resposta ao fósforo em milho tropical.** Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo. 2008.
- PARENTONI, S.N.; MENDES, F.F.; GUIMARÃES, L.J.M. **Melhoramento para eficiência no uso do fósforo.** In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BOREM, A. (Ed.). Melhoramento de plantas para condições de estresse abióticos. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011.
- PAZIANI, S. D. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B.; BITTAR, C. M. M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P. C. **Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v. 38, n. 3, p. 411-417, mar. 2009.
- PEREIRA, F. R.; CRUZ, S.; ALBURQUEQUE, A. W.; SANTOS, J. R.; DA SILVA, E. T. **Arranjo espacial de plantas de milho em sistema plantio direto.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, p. 69-74, 2008.

- PEREIRA, J. V.; BEZERRA, F. M. L.; SILVA, A. R. A. da; SOUSA, C. C. M. de; CASTRO, J. M. de. **Frequência de irrigação e aplicação de N em meloeiro irrigado por gotejamento nas condições semiáridas do Nordeste.** Revista Científica. Jaboticabal, v. 42, n. 1, p. 11-22, 2014.
- PORTUGAL, J.R.; ARF, O.; PERES, A.R.; GITTI, D.C.; GARCIA, N.F.S. **Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho no Cerrado.** Revista Ciência Agronômica, v. 48, n. 4, p. 639-649, out-dez, 2017.
- RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; ALVES, V. M. C.; MUNIZ, J. A.; CURTI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARA, D. I.; SANTOS, J. Z. L.; CARNIEIRO, L. F. **Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 30, n. 3, p. 453-466, 2006.
- RIBEIRO, E. A. S. **Produção de milho-verde irrigado por gotejamento em Teresina-PI.** Dissertação (Mestrado), 80 p. 2018.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação.** Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.
- SANTANA, M. J. DE; CARVALHO, J. de A.; SOUZA, K. J. de; SOUSA, A. M. G. de; VASCONCELOS, C. L.; ANDRADE, L. A. de B. **Efeitos da salinidade da água de irrigação no desenvolvimento e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum*spp.) E em solos com diferentes níveis texturais.** Ciência e Agrotecnologia. Lavras. v. 31, n. 5, p. 1470-1476, set./out., 2007.
- SANTOS, R. D.; PEREIRA, L. G. R.; NEVES, A. L. A. AZEVÊDO, J. A. G.; MORAES, S. A.; COSTA, C. T. F. **Características agronômicas de variedades de milho para produção de silagem.** Acta Scientiarum. Animal Sciences, v. 32, n. 4, p. 367-373, 2010.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. **Enrolamento e expansão das folhas de milho submetidas a déficit hídrico em diferentes solos.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 3, n. 1, p. 1-6, 1998.
- SOARES, F. C.; PEITER, M. X; ROBAINA, A. D; VIVAN, G. A.; PARIZI, A. R. C. **Resposta da cultura do milho a variabilidade hídrica em solos sob pivô central.** Irriga, Botucatu, v.17, n. 2, p. 220-233, 2012.
- SILVA, J. T. A. **Relações entre características do solo que refletem a capacidade-tampão de fósforo e o nível crítico para sorgo em dez Latossolos de Minas Gerais, em casa de vegetação.** Dissertação (Mestrado). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 85 p.1990.
- SILVA, P. R. F.; PIANA A. T.; MAASS, L. B.; SERPA, M. S.; SANGOI, L.; VIEIRA, V. M.; ENDRIGO, P. C.; JANDREY, D. B. **Adequação da densidade de plantas à época de semeadura em milho irrigado.** Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v. 9, n. 1, p. 48-57, 2010

SOARES, F. C.; ROBAINA, M. X.; PARIZI, A. R. C.; RAMÃO, C. J.; VIVAN, G. A. **Resposta da produtividade de híbridos de milho cultivado em diferentes estratégias de irrigação.** Irriga, v. 15, n. 1, 2010.

SOARES, R.J.S.; PINTO, A.A.; CAMARA, F.T.; SANTANA, L.D. **Produtividade de massa verde de milho transgênico em função do arranjo populacional na região do Cariri, CE.** Interações, Campo Grande, MS, v. 18, n. 2, p. 117-127, abr./jun. 2017.

SOARES, F. C.; PEITER, M. X; ROBAINA, A. D; VIVAN, G. A.; PARIZI, A. R. C. **Resposta da cultura do milho a variabilidade hídrica em solos sob pivô central.** Irriga, Botucatu, v.17, n. 2, p. 220-233, 2012.

SOUZA, G. M.; BARBOSA, A.M. **Fatores de estresse no milho são diversos e exigem monitoramento constante.** Visão Agrícola, Piracicaba, p. 30 - 34, 01 dez. 2015.

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; MOREIRA, A. **Viabilidade econômica de fontes e doses de nitrogênio no cultivo do milho segunda safra em sistema de plantio direto.** Rev. Cienc. Agrar., v. 58, n. 3, p. 308-313, jul/set. 2015.

STACCIARINI, T.C.V.; CASTRO, P.H.C.; BORGES, M.A.; GUERIN, H.F.; MORAES, P.A.C.; GOTARDO, M. **Avaliação de caracteres agronômicos da cultura do milho mediante a redução do espaçamento entre linhas e aumento da densidade populacional.** Ceres, Viçosa, v. 57, n.4, p. 516-519, jul/ago, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 5. ed, Porto Alegre: ARTMED, 2013. 918p.

TARUMOTO, M. B. **Eficiência de uso de fósforo por dois genótipos de cana-de-açúcar cultivados em solução nutritiva.** Dissertação (Mestrado), Botucatu, SP. 2016.

UATE, J. V.; PINHO, R. G. V.; CANCELLIER, L. L.; CAMILO, A.; BERNARDO JÚNIOR, L. A. Y. **Épocas de semeadura e distribuição espacial de plantas na produção de milho.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 14, n. 3, p. 346-357, 2015.

VIAN, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R.; SIMON, D. H.; DAMIAN, J. M.; BREDEMEIER, C. **Variabilidade espacial da produtividade de milho irrigado e sua correlação com variáveis explicativas de planta.** Ciência Rural, v. 46, n. 3, p. 464-471, 2016.

VON PINHO, R. G. et al. **Adubação nitrogenada, densidade e espaçamento de híbridos de milho em sistema plantio direto na região sudeste do Tocantins.** Bragantia, v. 67, n. 3, p. 733-739, 2008.

Zanini, J. R.; Barreto, A. K. G.; Forato, L. C.; Natale, W. **Distribuição de fósforo no bulbo molhado, aplicado via fertirrigação por gotejamento com ácido fosfórico.** Engenharia Agrícola, v.27, p.180-193, 2007.