



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA  
DOUTORADO EM AGRONOMIA: FITOTECNIA

ANTÔNIO FABRÍCIO DE ALMEIDA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE FÓSFORO  
POR CULTIVARES DE MILHO**

MOSSORÓ

2019

ANTÔNIO FABRÍCIO DE ALMEIDA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE FÓSFORO  
POR CULTIVARES DE MILHO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Agronomia: Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Orientador: Prof. Dr. Leilson Costa Grangeiro

MOSSORÓ

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

A447d Almeida, Antônio Fabrício.  
Desempenho agrônomo e eficiência de utilização  
de fósforo por cultivares de milho / Antônio  
Fabrício Almeida. - 2019.  
67 f. : il.

Orientador: Leilson Costa Grangeiro.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural  
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em  
Fitotecnia, 2019.

1. Zea mays. 2. Produtividade. 3. Nutrição  
mineral. I. Grangeiro, Leilson Costa, orient.  
II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ANTÔNIO FABRÍCIO DE ALMEIDA

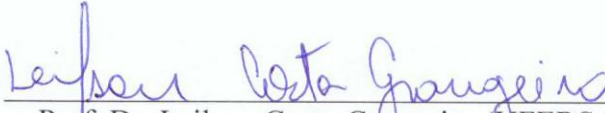
**DESEMPENHO AGRONÔMICO E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE FÓSFORO  
POR CULTIVARES DE MILHO**

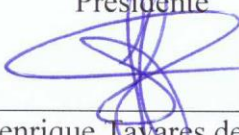
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Agronomia: Fitotecnia.

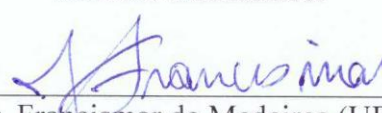
Linha de Pesquisa: Práticas Culturais


Defendida em: 21 / 02 / 2019

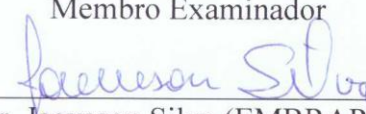
**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Leilson Costa Grangeiro (UFERSA)  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Fábio Henrique Tavares de Oliveira (UFERSA)  
Membro Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Francismar de Medeiros (UFERSA)  
Membro Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Robson da Silva (EMPARN)  
Membro Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Jaeveson Silva (EMBRAPA)  
Membro Examinador

*Pedro Basílio de Almeida*  
*Sebastiana Celestina da Costa*  
*Maria Gorete de Almeida*  
*(Em memória)*

*Aos meus filhos, Levi Carvalho*  
*e Heitor Benício*  
*(Dedico)*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, soberano criador, pelo dom da vida e por estar no controle desta obra;

À minha família, pelo apoio incondicional;

À minha amada esposa, Sarah Raquel, por estar comigo nessa empreitada, demonstrando entusiasmo, paciência e compreensão, sobretudo nos momentos mais críticos;

Aos meus filhos, Levi e Heitor, que me inspiram todos os dias;

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido e ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia da UFERSA, pela estrutura e pela oportunidade;

Ao professor e orientador Dr. Leilson Costa Grangeiro, pelo conhecimento transmitido e pela dedicação na orientação dessa pesquisa;

À Banca Examinadora, nas pessoas de Fábio Henrique, José Francismar, José Robson e Jaeverson da Silva, pela contribuição dada para melhoria desse trabalho;

Aos amigos da equipe: Núbia, Rodolfo, Victor, João Paulo, Jorge, Santiago, Francisco Chagas, Cassiana, Valdívia, Gerlani, Priscila, Ricardo, Diorge, Ana Kézia, Henrique e Ana Paula, pela ajuda sempre que necessário;

Aos trabalhadores da horta, pelo apoio nas atividades de campo, nas pessoas de Seu Antônio, Alderi e Nanan;

Aos técnicos administrativos do CPVSA, Bruno, Cristiane, Paulo e Juliana, pela assistência na execução das análises;

Aos colegas de turma que fiz durante essa jornada;

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram com este trabalho, seja com sugestões, críticas ou informações.

**Muito obrigado!**

## RESUMO

O milho (*Zea mays L.*) é o cereal mais cultivado no mundo, todavia alguns fatores concorrem para o insucesso agrícola na região Nordeste, dentre os quais se destaca a escolha de cultivares, que geralmente apresentam diferentes respostas ao uso de fósforo. Dessa forma, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar o desempenho agrônômico e a eficiência do uso de fósforo por cultivares de milho para produção de espigas verdes e de grãos. Foram conduzidos dois experimentos, um no período chuvoso (março a junho) e outro no período seco (agosto a dezembro), ambos na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, localizada na comunidade de Alagoinha, pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, no município de Mossoró - RN. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 8, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de três níveis de fósforo (baixo, médio e alto) e oito cultivares de milho (Dona Josélia, Carrapateira, Pontinha, Cruzeta, Potiguar, BRS 2022, Status, AG 1051). Cada parcela experimental foi constituída por três fileiras de 3 m de comprimento, espaçadas a 0,8 m entre si, contendo 10 plantas em cada linha, sendo considerada como área útil a fileira central, para o milho verde, e a lateral direita, para o milho grão; em ambas descartando-se uma planta em cada extremidade. As características avaliadas foram: altura de plantas e da inserção da espiga, diâmetro do colmo, matéria seca, teores e acúmulos de fósforo na planta, número e massa total de espigas verdes, número e massa de espigas verdes comercializáveis, empalhadas e despalhadas, produtividade de grãos secos, eficiências agrônômica, fisiológica, de produção de espigas/grão, de recuperação e de utilização do fósforo. As cultivares apresentaram maior desempenho produtivo quando adubadas com fósforo. As cultivares Cruzeta, Potiguar, BRS 2022, Status e AG 1051 foram as melhores para a produção de milho verde. AG 1051, Pontinha e Status foram as melhores para a produção de milho grão. A cultivar Carrapateira foi a mais eficiente na utilização do fósforo para produção de milho verde. As cultivares Dona Josélia e BRS 2022 foram as mais eficientes na utilização do fósforo para produção de grãos.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, produtividade, nutrição mineral.

## ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L.) is the most cultivated cereal in the world. However, some factors contribute for agricultural failure in the Northeast region, standing out the choice of cultivars, which generally present different responses to the use of phosphorus. Thus, the present research had as objective to evaluate the agronomic performance and the efficiency of the use of phosphorus by corn cultivars for the production of green and grain ears. Two experiments were conducted, one in the rainy season (March to June) and the other in the dry period (August to December), both at the Rafael Fernandes Experimental Farm, located in the community of Alagoinha, belonging to the Federal Rural Semi-Arid University, in the municipality of Mossoró - RN. A randomized complete block design was used in a 3 x 8 factorial scheme, with four replications. The treatments consisted of a combination involving three phosphorus levels (low, medium and high) and eight corn cultivars (Dona Josélia, Carrapateira, Pontinha, Cruzeta, Potiguar, BRS 2022, Status, AG 1051). Each experimental plot consisted of three rows of 3 m in length, spaced at 0.8 m apart, containing 10 plants in each row, the central row for green maize being considered as the useful area and the right side for corn grain; both discarding a plant at each end. The evaluated characteristics were: plant height and stem insertion, stalk diameter, dry matter, plant contents and phosphorus accumulations, number and total mass of green spikes, number and mass of marketable green bean, stuffed and shredded, productivity of dry grains, agronomic, physiological, spike / grain yield, phosphorus recovery and utilization efficiencies. The cultivars showed higher productive performance when fertilized with phosphorus. The cultivars Cruzeta, Potiguar, BRS 2022, Status and AG 1051 were the best for the production of green maize. AG 1051, Pontinha and Status were the best for the production of corn grain. The cultivar Carrapateira was the most efficient in the use of phosphorus to produce green maize. The cultivars Dona Josélia and BRS 2022 were the most efficient in the use of phosphorus for grain production.

**Keywords:** *Zea mays*, productivity, mineral nutrition.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos químicos e teor de argila do solo antes da implantação do experimento, avaliados na camada de 0 a 40 cm, nas safras 1 e 2. Mossoró, RN. 2017.....	22
Tabela 2. Dados climatológicos de Mossoró-RN durante o período de março a dezembro de 2017. Mossoró-RN. 2017 <sup>1</sup> .....	23
Tabela 3. Características das cultivares avaliadas nos experimentos. Mossoró/RN. UFERSA, 2017 .....	24
Tabela 4. Valores médios referentes à altura da planta (AP) e altura de inserção da primeira espiga (AIE), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.....	29
Tabela 5. Valores médios referentes ao diâmetro do colmo (DC) e prolificidade (PROL), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.....	30
Tabela 6. Valores médios referentes à matéria seca da folha (MSF) e do caule (MSC), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.....	32
Tabela 7. Valores médios referentes à matéria seca da raiz (MSR) e da espiga (MSE), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.....	33
Tabela 8. Valores médios referentes à matéria seca total (MST) e teor de fósforo na folha diagnóstica (PFD), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.....	34
Tabela 9. Valores médios referentes ao acúmulo de fósforo na folha (APF) e no caule (APC), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.....	35
Tabela 10. Valores médios referentes ao acúmulo de fósforo na raiz (APR) e na espiga (APE), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.....	36
Tabela 11. Valores médios referentes ao acúmulo total de fósforo (APT), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.....	37
Tabela 12. Valores médios referentes ao número total de espiga (NTE) e de espigas empalhadas comercializáveis (NEEC), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.....	38
Tabela 13. Valores médios referentes ao número de espigas despalhadas comercializáveis (NEDC) e produtividade total de espiga (PTE), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.....	40

Tabela 14. Valores médios referentes à produtividade de espigas empalhadas comercializáveis (PEEC) e de espigas despalhadas comerciais (PEDC), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017. ....	41
Tabela 15. Valores médios referentes às eficiências agronômica (EA), fisiológica (EF), da produção de espiga (EPE), de recuperação (ER) e de utilização (EU), na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017. ....	43
Tabela 16. Valores médios referentes à matéria seca da folha (MSF) e do caule (MSC), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017. ....	45
Tabela 17. Valores médios referentes à matéria seca da raiz (MSR) e da espiga (MSE), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017. ....	46
Tabela 18. Valores médios referentes à matéria seca total (MST) e acúmulo de fósforo na folha (APF), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017. ....	47
Tabela 19. Valores médios referentes ao acúmulo de fósforo no caule (APC) e na raiz (APR), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017. ....	49
Tabela 20. Valores médios referentes ao acúmulo de fósforo na espiga (APE) e total (APT), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017. ....	50
Tabela 21. Valores médios referentes à produtividade de grãos, em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017. ....	51
Tabela 22. Valores médios referentes às eficiências agronômica (EA), fisiológica (EF), da produção de grãos (EPG), de recuperação (ER) e de utilização (EU), na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017. ....	52

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	14
<b>2.1 Importância da cultura do milho</b> .....	14
<b>2.2 Importância do fósforo na cultura do milho</b> .....	15
<b>2.3 Eficiência de utilização do fósforo</b> .....	18
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	22
<b>3.1 Localização e caracterização da área experimental</b> .....	22
<b>3.2 Tratamentos e delineamento experimental</b> .....	23
<b>3.3 Condução do experimento</b> .....	24
<b>3.4 Características avaliadas no milho verde</b> .....	25
<b>3.5 Características avaliadas no milho grão</b> .....	26
<b>3.6 Análises estatísticas</b> .....	27
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	28
<b>4.1 Milho Verde</b> .....	28
4.1.1 CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES .....	28
4.1.2 NÚMERO E PRODUTIVIDADE DE ESPIGAS VERDES .....	37
4.1.3 ÍNDICES DE EFICIÊNCIA NUTRICIONAL .....	42
<b>4.2 Milho Grão</b> .....	44
4.2.1. PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, ACÚMULO DE NUTRIENTES E PRODUTIVIDADE .....	44
4.2.2 ÍNDICES DE EFICIÊNCIA NUTRICIONAL .....	52
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	55
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	56
<b>APÊNDICE</b> .....	64

## 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) apresenta grande potencial produtivo e adaptabilidade a diferentes condições ambientais, o que o torna o cereal mais cultivado no mundo e o segundo mais cultivado no Brasil. Apresenta grande importância econômica, social e cultural, pois a maior parte de sua produção é oriunda de pequenas propriedades (FIDELIS et al., 2014). Possui elevado valor nutritivo, sendo matéria prima para diversos produtos de gênero alimentício, além de ser fonte de energia para muitas pessoas que vivem no nordeste do Brasil.

O Brasil alcançou na safra 2017/18 produção de 95 milhões de toneladas de grãos, com produtividade média de 5300 kg ha<sup>-1</sup>, valor muito baixo se comparado ao do maior produtor mundial, Estados Unidos, 11010 kg.ha<sup>-1</sup> (USDA, 2018). A região Nordeste (NE) responde apenas por 8,84% da produção nacional, com produtividade média de 2792 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2018).

A fertilidade do solo é um dos principais fatores que contribuem para a baixa produtividade do milho na região nordeste do Brasil, em que o fósforo se destaca como o terceiro nutriente mais exigido pela cultura; porém, devido à sua baixa taxa de aproveitamento pela planta (20 a 30 %), é considerado um dos principais nutrientes limitantes à produtividade do milho (OLIVEIRA et al., 2015).

O baixo aproveitamento de fósforo pelo milho sugere o uso de grandes quantidades utilizadas na adubação fosfatada, elevando sobremaneira os custos com essa prática de manejo (GAZOLA et al., 2013). Ademais, suprimentos globais de fósforo podem se esgotar em até 300 anos (USGS, 2018) e o excesso de fósforo no solo pode causar poluição ambiental, como a eutrofização de rios e lagos.

O fósforo é responsável pelo bom desenvolvimento das raízes e participa de todos os processos metabólicos que demandam energia (FABRICE et al., 2015). A quantidade de matéria seca ou grãos produzidos por unidade de fósforo aplicado ao solo expressa a eficiência no uso do fósforo (EUP) pelas plantas de milho (FAGERIA, 2009).

A eficiência ou ineficiência de uma cultivar de milho no uso do fósforo depende de suas características intrínsecas. Vários pesquisadores desenvolveram metodologias de avaliação da adaptação do milho a solos com baixa disponibilidade de P (COLOMBO et al., 2018; MEIRELLES et al., 2016; 2014; SOUSA et al., 2012), destacando que as diferenças metabólicas entre os genótipos de milho alteram significativamente a eficiência de uso do fósforo.

O volume, arquitetura e o diâmetro das raízes também são muito importantes do ponto de vista da eficiência de uso do fósforo, pois quanto maior o contato das raízes com o solo maior a absorção de fósforo. Cabe ressaltar que variações mineralógicas da fração argila, bem como diferenças físicas nos solos, podem influenciar significativamente a eficiência de uso de fósforo pelas plantas de milho (MACHADO; SOUZA, 2012; SILVA et al., 2012; EBERHARDT et al., 2008).

São escassas as informações na literatura a respeito do uso eficiente do fósforo pela cultura do milho para as condições edafoclimáticas do Nordeste. A seleção de genótipos de milho que possibilitem maior eficiência na absorção e utilização de fósforo firma-se como boa alternativa para os cultivos realizados em solos de baixa disponibilidade desse nutriente.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônomo e a eficiência do uso de fósforo por cultivares de milho para produção de grãos e de milho verde.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Importância da cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é um dos principais cereais cultivados no mundo e desempenha grande importância econômica e social no Brasil. Apesar de ser cultivado em diversos países, apenas três (Estados Unidos, China e Brasil) concentram aproximadamente 48% da área plantada e 65% da produção mundial (USDA, 2018). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (2018), o milho é uma das principais espécies de cereais utilizadas no Brasil, sendo o segundo grão mais produzido no país, ficando atrás apenas da produção de soja.

A produtividade média do Brasil ainda é baixa, apesar de ser o terceiro maior produtor deste cereal. Fatores ligados à fertilidade do solo, arranjo espacial de plantas, uso de genótipos e práticas de manejo inadequadas são os principais responsáveis por essa baixa produtividade. Além disso, 43% da área cultivada com o grão no país são destinados à subsistência, em que os agricultores utilizam técnicas rudimentares na exploração da cultura (OKUMURA et al., 2011).

Em função da quantidade e da natureza das reservas acumuladas nos grãos, o milho é a matéria prima básica para uma série de produtos industrializados, passando a gerar emprego e renda para milhares de pessoas envolvidas em sua cadeia produtiva, o que reforça sua relevância econômica (COSTA et al., 2015). A planta de milho pode ser aproveitada praticamente em sua totalidade. Após a colheita das espigas, os restos da planta podem ser triturados para compor a silagem para alimentação animal ou podem ser incorporados ao solo (adubação verde) ou ainda usados como cobertura do solo para plantio direto.

A produção de milho no Brasil é dirigida preferencialmente ao mercado interno, abastecendo as atividades relacionadas à criação de animais, sendo a avicultura e a suinocultura os segmentos que mais consomem milho. Em 2018, a estimativa para estes segmentos foi de 29.701 e 13.267 milhões de toneladas, um percentual de 45,30% e 20,23% do consumo nacional do grão, respectivamente. O excedente da produção brasileira é destinado à exportação, o que dá ao Brasil o segundo lugar no *ranking* mundial de países exportadores do grão, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (ABIMILHO, 2018).

Devido à grande importância econômica e social desse cereal, na região Nordeste do Brasil a exploração da cultura tem aumentando nos últimos anos. O uso de variedades e híbridos que atendem às diferentes condições ambientais e aos diferentes sistemas de produção predominantes, aliados ao uso da irrigação, torna possível a produção durante o ano

todo. Todavia, essa região concentra metade dos estabelecimentos familiares do país (IBGE, 2017) e grande parte da produção é direcionada para subsistência. Mesmo assim, a produção de milho contribui para o desenvolvimento rural no Nordeste, absorvendo mão de obra familiar, gerando emprego em pequenas e médias propriedades, principalmente na época da colheita.

## 2.2 Importância do fósforo na cultura do milho

O fósforo (P) é um dos principais nutrientes limitantes à produtividade do milho. A exigência em fósforo pela cultura do milho é relativamente baixa, se comparada à exigência de nitrogênio e potássio. As doses recomendadas geralmente, porém, são elevadas, em virtude da baixa eficiência de aproveitamento desse nutriente pela cultura, decorrente da alta capacidade de adsorção do fósforo adicionado ao solo, reduzindo sua disponibilidade às plantas (GAZOLA et al., 2013). Segundo Almeida et al. (2016), a interação do P com alguns constituintes do solo (alumínio, ferro e cálcio), aliado à sua ocorrência em formas orgânicas e sua lenta taxa de difusão na solução do solo, o torna menos disponível na rizosfera.

Ao aplicar uma fonte solúvel de P, frequentemente mais de 90% do total adicionado são adsorvidos na primeira hora de contato com o solo, com intensidade variável em função da mineralogia do solo (GONÇALVES et al., 1985). Assim, fica evidente a importância de se conhecer os teores de argila, a identificação do mineral, cristalinidade e o tamanho médio do cristal, pois a adsorção de fosfatos é muito influenciada por esses aspectos.

Ribeiro et al. (2016) testaram híbridos de milho sob diferentes doses de fósforo visando ao consumo *in natura*, constatando que sob uma aplicação elevada de P os valores de produtividade tendem à estabilização ou a incrementos menores com aumento nos níveis de P. Nestes casos, normalmente o desempenho é quadrático, indicando que possivelmente a maior parte do fósforo aplicado foi adsorvida pelas partículas do solo.

As principais tabelas de recomendação de adubação em uso no país (CAVALCANTI, 2008; SOUSA; LOBATO, 2004; SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004; RIBEIRO et al., 1999; RAIJ et al., 1997; UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 1993; COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO, 1989) recomendam doses de P para a cultura do milho variando de 0 a 125 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (média de 85 kg ha<sup>-1</sup>), de acordo com o teor de P no solo, a produtividade esperada da cultura e o tipo de solo.

O fósforo atua na formação e crescimento das raízes, além de melhorar a qualidade das sementes. Na semente, juntamente com outros nutrientes, são armazenados sais do ácido

fítico, constituindo a fitina, degradada durante a germinação, ocorrendo a liberação de nutrientes para utilização no desenvolvimento do embrião e da plântula (AVALHAES et al., 2009). Participa na síntese de proteínas, por constituir nucleoproteínas necessárias à divisão celular, atuando no processo de absorção iônica e também se destaca nas moléculas de ácidos nucléicos, fosfolipídios e ATP. Além disso, promove o crescimento das raízes, desenvolvimento das plântulas, favorece a absorção de água e torna a planta mais resistente contra pragas e doenças (MALAVOLTA, 2006).

Saldanha et al. (2017) defendem que o desenvolvimento da parte aérea do milho é influenciado pela quantidade de fósforo absorvido e que uma das principais funções do fósforo na planta, como integrante da molécula do ATP, é atuar no armazenamento e na transferência da energia química captada da luz solar na fotossíntese. Afirmam ainda que as variáveis alturas da planta, diâmetro do colmo, número de folhas por planta, número de espigas por planta, matéria seca da planta e produtividade de grãos apresentaram respostas positivas e significativas à aplicação de  $P_2O_5$  no sulco de semeadura.

Avaliando o desempenho do milho no plantio direto em resposta aos modos de aplicação de P, Sá et al. (2013) constataram que a análise do comprimento das raízes mostrou diferença entre as doses de P somente na camada de 0 - 10 cm. A falta de resposta aos níveis de P nas camadas mais profundas mostra a baixa mobilidade dos íons fosfato no perfil do solo, devido à sua forte adsorção às partículas de argila.

Lana et al. (2014) encontraram aumentos lineares nos teores foliares de fósforo a partir do incremento nas doses de  $P_2O_5$ . Sá et al. (2013) também observaram aumento linear no teor de P na folha com o acréscimo do fertilizante fosfatado, com acúmulo de 1,6 mg de P por kg de  $P_2O_5$  adicionado ao solo, constatando que, apesar da crescente absorção com maiores doses de P, o teor de P nas folhas na proporção de 0 kg ha<sup>-1</sup> de  $P_2O_5$  foi 88% do teor alcançado com a maior taxa (160 kg ha<sup>-1</sup> de  $P_2O_5$ ). A pequena diferença entre as menores e as maiores doses de P indica que em solos com altos níveis de P a resposta na absorção do nutriente pode não ser tão significativa; todavia, em solos com baixo teor inicial de P a eficiência de absorção é maior (SÁ et al., 2013).

De acordo com Carvalho et al. (2017), a aplicação de doses crescentes de P no solo promove incremento na produção de milho, altura das plantas, número de folhas, diâmetro do colmo, peso de 100 grãos, massa verde e massa seca da parte aérea. Verificaram ainda que as plantas da parcela sem P (testemunha) apresentaram crescimento reduzido, com plantas raquíticas, indicando deficiência nutricional de fósforo. Castro et al. (2016) também



concordam que o aumento das doses de P propicia maior número de grãos por espiga, aumento na massa de mil grãos e na produtividade total do milho.

Todavia, o excesso de P pode afetar negativamente o desempenho da cultura. Conforme Marschner (2012), o excesso do elemento limita a absorção de outros elementos essenciais, como o molibdênio, enxofre, zinco e cálcio, causando desequilíbrio nutricional. Souza et al. (2018) constataram que as altas doses de fósforo afetaram negativamente a produtividade do milho.

Plantas de milho com sintomas de deficiência de fósforo apresentam diminuição no porte. Inicialmente, as folhas mais velhas adquirem coloração arroxeadada que progride para as folhas mais novas. Posteriormente, essa coloração arroxeadada evolui para necrose, começando nas pontas das folhas e seguindo em direção à base. Além disso, a planta fica muito susceptível ao ataque da lagarta-do-cartucho (FERREIRA, 2012). Contribui ainda para a formação de espigas mal formadas, tortas, com falhas e maturação retardada e desuniforme.

Segundo Kerbauy (2008), a deficiência de P acarreta atraso na iniciação floral. Carvalho et al. (2017) e Fidelis et al. (2009) constataram que as plantas de milho que receberam doses maiores de P tiveram o florescimento feminino mais rápido em comparação às que receberam doses inferiores. A carência de P nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura do milho provoca redução no número de espigas por unidade de área e, conseqüentemente, redução na produção de grãos (MENGE; KIRKBY, 1987).

A escassez de P também interfere no carregamento e descarregamento do floema, importantes para a remobilização de hidratos de carbono, proteínas e outros compostos para os grãos (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005). Desse modo, a deficiência do nutriente pode resultar em menores massas de grãos. Além disso, cerca de 90% do fósforo absorvido pela planta são transportados para os grãos (ROSCOE; MIRANDA, 2013).

Em estudo sobre absorção, acúmulo e exportação de macronutrientes no milho doce cultivado em condições de campo, Borin et al. (2010) verificaram que o acúmulo de fósforo (P) na planta (parte vegetativa mais o pendão) foi crescente até os 63 dias após a emergência. Depois, houve decréscimo ocasionado pela redistribuição do P da planta para a espiga. Constataram ainda que cerca de 80% a 90% do P são redistribuídos para as sementes e que a época de maior absorção de P foi no período compreendido entre 18 e 27 dias.

Conforme Wang et al. (2010), a morfologia e arquitetura das raízes são as características mais importantes relacionadas à aquisição de P. Quando a planta de milho se desenvolve sob condições de baixo P disponível, as raízes tendem a crescer mais do que a parte aérea, ou seja, aumenta a relação raiz / parte aérea. Nesse contexto, as raízes são mais

superficiais, apresentam menor diâmetro radicular, raízes laterais mais dispersas, maior biomassa e pelos radiculares mais densos e longos (WIEL et al., 2016).

Avaliando a matéria seca e acúmulo de nutrientes em genótipos de milho contrastantes quanto a aquisição de fósforo, Brasil et al. (2007) observaram que a insuficiência do P no meio favoreceu o aumento da relação raiz / parte aérea em todos os genótipos. Independentemente do nível de P, houve variação no conteúdo do nutriente na parte aérea dos híbridos, acreditando-se que a diferença de produção de matéria seca entre os níveis baixo e alto de P pode ser um indicativo da capacidade dos híbridos para se desenvolver em condições de estresse de P.

Em plantas de milho sob estresse de fósforo, as raízes têm prioridade para utilizar o nutriente quando ele é inicialmente absorvido e os produtos da fotossíntese são direcionados para a formação e o desenvolvimento do sistema radicular, visando a aumentar a área de absorção do nutriente (LIU et al., 1998).

### **2.3 Eficiência de utilização do fósforo**

Eficiência no uso de nutrientes ou eficiência nutricional refere-se à relação entre a massa de grãos ou de parte aérea seca por unidade de nutriente disponível (MOLL et al., 1982). Os autores afirmam que a eficiência nutricional é constituída por dois componentes: (a) eficiência na absorção, obtida pela relação entre a quantidade total de nutriente extraído pela planta e a quantidade desse nutriente disponível no solo; (b) eficiência na utilização, dada pela razão entre a massa de grãos ou de parte aérea e a quantidade total de nutriente extraído pela planta. Assim, o ganho na eficiência nutricional pode ser alcançado por meio de aumento da eficiência na absorção e/ou da eficiência na utilização (PEREIRA et al., 2013).

Fageria; Kluthcouski (1980) desenvolveram um método específico para a seleção de plantas eficientes quanto ao uso do P e responsivas à sua aplicação. Assim, a eficiência na utilização do nutriente é definida pela média da produtividade de grãos em baixo nível do nutriente, sendo a resposta à sua utilização obtida pela diferença entre a produtividade de grãos nos dois níveis do nutriente dividida pela diferença entre as doses. Rotina adequada tanto em ensaios de campo quanto em casa de vegetação. A maior eficiência de utilização interna de P é atribuída ao rendimento de unidade de P no grão e à maior capacidade de transferência do nutriente das demais partes da planta para os grãos (BALIGAR; FAGERIA, 1999).

Para que haja aumento na EUP (eficiência de uso de P), programas de melhoramento de milho devem utilizar índices de seleção com peso maior para EAP (eficiência de absorção de P) do que para EUIP (eficiência de utilização interna de P) (PARENTONI; SOUZA JÚNIOR, 2008). Ressalta-se que a correlação entre EAP e EUIP não foi significativa em nenhum dos níveis de P. O principal componente da EUIP foi o quociente de utilização (produção de grãos por unidade de P nos grãos) e não o índice de colheita de P (P nos grãos por unidade de P absorvido). Destaca-se ainda que a seleção para reduzir a concentração de P nos grãos deve aumentar o quociente de utilização e, conseqüentemente, aumentar a EUIP.

Furlani et al. (1985), usando como critério de avaliação a produção de matéria seca da parte aérea e raízes e a absorção de P, compararam, em solução nutritiva, 40 linhagens de milho quanto à eficiência de absorção de P, destacando nove linhagens como não-eficientes. As variações observadas na produção de matéria seca total (raízes e parte aérea), em condições de baixo nível de P na solução de crescimento, foram mais a consequência do processo diferencial de absorção de P pelas plantas do que do processo de utilização do P dentro dos tecidos.

A eficiência do uso de fósforo está diretamente relacionada à solubilidade das fontes de fósforo. Os fosfatos comerciais, por apresentarem maior solubilidade, são mais prontamente disponíveis e favorecem a absorção e o aproveitamento do nutriente. Todavia, essa rápida liberação do P pode favorecer também o processo de adsorção e precipitação das formas solúveis pelos componentes do solo, originando compostos fosfatados de baixa solubilidade e indisponibilizando o nutriente para as plantas. Quanto maior for o teor de argila do solo, maior será a expressividade desse fenômeno (NOVAIS; SMYTH, 1999).

Os principais mecanismos relacionados à eficiência de aquisição de P são a morfologia e arquitetura da raiz, que se baseia no aumento do volume e área da raiz; a capacidade do genótipo em associar-se a microorganismos da rizosfera do solo (micorriza, bactérias e fungos) e a capacidade do genótipo em secretar compostos orgânicos na rizosfera (como as fosfatases e ácidos orgânicos) (PARENTONI; SOUZA JÚNIOR, 2008). Plantas eficientes no uso de fósforo possuem genes que conferem esses mecanismos adaptativos para contornar a baixa disponibilidade de nutrientes no meio. Entretanto, na presença de níveis adequados de P, esses genes podem não se expressar, resultando em uma menor resposta da planta à melhoria ambiental (CALDERÓN, 2006).

Raízes com menores superfícies específicas, ou seja, menor área por unidade de peso, possuem maior contato e reatividade com a solução do solo e minerais argilosos, permitindo maior captação do elemento, o que contribui para o aumento na eficiência do uso de fósforo

(REIS et al. 2017). Brasil et al. (2007) observaram que as raízes assumem tamanhos e formas variadas em solo com baixa disponibilidade de P e que a proporção entre raízes e parte aérea aumenta, para obtenção de maior eficiência na absorção do nutriente.

Para baixas ou altas doses de P aplicadas ao solo, Brasil et al. (2011) observaram aumento no pH da região de influência da raiz, devido à maior excreção de ânions na rizosfera, por conta da maior absorção de nutrientes das raízes laterais.

O estresse nutricional do P aumenta a amplitude das diferenças morfológicas e fisiológicas em genótipos de milho, o que permite maior exploração da variabilidade genética (REIS et al., 2017). A deficiência do nutriente no metabolismo afeta os processos de absorção, translocação, assimilação e redistribuição de P na planta, o que modifica a resposta produtiva dos genótipos e confere adaptação diferenciada dos genótipos ao ambiente (MARSCHNER, 1995).

Fidelis et al. (2014) destacam que os genótipos de melhor desempenho na produção de grãos foram mais eficientes nos processos associados à absorção, translocação, assimilação e redistribuição de P na planta. A média geral da produtividade de grãos no ambiente de baixo nível de P foi, aproximadamente, 21% inferior à do ambiente com alto nível de P. Parentoni et al. (2010) constataram redução média de produtividade de 45,0% entre os níveis de alta (15,31 a 16,00 mg kg<sup>-1</sup> P) e baixa (4,40 a 7,37 mg kg<sup>-1</sup> P) disponibilidade de P no solo. No estudo de Meirelles et al. (2016), a redução da produtividade foi de 56,4%, na média dos anos de 2011 e 2012.

A manifestação ambiental pode promover efeitos genéticos diferenciados em cada grupo de genótipos. Segundo Reis et al. (2008), os genótipos de milho apresentam variabilidade na produção de matéria seca na raiz, na razão entre matéria seca na raiz/matéria seca na parte aérea, na colonização com fungo micorrízico e na razão acúmulo de fósforo na parte aérea/matéria seca na raiz.

O acúmulo de fósforo e de matéria seca são caracteres que podem ser utilizados na seleção indireta de plantas mais eficientes na utilização do P, sob alta e baixa disponibilidade de P no solo (FRITSCHÉ-NETO et al., 2010). Todavia, Machado et al. (1999) afirmam que o acúmulo de P não indica que as plantas são mais ou menos eficientes, na medida em que híbridos, por meio de adaptações genéticas, podem se desenvolver e produzir bem com menor quantidade de P, ou seja, plantas com alta quantidade de P podem não ser mais produtivas e vice-versa. Além disso, alguns híbridos podem apresentar diferença na eficiência de utilização do fósforo absorvido, necessitando de menos nutriente absorvido para um melhor desenvolvimento.

Há diferenças geneticamente controladas no acúmulo de P por híbridos de milho, mas este acúmulo não está relacionado com a habilidade das plantas em extrair P do solo, podendo ser resultado do efeito da diluição do P na planta (MACHADO et al., 1999). Destacam as variedades locais Cravinho e Carioca, que se apresentaram tão responsivas ao aumento de P quanto os melhores híbridos.

Segundo Dovale et al. (2013), as Linhagens endogâmicas de milho exibem comportamento diferencial nos componentes da eficiência de uso do fósforo. Além das características internas da cultivar, o aumento da disponibilidade do nutriente e a fonte utilizada são fatores que podem alterar a taxa de eficiência de uso do P (PELÁ et al., 2017).

Avaliando a relação entre tolerância do milho a baixo teor de fosforo no solo e responsividade à adubação fosfatada, Coimbra et al. (2014) observaram que os cultivares que apresentaram as maiores produtividades em baixo P foram, de modo geral, os mesmos que apresentaram as maiores EUP, o que é esperado em virtude da natureza do estimador: a relação produção de grãos/ P disponível. Por outro lado, as cultivares de menor produtividade apresentaram as maiores responsabilidades. Isto também era esperado, pois cultivares responsivos apresentam maior amplitude na produtividade entre o ambiente de estresse e ideal de cultivo.

De modo semelhante, Guimarães et al. (2018) constataram grande variabilidade para eficiência de uso do fósforo entre as linhagens de milho. Vinte e quatro linhagens apresentaram produtividade de grãos maior que 2000 kg ha<sup>-1</sup>, média considerada alta para solos com baixo nível de P. Um grupo de linhagens apresentou médias de produtividade de grãos superiores à L3 (usada como testemunha eficiente no uso de P), sendo, portanto, promissoras para utilização em programas de melhoramento visando a desenvolver cultivares mais eficientes no uso de P. Linhagens com maiores valores de eficiência de uso de fósforo são capazes de produzir maior quantidade de grãos por unidade de P disponível no solo.

As variedades locais também apresentam variação genotípica na eficiência do uso de fósforo, especialmente as que se desenvolveram em ambientes com baixa disponibilidade do nutriente, podendo ser utilizadas em programas de melhoramento para o desenvolvimento de variedades adaptadas a sistemas de cultivo com baixo uso de insumos (fertilizantes) (NEWTON et al., 2010). Avaliando a aquisição de fósforo e eficiência de utilização interna entre variedades locais de milho nas montanhas mexicanas centrais, Bayuelo-Jiménez; Ochoa-Cadavid (2014) observaram variabilidade genética para eficiência e responsividade ao uso do P.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e caracterização da área experimental

Os experimentos foram realizados nos períodos de março a julho (safra 1) e de agosto a dezembro de 2017 (safra 2), na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, na comunidade de Alagoinha, pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), no município de Mossoró-RN (5° 11" de latitude sul e 37° 20" de longitude oeste, com 18 m de altitude). O clima da região, segundo Thornthwaite, é semiárido, e de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo BSw<sup>h</sup>, quente e seco; com precipitação pluviométrica média anual de 673,9 mm; temperatura média de 27°C e umidade relativa do ar média de 68,9%, com duas estações climáticas: uma seca, que vai geralmente de junho a janeiro, e uma chuvosa, de fevereiro a maio (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1995).

Os experimentos foram conduzidos em áreas que se apresentavam sob vegetação espontânea, ainda não adubadas. O solo das áreas experimentais foi classificado como Argissolo Vermelho – Amarelo Eutrófico, de textura franco-arenosa e relevo plano (EMBRAPA, 2013). Antes da instalação dos experimentos, foram coletadas amostras compostas de solo das áreas experimentais, nas profundidades de 0 a 20 cm, e de 20 a 40 cm, para caracterização química e análise do teor de argila (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos e teor de argila do solo antes da implantação do experimento, avaliados na camada de 0 a 40 cm, nas safras 1 e 2. Mossoró, RN. 2017.

SAFRA 1									
Profundidade (cm)	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	(H+Al)	Argila
		-----mg dm <sup>-3</sup> -----			-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				g kg
0-20	5,00	0,1	35,5	8,8	0,40	0,60	0,05	1,16	153
20-40	4,40	0,1	34,5	4,8	0,20	0,50	0,15	1,32	244
SAFRA 2									
Profundidade (cm)	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	(H+Al)	Argila
		-----mg dm <sup>-3</sup> -----			-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				g kg
0-20	5,80	2,0	36,9	8,0	0,80	0,30	0,15	0,99	140
20-40	5,40	1,0	40,9	5,0	0,30	0,30	0,25	1,49	229

Durante o período de realização dos experimentos, alguns dados climáticos foram registrados, os quais estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Dados climatológicos de Mossoró-RN durante o período de março a dezembro de 2017. Mossoró-RN. 2017<sup>1</sup>.

Ano	Mês	Temperatura (°C)			Radiação	Precipitação	Umidade relativa	
		Máx.	Méd.	Mín.	global total (W/m <sup>2</sup> )	acumulada (mm)	Máx.	Mín.
2017	Mar	36,04	27,24	22,49	225,83	137,00	98,10	44,50
	Abr	36,47	27,33	20,77	234,00	62,60	99,00	45,60
	Mai	38,64	27,97	19,39	226,38	15,40	98,00	31,90
	Jun	36,31	27,72	20,65	211,31	14,20	97,30	31,50
	Jul	35,64	26,99	19,10	198,87	58,60	98,20	29,30
	Ago	37,92	27,45	19,37	254,67	0,20	93,50	29,00
	Set	38,45	27,96	19,56	263,64	2,40	90,80	24,50
	Out	38,64	28,32	21,03	267,05	0,80	91,40	29,30
	Nov	37,15	28,04	20,96	277,66	0,60	91,50	32,90
	Dez	37,29	28,40	21,84	250,93	1,40	93,50	36,70

<sup>1</sup>Dados obtidos em estação meteorológica semi-automática disponível na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, da UFERSA.

### 3.2 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram constituídos pela combinação de três níveis de fósforo (baixo, médio e alto) e oito cultivares de milho (Dona Josélia, Carrapateira, Pontinha, Cruzeta, Potiguar, BRS 2022, Status, AG 1051). O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 8, com quatro repetições. Cada parcela experimental foi constituída por três fileiras de 3 m de comprimento, espaçadas a 0,8 m entre si, contendo 10 plantas em cada linha, sendo consideradas como área útil: a fileira central, para o milho verde; a lateral direita, para o milho grão, em ambas descartando-se uma planta em cada extremidade, totalizando 1,92 m<sup>2</sup> de área útil da parcela e 7,20 m<sup>2</sup> de área total.

Os três níveis de fósforo foram utilizadas para avaliar a eficiência de uso de P pelas cultivares de milho, em que o nível baixo corresponde ao teor natural de P do solo e os níveis médio e alto, às doses de 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ou seja, 50% e 100% da dose recomendada para o milho, segundo Cavalcanti (2008).

Algumas características das cultivares utilizadas estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3. Características das cultivares avaliadas nos experimentos. Mossoró/RN. UFERSA, 2017

Cultivar	Tipo	Ciclo	Fonte	Finalidade
Dona Josélia	OP	Precoce	Cultivar local (RN)	Milho verde/grão
Carrapateira	OP	Normal	Cultivar local (PB)	Milho verde/grão
Pontinha	OP	Precoce	Cultivar local (RN)	Milho verde/grão
Cruzeta	OP	Precoce	EMPARN	Milho verde/grão
Potiguar	OP	Precoce	EMPARN	Milho verde/grão
BRS 2022	HD	Precoce	EMBRAPA	Silagem/grão
Status Viptera	HS/Transgênico	Precoce	Syngenta	Grão
AG 1051	HD	Semiprecoce	Agrocerec	Milho verde/grão

OP – Open pollination; HS – Híbrido simples; HD – Híbrido duplo

### 3.3 Condução do experimento

O preparo do solo foi realizado com uma aração e uma gradagem, seguida da abertura dos sulcos com aproximadamente 0,20 m de profundidade para adubação de plantio, com base na análise do solo e na recomendação de Cavalcanti (2008) para milho, sendo aplicados: 30 kg ha<sup>-1</sup> de N; 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; 1,0 kg ha<sup>-1</sup> de B e 3,0 kg ha<sup>-1</sup> de Zn; 0,5 kg ha<sup>-1</sup> de Cu e o fósforo de acordo com os tratamentos. As fontes utilizadas foram: ureia, cloreto de potássio, ácido bórico, sulfato de zinco, sulfato de cobre e superfosfato triplo. Em cobertura, foram aplicados 30 kg ha<sup>-1</sup> de N aos 15 dias após a emergência (DAE) e 30 kg ha<sup>-1</sup> de N quando a planta apresentou oito folhas definitivas.

A semeadura da safra 1 foi realizada no dia 16/03/2017, e a da safra 2, em 24/08/2017, com três sementes por cova, no espaçamento 0,8 x 0,3 m. Quando as plantas apresentaram quatro folhas definitivas (nove dias após a semeadura), realizou-se o desbaste, deixando-se uma planta por cova, totalizando 41667 plantas ha<sup>-1</sup>.

O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento, com emissores espaçados de 0,3 m e vazão de 1,4 L h<sup>-1</sup>. No experimento 1, as irrigações foram realizadas quando necessárias, considerando que no período choveu 288 mm, sendo aplicados 388 mm de lâmina suplementar. No experimento 2, como praticamente não houve chuva (5,4 mm), aplicou-se lâmina de 664 mm.

O controle de plantas daninhas, quando necessário, foi realizado por meio de capina manual nas linhas e com auxílio de enxada nas entrelinhas. Foram realizadas quatro pulverizações utilizando-se os inseticidas Decis® (200 ml ha<sup>-1</sup>) e Premio® (100 ml ha<sup>-1</sup>) para o controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith).

A colheita do milho verde foi realizada manualmente no estágio fenológico R3 (grãos leitosos) aos 70 dias após a semeadura (DAS), em ambas as safras, à exceção da cultivar Carrapateira, colhida aos 85 DAS, nas duas safras.



A colheita do milho grão foi realizada manualmente no estágio fenológico R6 (maturação fisiológica), aos 118 dias após a semeadura (DAS).

### **3.4 Características avaliadas no milho verde**

- Altura de plantas, inserção da espiga e diâmetro do colmo: determinados aos 68 DAS, em todas as plantas da área útil da parcela. Para a altura de planta, foi considerada a distância do nível do solo ao ponto de inserção da lâmina foliar mais alta, e a inserção da primeira espiga foi medida do nível do solo até a base da espiga. Na ocasião, foi realizada também a medição do diâmetro do primeiro entrenó.

-Prolificidade: número médio de espigas por plantas.

-Matéria seca da planta: aos 68 DAS, foram coletadas 2 plantas da área útil da parcela, separadas em folhas, caule, raiz e espiga, acondicionadas separadamente em sacos de papel e colocadas em estufa de circulação de ar forçada a 65°C até atingir massa constante.

- Teor de fósforo na folha diagnóstica: por ocasião do florescimento feminino (embonecamento), na área útil de cada parcela, foi coletado o terço médio da folha oposta e abaixo da primeira espiga (superior), excluída a nervura central, quando 50% das plantas estavam o pendão emitido, segundo o método descrito por Malavolta (2006). Usou-se estufa com circulação forçada de ar, sob temperatura constante de 65°C. Os extratos de leitura para fósforo foram obtidos por digestão sulfúrica das amostras de material seco. Para leitura do fósforo de cada extrato, foi utilizada a metodologia do azul de molibdênio (MALAVOLTA et al., 1997). A obtenção dos extratos e o procedimento de leitura do P foram repetidos nas demais partes da planta, para determinação dos teores de P na folha, caule, raiz e espiga.

-Acúmulo de fósforo (P): o acúmulo de P nos diferentes órgãos da planta de milho foi calculado multiplicando-se os teores dos nutrientes pelos valores da massa seca das folhas, caule, raiz e espiga; o acúmulo total foi calculado mediante somatório dos acúmulos nos respectivos órgãos da planta.

-Número e produtividade de espigas de milho verde: foram avaliados o número e massa totais de espigas; número e massa de espigas comercializáveis, empalhadas e despalhadas. O número e massa total de espigas foram obtidos com base no total de espigas colhidas na área útil. Foram consideradas como espigas empalhadas comercializáveis aquelas livres de danos causados por pragas ou doenças e com comprimento igual ou superior a 22 cm e, como espigas despalhadas comercializáveis, aquelas com boa sanidade e granação e apresentando comprimento igual ou superior a 18 cm (SILVA et al., 2014).

-Índices de eficiência nutricional: a eficiência nutricional do P pelas cultivares de milho foi calculada segundo metodologia descrita por Fageria (2009), utilizando os índices:

-Eficiência agrônômica (EA):  $EA = (PVcP - PVsP)/(QPa)$ , expressa em  $kg\ kg^{-1}$ .

Em que PVcP é a produção total de espigas verdes empalhadas com adubação fosfatada; PVsP é a produção total de espigas verdes empalhadas sem adubação fosfatada e QPa é a quantidade de  $P_2O_5$  aplicado em  $kg\ ha^{-1}$ .

-Eficiência fisiológica (EF):

$EF = (MSTcP - MSTsP)/(APcP - APsP)$ , expressa em  $kg\ kg^{-1}$ .

Em que MSTcP é a produção de matéria seca total com adubação fosfatada (kg); MSTsP é a produção de matéria seca total sem adubação fosfatada (kg); APcP é o acúmulo de P total com adubação fosfatada (kg) e APsP é o acúmulo de P total sem adubação fosfatada (kg).

-Eficiência na produção de espigas (EPE):  $EPE = (PEcP - PEsP)/(APcP - APsP)$ , expressa em  $kg\ kg^{-1}$ .

Em que PVcP é a produção de espigas verdes com adubação fosfatada; PVsP é a produção de espigas verdes sem adubação fosfatada; APcP é o acúmulo de P total com adubação fosfatada (kg) e APsP é o acúmulo de P total sem adubação fosfatada (kg).

-Eficiência de recuperação (ER):  $ER = (APcP - APsP)/(QPa)$ , expressa em  $kg\ kg^{-1}$ .

Em que APcP é o acúmulo de P com adubação fosfatada (kg); APsP é o acúmulo de P sem adubação fosfatada (kg) e QPa é a quantidade de  $P_2O_5$  aplicado em  $kg\ ha^{-1}$ .

-Eficiência de utilização (EU):  $EU = EF \times ER$ , expressa em  $kg\ kg^{-1}$ .

Em que EF é a eficiência fisiológica e ER, a eficiência de recuperação.

### 3.5 Características avaliadas no milho grão

-Matéria seca da planta: aos 116 DAS, foram coletadas duas plantas, separadas em folhas, caule, raiz e espiga, acondicionadas separadamente em sacos de papel e colocadas em estufa de circulação de ar forçada a  $65^\circ C$  até atingir massa constante.

-Acúmulo de fósforo (P) nos diferentes órgãos da planta de milho foi calculado multiplicando-se os teores dos nutrientes pelos valores da massa seca na folha, caule, raiz e espiga; o acúmulo total foi calculado mediante somatório dos acúmulos nas respectivas partes da planta.

-Produtividade de grãos: foi obtida a partir da debulha e pesagem dos grãos oriundos das espigas colhidas na área útil das parcelas, convertida para  $\text{kg ha}^{-1}$  e corrigida para 15,5% de teor de umidade.

-Índices de eficiência nutricional: a eficiência nutricional do P pelas cultivares de milho foi calculada segundo metodologia descrita por Fageria (2009), utilizando os índices:

-Eficiência agrônômica (EA):  $EA = (PGcP - PGsP)/(QPa)$ , expressa em  $\text{kg kg}^{-1}$ .

Em que PGcP é a produção de grãos com adubação fosfatada; PGsP é a produção de grãos sem adubação fosfatada e QPa é a quantidade de  $\text{P}_2\text{O}_5$  aplicado em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

-Eficiência fisiológica (EF):  $EF = (MSTcP - MSTsP)/(APcP - APsP)$ , expressa em  $\text{kg kg}^{-1}$ .

Em que MSTcP é a produção de matéria seca total com adubação fosfatada (kg); MSTsP é a produção de matéria seca total sem adubação fosfatada (kg); APcP é o acúmulo de P total com adubação fosfatada (kg) e APsP é o acúmulo de P total sem adubação fosfatada (kg).

-Eficiência na produção de grãos (EPG):  $EPG = (PGcP - PGsP)/(APcP - APsP)$ , expressa em  $\text{kg kg}^{-1}$ .

Em que PGcP é a produção de grão com adubação fosfatada; PGsP é a produção de grãos sem adubação fosfatada; APcP é o acúmulo de P total com adubação fosfatada (kg) e APsP é o acúmulo de P total sem adubação fosfatada (kg).

-Eficiência de recuperação (ER):  $ER = (APcP - APsP)/(QPa)$ , expressa em  $\text{kg kg}^{-1}$ .

Em que APcP é o acúmulo de P com adubação fosfatada (kg); APsP é o acúmulo de P sem adubação fosfatada (kg) e QPa é a quantidade de  $\text{P}_2\text{O}_5$  aplicado em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

-Eficiência de utilização (EU):  $EU = EF \times ER$ , expressa em  $\text{kg kg}^{-1}$ .

Em que EF é a eficiência fisiológica e ER, a eficiência de recuperação.

### 3.6 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias dos níveis comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, e as médias das cultivares, pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Milho Verde

#### 4.1.1 CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES

Em ambas as safras, houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) da interação níveis de fósforo e cultivares para todas as variáveis (Tabela 1A), cujas médias podem ser vistas nas Tabelas 4 a 11. As plantas dos tratamentos que não receberam adubação fosfatada (nível baixo de P) mostraram-se raquíticas, com coloração arroxeada até o estágio V3 (três primeiras semanas) e elevada atratividade à lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

A aplicação de fósforo aumentou a altura de planta e de inserção da primeira espiga. A cultivar Carrapateira apresentou as plantas mais altas e com maior altura de inserção da espiga, nas duas safras, em todos os níveis de P (Tabela 4). Na safra 1, o nível alto de P proporcionou maior altura de planta, com exceção das cultivares Dona Josélia, Status e AG 1051, que não se diferenciaram no nível médio de P. Na safra 2, as cultivares não diferiram nos níveis médio e alto de P.

Tabela 4. Valores médios referentes à altura da planta (AP) e altura de inserção da primeira espiga (AIE), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

SAFRA1						
Cultivar	AP (cm)			AIE (cm)		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	137,25 cB	201,66 bA	204,50 dA	80,75 aC	104,00 cB	109,75 cA
Carrapateira	171,75 aC	240,37 aB	281,10 aA	79,88 aC	138,25 aB	167,25 aA
Pontinha	136,00 cC	175,88 dB	184,75 fA	70,00 cC	94,00 dB	88,25 eA
Cruzeta	96,44 eC	177,44 dB	222,66 bA	42,50 fC	90,75 dB	100,88 dA
Potiguar	154,00 bC	203,37 bB	215,07 cA	76,25 bC	107,50 bB	117,50 bA
BRS 2022	125,53 dC	173,16 dB	198,13 eA	56,75 eC	72,25 eB	85,00 eA
Status	139,00 cB	189,09 cA	193,41 eA	61,38 dC	90,75 dB	103,50 dA
AG 1051	90,00 fB	184,25 cA	189,10 fA	42,25 fB	101,75 cA	103,75 dA
CV (%)	8,13			8,85		
SAFRA2						
Cultivar	AP (cm)			AIE (cm)		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	123,50 cB	162,75 bA	163,75 bA	51,25 dB	75,00 bA	76,50 cA
Carrapateira	190,50 aA	201,50 aA	204,00 aA	86,25 aB	125,25 aA	125,00 aA
Pontinha	137,50 bB	160,75 bA	168,25 bA	64,50 bC	78,75 bB	88,25 bA
Cruzeta	129,25 cB	158,75 bA	160,00 bA	52,00 dB	75,00 bA	75,50 cA
Potiguar	140,50 bB	160,00 bA	165,50 bA	56,75 cB	71,50 bA	72,75 cA
BRS 2022	123,75 cB	147,25 cA	152,75 cA	48,00 dB	59,50 cA	63,25 dA
Status	127,50 cB	153,25 bA	156,75 bA	48,50 dB	68,00 cA	71,00 cA
AG 1051	108,75 dB	150,00 cA	155,00 cA	46,00 dC	63,00 cB	73,25 cA
CV (%)	7,60			7,43		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade.

A maior altura de inserção da primeira espiga também ocorreu no nível alto de P. Na safra 1, a cultivar AG 1051 não diferiu entre os níveis médio e alto. Na safra 2, com exceção da Pontinha e AG 1051, as cultivares não diferiram nos níveis médio e alto (Tabela 4).

A quantidade de fósforo absorvido influencia no desenvolvimento da parte aérea, pois é função do fósforo na planta, como integrante da molécula do ATP, atuar no armazenamento e na transferência da energia química captada da luz solar na fotossíntese (SALDANHA et al., 2017). Cultivares de porte baixo, como observado no nível baixo de P, são mais interessantes quando se pretende realizar a incorporação de restos culturais, mas quando o destino é a alimentação animal, prioriza-se o uso de cultivares que produzam maior quantidade de matéria seca (PARENTONI et al., 1990), como no caso das cultivares no nível alto de P, sobretudo a cultivar Carrapateira, que detém a maior altura de planta entre as cultivares.

Embora a maior altura de inserção da espiga predisponha a planta ao acamamento, na medida em que a alta relação inserção/estatura pode diminuir o centro de gravidade da planta, esse evento não ocorreu no presente estudo, refutando Campos et al. (2010) e Silva et al.

(2015). O aumento na altura das plantas com o fornecimento de P também foi observado por Ribeiro et al. (2016) e Saldanha et al. (2017).

O diâmetro do colmo (DC) aumentou com o incremento nos níveis de P, embora na safra 2 as cultivares não tenham diferido entre os níveis médio e alto. A cultivar Carrapateira apresentou os maiores valores de DC, alcançando 26,30 e 27,65 mm, no maior nível de P, nas safras 1 e 2, respectivamente (Tabela 5). O colmo é uma estrutura de reserva, a qual permite a translocação de fotoassimilados para os grãos (SORATTO et al., 2010); desse modo, pode-se inferir que as cultivares com maior DC, como Carrapateira, AG 1051, Cruzeta e Potiguar, também se destaquem em relação à produtividade. Saldanha et al. (2017) também observaram comportamento crescente do DC com o aumento dos níveis de fósforo, chegando ao máximo de 19,80 mm na dose de 114,62 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Tabela 5. Valores médios referentes ao diâmetro do colmo (DC) e prolificidade (PROL), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

SAFRA1						
Cultivar	DC (mm)			PROL (unid planta <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	15,24 cC	22,33 dB	23,06 eA	0,69 cC	1,03 aB	1,16 cA
Carrapateira	17,21 aC	24,25 aB	26,30 aA	0,32 fC	0,78 cB	0,97 dA
Pontinha	14,48 dC	21,71 bB	23,65 fA	0,47 eC	1,03 bA	0,91 dB
Cruzeta	13,60 eC	21,93 dB	24,20 bA	0,66 cB	1,13 aA	1,22 cA
Potiguar	16,28 bC	22,26 dB	24,44 bA	0,82 bC	0,97 bB	1,35 aA
BRS 2022	17,00 aC	22,43 cB	23,60 dA	0,97 aB	0,97 bB	1,19 bA
Status	16,38 bC	22,10 dB	22,90 eA	1,00 aC	1,25 aB	1,41 aA
AG 1051	14,73 dC	22,75 cB	23,95 cA	0,57 dB	1,28 aA	1,32 aA
CV (%)	8,15			11,28		
SAFRA2						
Cultivar	DC (mm)			PROL (unid planta <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	18,25 aB	23,00 bA	22,75 cA	0,53 cC	1,16 aA	1,03 eB
Carrapateira	19,18 aB	26,25 aA	27,65 aA	0,38 dB	0,75 cA	0,85 fA
Pontinha	20,75 aB	22,75 bAB	23,85 cA	0,72 bB	1,07 bA	1,00 eA
Cruzeta	18,25 aB	22,00 bA	22,20 cA	0,69 bB	1,22 aA	1,13 dA
Potiguar	20,68 aA	23,25 bA	22,88 cA	0,78 bC	1,00 bB	1,32 bA
BRS 2022	19,18 aA	21,45 bA	21,25 cA	0,94 aB	1,00 bB	1,19 cA
Status	18,80 aB	22,68 bA	23,75 cA	1,00 aC	1,25 aB	1,44 aA
AG 1051	19,25 aB	23,88 bA	25,08 bA	0,69 bB	1,28 aA	1,32 bA
CV (%)	7,54			13,12		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade.

Em geral, a altura de plantas e de inserção da primeira espiga foi maior na safra 1, fato explicado por conta das altas taxas de nebulosidade durante a condução da safra 1 (período chuvoso), com reflexos diretos na radiação solar global (Tabela 2). O sombreamento provoca a inativação do fitocromo pela irradiância de luz no comprimento de onda na região do

vermelho curto, bem como pode aumentar a sensibilidade da planta à giberelina, levando ao crescimento excessivo da parte aérea (ROOD et al., 1986). Da mesma maneira, os maiores índices de radiação solar, juntamente com o teor de P inicial mais elevado no solo da safra 2 (Tabela 1), esclarecem o motivo das plantas na safra 2 não diferirem entre os níveis médio e alto de P para AP, AIE e DC.

Em relação à prolificidade (PROL), as cultivares Potiguar, Status e AG 1051 produziram o maior número de espigas por planta na safra 1, para o nível alto de P (Tabela 5). Na safra 2, a cultivar Status foi superior às demais, também no nível alto de P. Sangoi et al. (2010) defendem que a prolificidade é uma característica genética de cada planta; todavia, na presente pesquisa, nota-se comportamento crescente com o aumento nos níveis de P, embora seja pequena a diferença entre os níveis médio e alto, especialmente na safra 2.

O aumento do número de espigas por planta de milho nem sempre favorece o aumento da produtividade, pois geralmente a segunda espiga é pequena, deformada e desgranada (REVOLTI et al., 2016). Para Kappes et al (2011), os melhores rendimentos de grãos são conseguidos naquelas populações cuja prolificidade esteja próxima da unidade, com espigas de tamanho suficiente para não diminuir o rendimento de grãos. Além disso, o aumento da prolificidade pode afetar outros caracteres importantes, como a resistência do caule e da raiz, favorecendo o acamamento de plantas.

A matéria seca da folha (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR), da espiga (MSE) e total (MST) apresentaram acréscimo relativo ao aumento dos níveis de P (Tabelas 6 a 8). A cultivar Carrapateira alcançou maior valor de matéria seca em todas as partes da planta, em ambas as safras, para todos os níveis. Resultado esperado, pois foi a cultivar que apresentou o maior porte no dossel.

Tabela 6. Valores médios referentes à matéria seca da folha (MSF) e do caule (MSC), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

<b>SAFRA1</b>						
<b>Cultivar</b>	<b>MSF (g planta<sup>-1</sup>)</b>			<b>MSC (g planta<sup>-1</sup>)</b>		
	<b>Níveis de P no solo</b>			<b>Níveis de P no solo</b>		
	<b>Baixo</b>	<b>Médio</b>	<b>Alto</b>	<b>Baixo</b>	<b>Médio</b>	<b>Alto</b>
Dona Josélia	25,74 dC	52,10 fB	88,20 dA	22,85 dC	59,26 eB	87,25 cA
Carrapateira	80,71 aB	124,39 aA	127,39 aA	55,96 aC	138,16 aB	141,65 aA
Pontinha	34,38 bC	80,29 cB	105,29 bA	29,36 cC	69,38 cB	94,14 bA
Cruzeta	22,22 eC	56,41 eB	93,26 cA	19,34 eC	59,29 eB	72,96 eA
Potiguar	30,40 cC	82,54 cB	91,79 cA	30,55 cB	76,57 bA	79,20 dA
BRS 2022	28,58 cC	73,38 dB	82,63 eA	35,30 bC	48,05 fB	70,59 eA
Status	30,99 cC	55,81 eB	88,56 dA	20,57 eC	66,38 dB	70,27 eA
AG 1051	27,09 dB	86,05 bA	89,30 dA	20,32 eB	65,45 dA	67,18 fA
CV (%)	11,11			9,90		

<b>SAFRA2</b>						
<b>Cultivar</b>	<b>MSF (g planta<sup>-1</sup>)</b>			<b>MSC (g planta<sup>-1</sup>)</b>		
	<b>Níveis de P no solo</b>			<b>Níveis de P no solo</b>		
	<b>Baixo</b>	<b>Médio</b>	<b>Alto</b>	<b>Baixo</b>	<b>Médio</b>	<b>Alto</b>
Dona Josélia	37,79 cC	57,04 fB	79,49 dA	32,53 cB	71,11 bA	72,28 cA
Carrapateira	79,68 aB	123,29 aA	123,93 aA	66,77 aB	150,93 aA	150,62 aA
Pontinha	36,37 cB	84,64 bA	86,95 cA	27,93 dC	60,57 cB	86,33 bA
Cruzeta	47,83 bC	69,56 dB	83,60 dA	30,40 cB	52,44 dA	55,02 dA
Potiguar	38,58 cC	83,25 bB	95,65 bA	41,99 bC	60,72 cB	69,85 cA
BRS 2022	40,65 cC	74,53 cB	85,73 cA	28,32 dC	49,00 dB	69,76 cA
Status	32,68 cC	63,20 eB	80,47 dA	26,61 dB	64,91 cA	69,33 cA
AG 1051	42,31 cB	83,21 bA	88,63 cA	23,20 dB	51,40 dA	51,05 dA
CV (%)	9,87			8,38		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade.



Tabela 7. Valores médios referentes à matéria seca da raiz (MSR) e da espiga (MSE), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

SAFRA1						
Cultivar	MSR (g planta <sup>-1</sup> )			MSE (g planta <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	3,33 eC	20,31fB	25,55 eA	15,98 bC	53,44 fB	59,42 fA
Carrapateira	22,78 aC	96,41 aB	102,69 aA	21,30 aC	113,74 aB	123,13 aA
Pontinha	6,39 cC	21,94 eB	32,68 dA	7,85 eC	35,96 gB	50,25 gA
Cruzeta	4,69 dC	39,21 bB	55,78 cA	16,21bC	78,93 cB	90,04 bA
Potiguar	5,20 dC	29,94 dB	32,68 dA	16,59 bB	81,66 bA	83,71 dA
BRS 2022	6,20 cC	29,29 dB	78,75 bA	22,58 aC	61,24 eB	78,63 eA
Status	8,76 bC	36,67 cB	79,10 bA	13,67 cC	63,24 eB	87,86 cA
AG 1051	6,33 cC	38,79 bB	79,02 bA	11,54 dC	65,34 dB	87,79 cA
CV (%)	11,47			11,11		
SAFRA2						
Cultivar	MSR (g planta <sup>-1</sup> )			MSE (g planta <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	13,06 bC	35,95 cB	43,83 cA	17,97 aB	53,35 cA	52,63 cA
Carrapateira	38,52 aC	85,26 aB	95,09 aA	18,95 aC	100,82 aB	113,44 aA
Pontinha	16,06 bB	27,61 dA	28,49 dA	14,68 bC	46,76 dB	54,16 cA
Cruzeta	13,43 bC	32,03 dB	48,52 bA	15,21 bB	76,44 bA	80,63 bA
Potiguar	14,90 bC	30,74 dB	41,11 cA	21,92 aC	71,48 bB	77,30 bA
BRS 2022	15,16 bC	34,74 cB	41,57 cA	18,76 aB	75,01 bA	78,53 bA
Status	14,56 bC	41,42 bB	47,22 bA	20,54 aC	63,69 cB	76,52 bA
AG 1051	15,60 bB	41,85 bA	47,07 bA	19,31 aB	75,29 bA	78,63 bA
CV (%)	10,22			10,78		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade.

Em regra, as plantas do nível baixo de P da safra 2 apresentaram maior matéria seca que as da safra 1, por conta do maior desenvolvimento daquelas, alavancadas pelo maior teor de fósforo no solo da área (Tabela 1), bem como devido aos maiores índices de radiação solar na área da safra 2 (Tabela 2). Outro fator que pode ter contribuído para essa condição, foi a maior incidência de pragas na área da safra 1 (período chuvoso), especialmente no nível baixo de P, pois a carência de fósforo predispõe a planta ao ataque de pragas, sobretudo a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (FERREIRA, 2012). No nível alto de P, ocorreu efeito contrário: as plantas da safra 1 mostraram maior matéria seca que as da safra 2, haja vista a maior estatura das plantas da safra 1.

O mesmo raciocínio descrito acima, acerca do melhor desempenho das plantas da safra 2 no nível baixo de P, explica o porquê da maior parte das cultivares não diferirem entre os níveis médio e alto de P para a matéria seca do caule (Tabela 6).

A maior concentração de fósforo propicia aumento no desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, maior proporção de matéria seca na planta. Esse comportamento também

foi constatado por outros autores em seus trabalhos com adubação fosfatada na cultura do milho (BASTOS et al., 2010; PELÁ et al., 2017; SALDANHA et al., 2017).

Tabela 8. Valores médios referentes à matéria seca total (MST) e teor de fósforo na folha diagnóstica (PFD), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

SAFRA1						
Cultivar	MST (g planta <sup>-1</sup> )			PFD (g kg <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	67,91 eC	185,12 gB	260,41 eA	1,30 cC	1,76 fB	2,49 dA
Carrapateira	180,75 aC	472,69 aB	494,85 aA	1,35 bC	2,52 bB	2,63 cA
Pontinha	77,93 cC	207,56 fB	282,36 dA	1,22 cC	2,69 aB	2,89 cA
Cruzeta	62,46 eC	233,83 dB	308,97 cA	1,01 dC	1,80 fB	2,23 eA
Potiguar	82,74 cC	270,70 bB	287,37 dA	1,26 cC	1,70 gB	2,82 bA
BRS 2022	92,66 bC	211,95 fB	310,60 cA	1,88 aC	2,18 cB	2,69 cA
Status	73,99 dC	222,11 eB	325,79 bA	1,41 bC	1,90 eB	1,99 fA
AG 1051	65,28 eC	255,62 cB	323,28 bA	1,23 cC	1,97 dB	3,04 aA
CV (%)		11,18			6,29	

SAFRA2						
Cultivar	MST (g planta <sup>-1</sup> )			PFD (g kg <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	101,35 cC	217,45 cB	248,23 dA	0,60 eC	2,21 bB	2,33 eA
Carrapateira	203,92 aC	460,30 aB	483,07 aA	1,36 aC	2,36 aB	2,53 cA
Pontinha	95,02 dC	219,57 cB	255,92 dA	0,99 dC	1,45 fB	1,83 fA
Cruzeta	106,86 cC	230,48 cB	267,76 dA	1,29 bC	2,00 cB	2,43 dA
Potiguar	117,39 bC	246,18 bB	283,91 bA	1,26 bC	1,78 eB	2,87 bA
BRS 2022	102,88 cC	233,27 cB	275,58 cA	1,15 cC	1,97 cB	2,51 cA
Status	94,38 dC	233,21 cB	273,54 cA	0,55 eC	1,91 dB	1,67 gA
AG 1051	100,81 cC	251,73 bB	265,37 dA	1,02 dC	2,02 cB	2,97 aA
CV (%)		10,05			5,93	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade.

O teor de fósforo na folha diagnóstica (PFD) mostrou-se crescente com o aumento dos níveis de P. O AG 1051 apresentou maior valor de PFD em ambas as safras, alcançando 3,04 e 2,97 g kg<sup>-1</sup>, nas safras 1 e 2, respectivamente (Tabela 8). Lana et al. (2014) e Valderrama et al. (2011) também constataram aumento no PFD com o acréscimo nos níveis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

De acordo com Bull (1993), o teor de fósforo foliar considerado ideal para a cultura do milho deve estar entre 1,9 e 3,5 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca, valores fora dessa faixa podem comprometer o desenvolvimento da cultura. Para o nível alto de P, todas as cultivares na safra 1 apresentaram valor dentro da faixa recomendada. Na safra 2, com exceção da Pontinha (1,83 g kg<sup>-1</sup>) e Status (1,67 g kg<sup>-1</sup>), as cultivares ficaram com o teor de fósforo na folha dentro do padrão proposto. Como o solo da área apresentou teor de fósforo muito baixo, 0,1 mg dm<sup>-3</sup> (safra 1) e 2,0 mg dm<sup>-3</sup> (safra 2), todas as cultivares no nível mínimo de P ficaram abaixo (fora) da faixa ideal.

Apesar da cultivar Carrapateira apresentar sistema radicular mais denso, com maior massa seca de raiz, o que sugere maior absorção de fósforo; nota-se que ocorreu o efeito da diluição do fósforo na folha, pois ela é a cultivar com maior matéria seca em todas as partes da planta. Esse efeito é proveniente do aumento da taxa de crescimento da planta e consequente redução na concentração do nutriente (CARNEIRO et al., 2008).

O acúmulo de fósforo na folha (APF), no caule (APC), na raiz (APR), na espiga (APE) e total (APT) aumentaram com o incremento nos níveis de P (Tabelas 9 a 11).

Para o APF, na safra 1, a cultivar Pontinha alcançou maior valor nos níveis médio e alto de P. Na safra 2, a cultivar Carrapateira foi superior em todos os níveis. Era esperado que a cultivar Carrapateira apresentasse o maior APF também na safra 1, pois foi a cultivar que obteve a maior matéria seca da folha, coeficiente usado para estimar o acúmulo de fósforo na folha. Todavia, devido ao efeito da diluição do fósforo na folha dessa cultivar, a Pontinha sobressaiu a mesma nos níveis médio e alto de P da safra 1 (Tabela 9).

Tabela 9. Valores médios referentes ao acúmulo de fósforo na folha (APF) e no caule (APC), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

SAFRA1						
Cultivar	APF (mg planta <sup>-1</sup> )			APC (mg planta <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	25,10 dC	49,75 fB	112,89 dA	9,59 eC	34,93 dB	93,35 aA
Carrapateira	85,90 aB	117,76 bA	111,19 dA	42,11 aC	64,85 aB	86,40 bA
Pontinha	40,14 cC	149,49 aB	250,74 aA	20,47 cC	66,90 aB	93,07 aA
Cruzeta	15,42 eB	49,11 fA	46,60 fA	16,72 dC	41,20 cB	49,82 eA
Potiguar	21,82 eC	75,65 eB	85,68 eA	17,32 dB	56,90 bA	57,17 dA
BRS 2022	51,22 bC	94,64 dB	106,12 dA	25,11 bC	36,88 dB	54,77 dA
Status	28,50 dC	103,31 cB	133,03 cA	15,25 dC	43,66 cB	69,78 cA
AG 1051	27,64 dC	123,07 bB	157,94 bA	15,45 dC	57,34 bB	65,81 cA
CV (%)	12,67			10,13		
SAFRA2						
Cultivar	APF (mg planta <sup>-1</sup> )			APC (mg planta <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	29,18 cC	57,20 dB	119,69 dA	16,84 bB	62,39 bA	60,61 cA
Carrapateira	89,13 aC	241,59 aB	255,88 aA	40,79 aC	81,71 aB	103,75 aA
Pontinha	36,24 cC	125,95 bB	159,30 bA	17,11 bC	45,94 cB	73,81 bA
Cruzeta	33,58 cC	96,77 cB	138,38 cA	20,53 bC	29,15 eB	35,73 eA
Potiguar	34,06 cC	128,67 bB	144,42 cA	15,25 bC	30,88 eB	39,04 dA
BRS 2022	56,25 bC	134,05 bB	166,71 bA	9,61 cC	26,11 eB	35,11 eA
Status	54,15 bB	55,69 dB	146,99 cA	8,06 cB	33,64 eA	32,56 eA
AG 1051	49,22 bC	134,85 bB	166,43 bA	12,44 cB	37,49 dA	42,90 dA
CV (%)	11,06			12,21		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade.

A cultivar Pontinha acumulou quantidade maior de fósforo no caule (APC), nos níveis médio e alto de P da safra 1; não diferindo, no nível médio, da cultivar Carrapateira, a qual foi

superior às demais no nível mínimo. A cultivar Carrapateira também se destacou na safra 2, alcançando o maior valor em todos os níveis (Tabela 9). É possível inferir que houve efeito da diluição do fósforo no caule da cultivar Carrapateira na safra 1, fato que cooperou para que essa cultivar fosse inferior a cultivar Pontinha no nível alto de P.

Em ambas as safras, a cultivar Carrapateira apresentou o maior acúmulo de P na raiz (APR) e na espiga (APE), para todos os níveis de P (Tabela 10). Não houve diferença entre os níveis médio e alto de P para o APR da safra 2 nas cultivares Pontinha, BRS 2022 e AG 1051. A espiga é a parte da planta que concentra o maior acúmulo de fósforo. As cultivares Cruzeta e Potiguar também se destacaram em relação ao APE nas duas safras, devido aos altos valores de matéria seca da espiga dessas cultivares (Tabela 7), pois a matéria seca é diretamente proporcional ao acúmulo de fósforo. Tiritan et al. (2010) concordam com essa interpretação.

Tabela 10. Valores médios referentes ao acúmulo de fósforo na raiz (APR) e na espiga (APE), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

SAFRA1						
Cultivar	APR (mg planta <sup>-1</sup> )			APE (mg planta <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	1,88 bC	12,59 eB	20,46 fA	41,59 bC	223,92 cB	254,03 dA
Carrapateira	13,54 aC	90,78 aB	147,20 aA	70,33 aC	529,29 aB	595,55 aA
Pontinha	4,18 bC	19,02 dB	25,28 eA	23,02 dC	134,50 gB	199,43 gA
Cruzeta	3,62 bC	26,68 cB	52,59 cA	46,05 bC	259,92 bB	337,21 bA
Potiguar	3,34 bC	28,86 cB	34,44 dA	41,57 bC	258,79 bB	323,40 cA
BRS 2022	4,33 bC	21,59 dB	64,20 bA	62,84 aC	210,04 dB	236,46 eA
Status	5,90 bC	34,27 bB	62,74 bA	30,16 cC	199,07 eB	318,75 cA
AG 1051	5,19 bC	34,81 bB	64,56 bA	21,55 dC	190,77 fB	220,29 fA
CV (%)	11,48			10,22		
SAFRA2						
Cultivar	APR (mg planta <sup>-1</sup> )			APE (mg planta <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	5,78 cC	15,86 dB	41,36 bA	43,05 bB	188,37 cA	180,97 dA
Carrapateira	21,13 aC	86,50 aA	80,30 aB	63,78 aC	396,92 aB	423,42 aA
Pontinha	3,91 cB	20,74 cA	22,86 dA	36,78 bC	139,73 dB	178,48 dA
Cruzeta	10,10 bC	22,09 cB	44,83 bA	39,02 bC	204,72 bB	233,95 bA
Potiguar	5,91 cC	21,80 cB	29,70 cA	56,75 aC	174,68 cB	220,00 bA
BRS 2022	10,43 bB	26,67 bA	28,87 cA	45,81 bC	181,47 cB	214,36 bA
Status	5,28 cC	25,69 bA	15,27 eB	40,42 bC	112,30 eB	199,55 cA
AG 1051	7,72 bB	24,82 bA	23,47 dA	33,90 bC	155,36 dB	220,03 bA
CV (%)	15,11			12,31		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade.

Em relação ao APT, nas duas safras, a cultivar Carrapateira mostrou os maiores valores em todos os níveis de P (Tabela 11). Ressalta-se que o valor obtido por essa cultivar no nível médio de P (802,67 mg planta<sup>-1</sup> na safra 1 e 806,72 mg planta<sup>-1</sup> na safra 2) é superior

às demais cultivares em qualquer nível. A maior matéria seca total, bem como a maior massa de raízes cooperaram para a maior absorção e acúmulo de fósforo pela cultivar Carrapateira.

Tabela 11. Valores médios referentes ao acúmulo total de fósforo (APT), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFRSA, 2017.

Cultivar	SAFRA 1			SAFRA 2		
	APT (mg planta <sup>-1</sup> )			APT (mg planta <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	78,16 cC	321,20 dB	480,73 eA	94,85 bC	323,82 cB	402,63 cA
Carrapateira	211,87 aC	802,67 aB	940,33 aA	214,83 aC	806,72 aB	863,34 aA
Pontinha	87,80 cC	369,91 dB	568,51 cA	94,05 bC	332,36 cB	434,45 bA
Cruzeta	81,80 cC	376,91 dB	486,20 eA	103,22 bC	352,74 bB	452,89 bA
Potiguar	84,04 cC	420,20 bB	500,70 dA	111,97 bC	356,02 bB	433,15 bA
BRS 2022	143,50 bC	363,15 dB	461,54 fA	122,10 bC	368,30 bB	445,04 bA
Status	79,81 cC	380,31 dB	584,29 bA	107,90 bC	227,32 dB	394,37 cA
AG 1051	69,83 cC	405,98 cB	508,60 dA	103,28 bC	352,52 bB	452,84 bA
CV (%)	12,41			13,90		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade.

#### 4.1.2 NÚMERO E PRODUTIVIDADE DE ESPIGAS VERDES

Em ambas as safras, a análise de variância (Tabela 2A) indica efeito significativo da interação cultivar e doses de fósforo para todas as variáveis, cujas médias podem ser vistas nas Tabelas 12, 13 e 14.

O número total de espigas (NTE), número de espigas empalhadas comercializáveis (NEEC), número de espigas despalhadas comercializáveis (NEDC), produtividade total de espiga (PTE), produtividade de espigas empalhadas comercializáveis (PEEC) e produtividade de espigas despalhadas comercializáveis aumentaram com o acréscimo nos níveis de P (Tabelas 12, 13 e 14).

A cultivar BRS 2022 apresentou maior NTE em todas as doses, seguida das cultivares Status, AG 1051 e Potiguar na safra 1. Na safra 2, a cultivar Status foi estatisticamente superior às demais, seguida do AG 1051 (Tabela 12).

Tabela 12. Valores médios referentes ao número total de espiga (NTE) e de espigas empalhadas comercializáveis (NEEC), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

SAFRA 1						
Cultivar	NTE (unid ha <sup>-1</sup> ) Níveis de P no solo			NEEC (unid ha <sup>-1</sup> ) Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	28646 cC	42969 cB	48177 bA	24740 bB	41667 aA	44271 cA
Carrapateira	16927 eB	32552 dA	35156 dA	16927 cB	29948 bA	35156 dA
Pontinha	19531 eB	42969 cA	41667 cA	19531 cB	40365 aA	40365 cA
Cruzeta	27344 cB	50781 bA	46875 bA	23438 bB	44271 aA	42969 cA
Potiguar	33854 bC	42969 cB	55990 aA	18229 cC	39063 aB	52083 bA
BRS 2022	40365 aB	55990 aA	53385 aA	39063 aB	41667 aB	48177 bA
Status	41667 aC	52083 bB	58594 aA	18229 cC	45573 aB	58594 aA
AG 1051	23438 dB	53385 aA	54688 aA	16927 cC	42969 aB	49479 bA
CV (%)	9,12			9,95		
SAFRA 2						
Cultivar	NTE (unid ha <sup>-1</sup> ) Níveis de P no solo			NEEC (unid ha <sup>-1</sup> ) Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	22135 cC	44177 bA	42969 eA	22135 cB	41667 bA	39063 cA
Carrapateira	15625 dB	31250 cA	35156 fA	15625 dB	31250 cA	35156 dA
Pontinha	29948 bB	44271 bA	41667 eA	29948 bB	37760 bA	41667 cA
Cruzeta	28646 bB	50781 aA	46875 dA	28646 bB	50781 aA	46875 bA
Potiguar	32552 bC	41667 bB	54688 bA	32552 bC	41667 bB	52083 aA
BRS 2022	39063 aB	41667 bB	49479 cA	39063 aB	42969 bB	48177 bA
Status	41667 aC	52083 aB	59896 aA	29948 bC	50781 aB	57292 aA
AG 1051	28646 bB	53385 aA	54688 bA	28646 bB	52083 aA	54688 aA
CV (%)	8,04			8,56		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade.

Comparando-se o NTE do ambiente sem aplicação de fósforo (nível baixo de P) com o ambiente com fertilização (níveis médio e alto de P), percebe-se aumentos expressivos quando do uso da fertilização fosfatada; em que, na média geral, o maior nível de P proporcionou acréscimos de 41% e 38% em relação ao menor nível de P, nas safras 1 e 2, respectivamente. De modo semelhante, o NEEC e NEDC também mostraram aumentos significativos com a aplicação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tabelas 12 e 13), ou seja, a cultura do milho responde muito bem às fertilizações fosfatadas, principalmente quanto à produção de espigas empalhadas, despalhadas e total. Rodrigues et al. (2018) e Ribeiro et al. (2016) concordam que há aumento na produção de espigas verdes com o aumento dos níveis de P.

Para o número de espigas empalhadas comercializáveis (NEEC), a cultivar Status foi superior estatisticamente nas duas safras, não diferindo da Potiguar e Ag 1051 na safra 2 (Tabela 12). A cultivar BRS 2022 se destacou quanto ao NEEC no nível baixo de P, ou seja, quase todas as plantas da BRS 2022 geraram espiga comercializável no nível mínimo de P, embora o resultado quando despalhadas, seja bem diferente.

As cultivares Dona Josélia, Status e AG 1051 apresentaram o maior número de espigas despalhadas comercializáveis (NEDC) na safra 1. Na safra 2, a cultivar Potiguar mostrou-se melhor em todos os níveis de P, sem diferir da Dona Josélia, Cruzeta, BRS 2022, Status e AG 1051 (Tabela 13). Não houve diferença entre os níveis médio e alto de P para a maior parte das cultivares, para o NTE, NEEC e NEDC.

Nenhuma cultivar da safra 1 apresentou espiga despalhada comercializável no nível baixo de P. O teor de fósforo no solo das duas áreas experimentais ficou abaixo do nível de suficiência para o milho proposto por Malavolta et al. (1997), os quais sugerem  $6 \text{ mg dm}^{-3}$  de P na camada superficial de 0 - 10 cm. Todavia, o teor de P disponível no solo da área 1, na faixa de 0 - 20 cm, foi 20 vezes menor que o da área 2; o que cooperou para não ocorrência de espigas despalhadas comercializáveis no nível baixo de P dessa safra.

Por ocasião do período chuvoso, houve maior incidência de pragas na área da safra 1, sobretudo no ambiente sem aplicação de P; além disso, o mês de março, época de implantação da safra 1, concentrou a maior quantidade de chuva do ano (Tabela 2), o que pode ter lavado alguns sais do perfil, principalmente o nitrogênio aplicado em fundação. As condições descritas anteriormente também contribuíram para a ausência de espigas despalhadas comercializáveis, bem como para a menor produção de espigas no nível baixo de P da safra 1.

As cultivares Cruzeta e Potiguar diferiram estatisticamente das demais, com os maiores valores de produtividade total de espigas (PTE) na safra 1. Para a safra 2, Cruzeta, Potiguar e Status foram as melhores em todas as doses, seguidas da BRS 2022 e do AG 1051. As cultivares não diferiram estatisticamente entre os níveis médio e alto de P na safra 2 (Tabela 13).

Tabela 13. Valores médios referentes ao número de espigas despalhadas comercializáveis (NEDC) e produtividade total de espiga (PTE), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

SAFRA 1						
Cultivar	NEDC (unid ha <sup>-1</sup> ) Níveis de P no solo			PTE (kg ha <sup>-1</sup> ) Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	0 aC	22135 cB	39063 aA	2752 aC	9232 bB	10121 cA
Carrapateira	0 aB	14323 dA	18229 dA	2719 aB	7757 cA	8418 dA
Pontinha	0 aB	18229 cA	18229 dA	2490 aB	9139 bA	9165 dA
Cruzeta	0 aB	26042 bA	23438 cA	2876 aC	12185 aB	13962 aA
Potiguar	0 aB	28646 bA	28646 bA	2549 aC	9725 bB	14230 aA
BRS 2022	0 aC	19531 cB	29948 bA	3177 aC	11624 aB	13021 bA
Status	0 aC	32552 aB	37760 aA	2876 aB	12749 aA	11818 cA
AG 1051	0 aB	32552 aA	35156 aA	1426 bC	10341 bB	11784 cA
CV (%)	17,05			12,10		

SAFRA 2						
Cultivar	NEDC (unid ha <sup>-1</sup> ) Níveis de P no solo			PTE (kg ha <sup>-1</sup> ) Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	5208 bB	36458 bA	39063 aA	3074 bB	10184 cA	10424 bA
Carrapateira	6510 bB	15625 cA	18229 cA	3314 bB	8788 cA	9060 cA
Pontinha	15625 aB	33854 bA	29948 bA	5884 aB	10151 cA	11591 bA
Cruzeta	7813 bC	32552 bB	39063 aA	4995 aB	13673 aA	13618 aA
Potiguar	13021 aB	39063 aA	40365 aA	6216 aB	12901 aA	14540 aA
BRS 2022	14323 aC	33854 bB	39063 aA	5962 aB	11527 bA	12969 aA
Status	5208 bB	40365 aA	39063 aA	4792 aB	12875 aA	12990 aA
AG 1051	10417 aC	33854 bB	39063 aA	3215 bB	12117 bA	12941 aA
CV (%)	10,39			11,13		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade.

Quanto à produtividade de espigas empalhadas comercializáveis (PEEC), Cruzeta e Potiguar apresentaram maior valor no nível alto de P na safra 1. Na safra 2, Cruzeta se destacou em todos os níveis de P, seguida da AG 1051, Status, BRS 2022, Potiguar e Pontinha. Houve diferença entre os níveis médio e alto de P na safra 2 apenas para as cultivares BRS 2022 e Status (Tabela 14).

Para a produtividade de espigas despalhadas comercializáveis (PEDC), Dona Josélia, Status, AG 1051, Potiguar e BRS 2022 foram melhores na safra 1, com o nível alto de P. Entre essas, apenas a BRS 2022 diferiu estatisticamente no nível médio de P. Na safra 2, as cultivares Potiguar, AG 1051, Status e Cruzeta apresentaram maior valor. Com exceção da Dona Josélia, as cultivares não diferiram entre os níveis médio e alto de P na safra 2 (Tabela 14).



Tabela 14. Valores médios referentes à produtividade de espigas empalhadas comercializáveis (PEEC) e de espigas despalhadas comerciais (PEDC), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

SAFRA 1						
Cultivar	PEEC (kg ha <sup>-1</sup> ) Níveis de P no solo			PEDC (kg ha <sup>-1</sup> ) Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	2372 aC	10121 bA	10266 cA	0 aC	4919 aB	6508 aA
Carrapateira	2613 aC	7757 dB	9067 dA	0 aC	1422 cB	3012 cA
Pontinha	2046 bB	9139 cA	9165 dA	0 aB	2068 cB	4208 bA
Cruzeta	2766 aC	11402 aB	13962 aA	0 aB	4928 aA	5031 bA
Potiguar	1622 bC	9725 bB	13762 aA	0 aB	5323 aA	6227 aA
BRS 2022	3177 aC	9706 bB	12195 bA	0 aC	3461 bB	5397 aA
Status	1798 bB	12176 aA	11704 bA	0 aB	5970 aA	6530 aA
AG 1051	910 bC	9276 cB	11353 bA	0 aB	4532 aB	6256 aA
CV (%)	13,51			25,92		

SAFRA 2						
Cultivar	PEEC (kg ha <sup>-1</sup> ) Níveis de P no solo			PEDC (kg ha <sup>-1</sup> ) Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	3074 bB	10184 bA	10424 bA	378 bC	5271 bB	6892 bA
Carrapateira	3314 bB	8788 bA	9460 bA	689 bB	2960 cA	3169 cA
Pontinha	5796 aB	10151 bA	11591 aA	2605 aB	5991 bA	6102 bA
Cruzeta	4878 aB	13673 aA	13618 aA	1017 bB	6172 bA	7335 aA
Potiguar	5992 aB	12901 aA	12302 aA	1754 aB	7690 aA	8393 aA
BRS 2022	5895 aC	9840 bB	12473 aA	1884 aB	5625 bA	6595 bA
Status	3901 bC	10549 bB	12875 aA	749 bB	7967 aA	7367 aA
AG 1051	3215 bB	12117 aA	12941 aA	813 bB	6900 aA	8005 aA
CV (%)	12,82			17,89		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade.

Em regra, a PTE, a PEEC e a PEDC na safra 2 foram superiores a da safra 1, principalmente no nível baixo de P (Tabelas 13 e 14). Além do teor de fósforo mais alto na área da safra 2, outro fator relevante é a radiação solar global no período de condução dessa safra, a qual foi bem maior nesse período (Tabela 2), sobretudo no mês de outubro, período de enchimento das espigas. O máximo aproveitamento da radiação ocorre no pré-florescimento e no enchimento de grãos, sendo esta fase o período mais crítico (RODRIGUES et al., 2011). Grossi et al. (2011) estimaram que a redução de 16,85% na radiação solar ocasiona perda de 43,21% na produção de milho.

O efeito da radiação também é responsável pela semelhança de valores entre os níveis médio e alto de P para a PTE, PEEC e PEDC da safra 2. Dessa forma, pode-se usar um nível menor de fósforo e, mesmo assim, obter-se uma grande quantidade de espigas verdes.

O bom desempenho das cultivares Cruzeta e Potiguar quanto a PTE, PEEC e PEDC se deve ao fato de essas cultivares serem adaptadas à região de condução dos experimentos, com excelentes características de adaptabilidade ao clima nordestino e boa estabilidade de produção, podendo expressar todo o seu potencial produtivo. O AG 1051 também se destacou

para essas variáveis, o que era esperado devido à finalidade de uso dessa cultivar, produção de espigas verdes, além de ser recomendada às condições climáticas da área de implantação dos experimentos. A Status foi outra cultivar de relevância no presente estudo, devido à boa estabilidade produtiva e ampla adaptação ao manejo adotado.

Ressalta-se que as cultivares supracitadas apresentaram elevada resposta ao uso do fósforo, com significativos incrementos na produção de espigas verdes e, qualquer que seja a finalidade (produção de espigas empalhadas ou despalhadas) a condução do experimento no período seco (safra 2) mostrou resultados melhores superiores à condução no período chuvoso (safra 1), principalmente quanto à produção de espigas despalhadas comercializáveis.

#### 4.1.3 ÍNDICES DE EFICIÊNCIA NUTRICIONAL

Nas duas safras, houve diferença significativa entre as cultivares para todos os índices de eficiência avaliados (Tabela 3A), cujas médias podem ser observadas na Tabela 15.

As cultivares Cruzeta, Potiguar, BRS 2022 e AG 1051 apresentaram maior eficiência agrônômica (EA) na safra 1. Dessa forma, para cada kg de  $P_2O_5$  aplicado ao solo, essas cultivares produziram 138,57; 146,01; 123,05 e 129,47 kg de espigas de milho verde, respectivamente. Na safra 2, AG 1051, Cruzeta, Potiguar e Status foram as mais eficientes (Tabela 15).

Vale lembrar que, para obter altas produtividades, nem sempre a quantidade recomendada corresponde à quantidade que propicia ganhos na eficiência agrônômica, podendo a eficiência agrônômica decrescer em relação aos níveis de P, tendo em vista o suprimento de P exceder as necessidades da cultura (lei dos incrementos decrescentes).

Para a eficiência fisiológica (EF), a cultivar BRS 2022 mostrou maior valor na safra 1, em que, para cada kg de P acumulado, a planta produziu 685,66 kg de matéria seca (Tabela 15). Na safra 2, Status sobressaiu às demais, marcando 556,34 kg de matéria seca por kg de P acumulado. Pode-se dizer que essas cultivares foram as mais eficientes na absorção e conversão do fósforo para a produção de matéria seca.

Tabela 15. Valores médios referentes às eficiências agrônômica (EA), fisiológica (EF), da produção de espiga (EPE), de recuperação (ER) e de utilização (EU), na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

SAFRA 1					
Cultivar	EA	EF	EPE	ER	EU
	-----kg.kg <sup>-1</sup> -----				
Dona Josélia	92,11 b	478,46 d	440,94 c	0,21 e	100,26 f
Carrapateira	71,24 c	431,14 e	187,62 e	0,38 a	163,59 a
Pontinha	83,44 c	425,23 e	333,09 d	0,25 c	106,47 e
Cruzeta	138,57 a	609,75 b	659,61 a	0,22 e	128,39 c
Potiguar	146,01 a	491,20 d	672,49 a	0,22 e	106,58 e
BRS 2022	123,05 a	685,66 a	741,94 a	0,17 f	113,51 d
Status	111,77 b	499,22 d	424,98 c	0,26 b	131,15 c
AG 1051	129,47 a	588,13 c	566,68 b	0,23 d	134,37 b
CV (%)	22,51	12,44	23,47	14,59	15,42
SAFRA 2					
Cultivar	EA	EF	EPE	ER	EU
	-----kg.kg <sup>-1</sup> -----				
Dona Josélia	91,88 b	444,47 b	573,95 a	0,16 c	71,29 b
Carrapateira	71,83 b	415,60 c	212,18 c	0,34 a	140,18 a
Pontinha	71,34 b	443,70 b	401,05 b	0,18 b	78,59 b
Cruzeta	107,80 a	402,64 c	595,11 a	0,18 b	73,38 b
Potiguar	104,05 a	456,54 b	621,63 a	0,17 c	76,31 b
BRS 2022	87,58 b	473,14 b	520,26 a	0,17 c	79,53 b
Status	101,04 a	556,34 a	677,78 a	0,15 c	82,89 b
AG 1051	121,58 a	413,89 c	671,71 a	0,18 b	75,29 b
CV (%)	19,11	14,24	21,63	15,31	16,59

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade.

Em regra, as eficiências fisiológicas da safra 2 foram inferiores àquelas da safra 1, devido à maior matéria seca total das plantas da safra 2 no nível baixo de P, pois a diferença entre a matéria seca total nos níveis alto e baixo de P é o coeficiente que influencia diretamente o valor da EF.

Em relação à eficiência de produção de espigas (EPE), que indica a eficiência da cultivar em converter o fósforo para a produção de espigas, as cultivares Cruzeta, Potiguar e BRS 2022 alcançaram os maiores valores na safra 1. Na safra 2, Status apresentou maior valor, sem diferir estatisticamente da AG 1051, Potiguar, Cruzeta, Dona Josélia e BRS 2022 (Tabela 15). Pode-se inferir que essas cultivares foram as mais eficientes nos processos associados à absorção, assimilação e redistribuição do P na planta.

A maior parte das cultivares da safra 2 apresentou valores de EPE superiores à safra 1, o que se deve à menor diferença entre os níveis alto e baixo de P para o acúmulo de fósforo na safra 2.

Na eficiência de recuperação (ER), quantidade de nutriente acumulado por unidade de nutriente aplicado, a cultivar Carrapateira apresentou maior valor em ambas as safras (Tabela

15). Resultado já esperado, pois a Carrapateira foi a cultivar que apresentou o maior acúmulo de fósforo nas duas safras. Todavia, essa cultivar não mostrou os melhores valores de eficiência agrônômica nem da produção de espigas, ou seja, ela canalizou o P absorvido para produção de matéria seca em detrimento da produção de grãos.

A maior amplitude no acúmulo de P entre os níveis baixo e alto de P, ou seja, acúmulos muito baixos no nível mínimo e altos no nível máximo de P, contribuiu para a maior eficiência de recuperação das cultivares na safra 1.

No tocante à eficiência de utilização (EU), a Carrapateira foi a melhor nas duas safras, consequência da maior ER dessa cultivar, visto que a EU corresponde ao produto da eficiência fisiológica e da eficiência de recuperação (Tabela 15). Aqui também, os valores da safra 1 foram superiores aos da safra 2, sendo diretamente influenciados pela maior diferença entre os acúmulos de P nos níveis baixo e alto de P.

O bom desempenho da cultivar Carrapateira em relação à EU se deve à sua maior massa e volume de raízes, o que coopera para a maior absorção e acúmulo de fósforo. Do Vale et al. (2013) também concordam que o maior volume de raízes em plantas de milho favorece a eficiência de utilização do fósforo. Eles, juntamente com outros autores (SPOLAOR et al., 2018; PELÁ et al., 2017; BAYUELO-JIMÉNEZ; OCHOA-CADAVID, 2014), defendem que há variações entre as cultivares de milho quanto à taxa de eficiência do uso do fósforo, o que foi constatado no presente estudo. Nesse sentido, a cultivar Carrapateira possui grande potencial a ser explorado em programas de melhoramento visando à eficiência de uso do fósforo.

## **4.2 Milho Grão**

### **4.2.1. PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, ACÚMULO DE NUTRIENTES E PRODUTIVIDADE**

Em ambas as safras, a análise de variância (Tabela 4A) indica efeito significativo da interação cultivar e níveis de P para todas as variáveis.

Em regra, a matéria seca de todas as partes da planta, bem como a matéria seca total, aumentaram com o acréscimo nos níveis de P (Tabelas 16 a 18).

Para a matéria seca da folha (MSF), a cultivar Carrapateira apresentou maior valor em todos os níveis de P da safra 1, sem diferir da BRS 2022, no nível médio e da Dona Josélia,

no nível alto de P. Na safra 2, Carrapateira e Dona Josélia foram estatisticamente superiores (Tabela 16).

A maior parte das cultivares apresentou valores semelhantes entre os níveis médio e alto de P para a MSF. O maior teor de fósforo disponível no solo da safra 2, bem como os maiores índice de radiação solar a que foram expostas essas plantas, contribuíram para que o resultado na MSF das cultivares no nível médio de P fosse equivalente a MSF no nível alto de P.

Tabela 16. Valores médios referentes à matéria seca da folha (MSF) e do caule (MSC), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

SAFRA1						
Cultivar	MSF (g planta <sup>-1</sup> )			MSC (g planta <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	17,09 cC	43,84 bB	62,62 aA	11,27 cB	52,15 aA	53,47 bA
Carrapateira	48,20 aC	55,22 aB	64,90 aA	35,70 aC	53,23 aB	60,11 aA
Pontinha	23,50 bC	36,25 dB	49,95 cA	21,69 bC	45,56 bB	55,11 bA
Cruzeta	17,40 cC	33,24 eB	50,24 cA	15,33 cC	37,97 cB	50,83 cA
Potiguar	25,95 bB	40,13 cA	44,68 dA	13,32 cC	35,57 cB	48,94 cA
BRS 2022	18,92 cB	51,34 aA	54,08 bA	18,31 bC	32,50 dB	37,03 eA
Status	17,73 cC	44,77 bB	49,89 cA	18,11 bC	36,65 cB	41,23 dA
AG 1051	16,83 cC	38,07 dB	45,75 dA	17,51 bC	39,09 cB	44,37 dA
CV (%)	10,84			9,09		
SAFRA2						
Cultivar	MSF (g planta <sup>-1</sup> )			MSC (g planta <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	19,39 cB	60,21 aA	62,96 aA	9,92 dC	47,48 bB	57,02 bA
Carrapateira	49,32 aB	63,65 aA	67,71 aA	39,54 aC	58,64 aB	69,55 aA
Pontinha	23,58 bC	35,60 eB	46,00 dA	26,92 bC	41,93 cB	56,16 bA
Cruzeta	15,88 cC	43,22 dB	51,34 cA	12,40 dB	46,05 bA	50,48 cA
Potiguar	25,68 bB	36,78 eA	37,04 fA	11,47 dC	36,07 eB	41,14 eA
BRS 2022	22,92 bC	41,75 dB	51,09 cA	16,52 cC	33,90 dB	39,65 dA
Status	23,25 bB	39,49 dA	41,26 eA	19,53 cC	41,85 cA	51,96 cA
AG 1051	19,24 cB	49,35 cA	50,45 cA	17,95 cB	37,30 dA	40,18 dA
CV (%)	11,72			10,97		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade.

A cultivar Carrapateira foi estatisticamente superior na matéria seca do caule (MSC) e da raiz (MSR), em ambas as safras (Tabelas 16 e 17). Na MSC, não houve diferença entre os níveis médio e alto de P para a cultivar Dona Josélia, na safra 1, e para as cultivares Cruzeta, Status e AG 1051, na safra 2.

Para a MSR, na safra1, não houve diferença entre os níveis médio e alto de P para as cultivares Cruzeta, Potiguar e AG 1051. Comportamento semelhante foi observado na safra 2;

onde, além das cultivares citadas anteriormente, a cultivar Status não diferiu nos níveis médio e alto de P para a MSR (Tabela 17).

Tabela 17. Valores médios referentes à matéria seca da raiz (MSR) e da espiga (MSE), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

SAFRA1						
Cultivar	MSR (g planta <sup>-1</sup> )			MSE (g planta <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	12,15 bC	22,86 dB	26,59 dA	42,71 eB	144,62 aA	149,98 dA
Carrapateira	21,18 aC	42,35 aB	44,32 aA	102,10 aC	139,36 bB	151,88 cA
Pontinha	9,29 bC	20,68 eB	34,52 bA	74,79 cC	149,11 aB	162,62 bA
Cruzeta	9,52 bB	17,70 eA	19,55 eA	53,01 dC	128,81 cB	135,25 eA
Potiguar	11,01 bB	19,36 eA	20,52 eA	83,38 bC	121,21 dB	140,32 eA
BRS 2022	10,20 bC	30,63 bB	35,38 bA	52,77 dC	115,34 eB	178,78 aA
Status	9,83 bC	26,31 cB	31,35 cA	76,41 cC	141,44 bB	155,99 cA
AG 1051	5,49 cB	23,76 dA	26,13 dA	87,31 bC	139,68 bB	153,78 cA
CV (%)	12,78			11,96		

SAFRA2						
Cultivar	MSR (g planta <sup>-1</sup> )			MSE (g planta <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	10,96 cC	25,00 cB	29,51 bA	43,56 fC	168,48 aB	175,64 aA
Carrapateira	22,10 aC	45,61 aB	55,87 aA	110,82 aC	148,28 cB	156,67 eA
Pontinha	15,59 bC	24,46 cB	30,10 bA	71,54 cC	157,19 bB	175,97 bA
Cruzeta	11,37 cB	22,06 dA	23,94 cA	43,72 fB	148,02 cA	151,28 fA
Potiguar	8,29 cB	19,29 dA	21,48 cA	66,33 dC	123,60 dB	144,29 gA
BRS 2022	10,35 cC	28,66 bB	32,53 bA	57,12 eC	125,39 dB	169,47 cA
Status	10,74 cB	26,89 bA	30,48 bA	88,91 bC	153,24 bB	165,89 cA
AG 1051	9,37 cB	24,90 cA	28,39 bA	61,11 eC	144,78 cB	162,55 dA
CV (%)	14,77			10,77		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade.

Em relação à matéria seca da espiga (MSE), a cultivar BRS 2022 alcançou maior valor na safra 1, para o nível alto de P. Na safra 2, Dona Josélia foi a melhor nos níveis médio e alto. Não houve diferença entre os níveis médio e alto de P para as cultivares Dona Josélia, na safra1, e Cruzeta, na safra 2 (Tabela 17).

O bom resultado da cultivar Dona Josélia quanto a MSE na safra 2 está relacionado à sua alta adaptabilidade ambiental, por ser ela uma cultivar local, sobretudo em condições de alta radiação solar, fator que coopera para maior produção de grãos e, conseqüentemente, aumenta o peso da espiga.

No tocante à matéria seca total (MST), a Carrapateira mostrou, na safra 1, os maiores valores em todos os níveis de P, seguida da cultivar Dona Josélia nos níveis médio e alto. Na safra 2, novamente a Carrapateira foi melhor em todos os níveis, não diferindo da Dona Josélia para os níveis médio e alto de P (Tabela 18).

Quando se compara o nível baixo com o nível médio de P, percebe-se que os incrementos na matéria seca de todas as partes da planta foram bastante expressivos, evidenciando a importância do fósforo para o desenvolvimento da planta de milho.

A Carrapateira destaca-se como a cultivar que apresentou a maior MST desse estudo; é também a planta mais alta aqui relatada, o que justifica sua elevada MST. Além disso, ela é uma cultivar de ciclo normal/tardia, ao contrário das demais cultivares estudadas, que são precoces ou semiprecoces; fato que coopera para o seu grande porte. Ressalta-se ainda que ela é uma cultivar local, com ampla adaptabilidade à região de condução da pesquisa. Saldanha et al. (2017) e Tiritan et al. (2010) também constataram aumento na produção de matéria seca do milho com o incremento nos níveis de P.

Tabela 18. Valores médios referentes à matéria seca total (MST) e acúmulo de fósforo na folha (APF), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

SAFRA1						
Cultivar	MST (g planta <sup>-1</sup> )			APF (mg planta <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	83,21 dC	263,45 bB	297,66 bA	15,50 cB	43,04 bA	44,09 bA
Carrapateira	207,18 aC	298,16 aB	331,19 aA	28,58 aB	31,67 cB	43,61 bA
Pontinha	129,26 bC	251,59 cB	302,21 bA	14,79 cC	26,92 dB	37,80 cA
Cruzeta	95,27 cC	217,71 fB	255,87 eA	13,82 cC	24,34 dB	48,85 aA
Potiguar	133,66 bC	216,27 fB	254,45 eA	23,37 bB	24,13 dB	44,78 bA
BRS 2022	100,20 cC	229,81 eB	305,26 bA	10,97 dC	63,23 aA	39,85 cA
Status	122,08 bC	249,17 cB	278,46 cA	11,42 dB	25,30 dA	28,76 dA
AG 1051	127,12 bC	240,60 dB	270,03 dA	8,17 dC	23,72 dB	30,63 dA
CV (%)	11,62			14,75		
SAFRA2						
Cultivar	MST (g planta <sup>-1</sup> )			APF (mg planta <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	83,83 dC	301,17 aB	325,13 bA	10,50 cC	66,09 aA	50,51 bB
Carrapateira	221,79 aC	308,18 aB	339,79 aA	51,22 aB	50,26 bB	65,21 aA
Pontinha	137,62 bC	259,18 bB	308,23 cA	11,66 cC	26,86 eB	48,29 bA
Cruzeta	83,37 dC	259,34 bB	277,04 eA	9,71 cC	19,27 fB	48,70 bA
Potiguar	111,78 cC	215,74 dB	243,95 fA	17,24 bB	18,72 fB	35,02 dA
BRS 2022	106,91 cC	229,70 cB	292,74 dA	15,16 bC	32,68 dB	48,62 bA
Status	142,43 bC	261,46 bB	289,58 dA	14,24 bC	36,96 cA	31,79 dB
AG 1051	107,67 cC	256,32 bB	281,56 dA	8,69 cC	31,67 dB	40,36 cA
CV (%)	12,84			13,52		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade.

O acúmulo de fósforo em todas as partes da planta e total seguiu a tendência da matéria seca, ou seja, aumentou com o incremento nos níveis de P (Tabelas 18 a 20).

Na safra 1, a cultivar Cruzeta apresentou o maior acúmulo de fósforo na folha (APF) no nível alto de P, não havendo diferença entre os níveis médio e alto de P para as cultivares

Dona Josélia, BRS 2022 e Status. Na safra 2, Carrapateira foi superior nos níveis baixo e alto de P, e Dona Josélia mostrou maior valor no nível médio. Devido ao efeito da diluição do P, já discutido no presente estudo, os maiores valores de APF para as cultivares Dona Josélia e Status, na safra 2, ocorreram no nível médio de P (Tabela 18).

Percebe-se acentuado decréscimo no acúmulo de P na folha, quando comparado com o APF do milho verde (Tabela 9), cerca de 3 a 4 vezes menor. Isso ocorre devido à grande mobilidade do fósforo na planta. De acordo com Hanway (1962), na cultura do milho, o fósforo é translocado quase na sua totalidade para os grãos. Mais da metade do P acumulado na matéria seca da parte aérea das plantas de milho encontra-se nos grãos (ANDRADE et al., 1975; HIROCE et al., 1989).

A cultivar BRS 2022 apresentou o maior acúmulo de fósforo no caule (APC) em todos os níveis de P na safra 1, sem diferir estatisticamente da Pontinha no nível alto e da Carrapateira, Cruzeta e Pontinha no nível baixo. Na safra 2, Carrapateira foi superior em todos os níveis, não diferindo da Dona Josélia no nível médio. Não houve diferença entre os níveis médio e alto de P para as cultivares Dona Josélia e Status na safra 1, nem Pontinha, BRS 2022 e Status, na safra 2. (Tabela 19).

No geral, o APC da safra 1 foi menor do que o da safra 2. O teor de P mais alto já presente no solo, juntamente com as maiores taxas de radiação solar durante a condução do experimento da safra 2, contribuiu para o maior acúmulo de P no caule das plantas dessa área. O fenômeno da redistribuição do fósforo na planta fez o APC do milho seco diminuir em relação ao APC do milho verde, cerca de 30 % no nível médio de P e 25% no nível alto de P (Tabelas 9 e 19).

Para o acúmulo de fósforo na raiz (APR), a cultivar Carrapateira se destacou em todos os níveis de P, sem diferir da Potiguar e BRS 2022 no nível médio. Na safra 2, os maiores valores foram obtidos com as Cultivares Carrapateira e BRS 2022, no nível médio, e com a cultivar Status, no nível alto (Tabela 19). As cultivares Potiguar, BRS 2022 e AG 1051 não diferiram entre os níveis médio e alto de P na safra 1. Para a safra 2, as cultivares Potiguar, Status e AG 1051 não se diferenciaram nos referidos níveis (Tabela 19).



Tabela 19. Valores médios referentes ao acúmulo de fósforo no caule (APC) e na raiz (APR), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

SAFRA 1						
Cultivar	APC (mg planta <sup>-1</sup> )			APR (mg planta <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	3,55 bB	19,41 cA	19,69 dA	2,97 bC	10,16 bB	16,91 bA
Carrapateira	6,94 aB	9,49 eB	17,58 dA	6,88 aC	13,22 aB	24,61 aA
Pontinha	6,58 aC	10,16 eB	33,04 aA	3,00 bC	7,48 cB	12,54 cA
Cruzeta	6,41 aC	22,83 bB	29,19 bA	3,25 bC	6,09 cB	8,32 dA
Potiguar	3,82 bC	8,89 eB	28,86 bA	4,15 bB	12,58 aA	12,38 cA
BRS 2022	6,30 aC	31,03 aB	35,09 aA	3,48 bB	13,15 aA	12,07 cA
Status	3,73 bB	24,72 bA	25,18 cA	2,68 bC	7,36 cB	16,47 bA
AG 1051	2,83 bC	15,64 dB	23,10 cA	2,10 bB	10,08 bA	10,66 cA
CV (%)	16,15			18,67		
SAFRA 2						
Cultivar	APC (mg planta <sup>-1</sup> )			APR (mg planta <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	2,66 cC	44,93 aB	52,87 bA	7,47 bC	21,07 dB	25,35 bA
Carrapateira	36,26 aC	45,97 aB	69,84 aA	23,28 aB	33,24 aA	26,15 bB
Pontinha	12,58 bB	29,81 bA	33,79 dA	7,87 bC	24,37 cB	28,91 bA
Cruzeta	6,33 cC	29,90 bB	39,52 cA	7,38 bB	9,70 fAB	13,19 dA
Potiguar	8,24 bB	13,37 dB	30,35 dA	5,72 bB	14,94 eA	15,67 dA
BRS 2022	9,39 bB	15,59 dA	19,21 eA	7,34 bC	32,31 aA	28,05 bB
Status	9,53 bB	20,90 cA	22,70 eA	6,04 bB	28,08 bA	31,93 aA
AG 1051	7,79 bC	20,13 cB	43,06 cA	4,84 bB	24,55 cA	21,17 cA
CV (%)	16,74			16,59		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade.

O fato de as cultivares Carrapateira e BRS 2022 terem expressado melhor desempenho no APR no nível médio de P é consequência do efeito da diluição do fósforo na raiz dessas plantas no nível alto de P.

A cultivar Potiguar apresentou o maior acúmulo de fósforo na espiga (APE) na safra 1, seguida da cultivar Dona Josélia. Na safra 2, Dona Josélia foi estatisticamente superior nos níveis médio e alto de P. Não houve diferença entre os níveis médio e alto de P para as cultivares Dona Josélia e Cruzeta na safra 1 (Tabela 20).

Pelo exposto na Tabela 16, safra 2, a matéria seca da espiga da cultivar Cruzeta mostrou-se igual para os níveis médio e alto de P, o que sugere igual valor também para o APE ou acúmulo maior no nível alto de P, fato não observado na presente pesquisa, na qual a cultivar Cruzeta alcançou seu valor máximo de APE no nível médio de P, em decorrência do efeito da diluição do fósforo na espiga da referida cultivar na safra 2.

Comparando o APE do milho grão com o APE do milho verde (Tabelas 10 e 20), verifica-se aumento expressivo nas médias do APE do milho grão, concordando com os resultados anteriores e com os aspectos de mobilidade e redistribuição do fósforo na planta de

milho. Borin et al. (2010) verificaram que o acúmulo de fósforo (P) na planta de milho (parte vegetativa mais o pendão) foi crescente até os 63 DAE e, a partir daí, houve um decréscimo ocasionado pela redistribuição do P da planta para a espiga.

Tabela 20. Valores médios referentes ao acúmulo de fósforo na espiga (APE) e total (APT), em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

SAFRA 1						
Cultivar	APE (mg planta <sup>-1</sup> )			APT (mg planta <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	139,61 eB	753,49 aA	771,68 bA	161,64 fB	827,15 aA	851,33 bA
Carrapateira	360,37 aC	638,06 bB	735,37 cA	402,76 aC	692,45 bB	821,17 cA
Pontinha	349,19 aC	615,75 bB	656,64 dA	373,56 bC	660,30 cB	740,02 eA
Cruzeta	252,06 cB	586,24 cA	613,71 eA	275,54 dC	639,50 cB	700,06 fA
Potiguar	298,69 bC	535,33 dB	830,56 aA	330,02 cC	580,92 eB	916,58 aA
BRS 2022	146,60 eC	476,65 eB	722,22 cA	167,34 fC	584,04 eB	809,22 cA
Status	260,48 cC	557,17 dB	705,46 cA	278,31 dC	615,00 dB	775,41 dA
AG 1051	225,40 dC	494,96 eB	565,06 fA	238,49 eC	544,40 fB	629,45 gA
CV (%)	20,60			18,88		
SAFRA 2						
Cultivar	APE (mg planta <sup>-1</sup> )			APT (mg planta <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	201,03 eC	911,98 aB	914,51 aA	221,66 eC	1044,07 aB	1033,23 aA
Carrapateira	503,81 aC	651,71 cB	752,09 cA	614,58 aC	781,17 bB	913,29 bA
Pontinha	350,39 bC	652,96 cB	791,97 bA	382,51 bC	734,00 cB	902,96 bA
Cruzeta	152,74 fC	694,54 bA	609,52 gB	176,16 fC	753,40 cA	710,94 gB
Potiguar	269,39 cC	522,34 eB	762,03 cA	300,58 cC	569,37 fB	843,07 cA
BRS 2022	194,27 eC	472,75 fB	685,22 eA	226,15 eC	553,33 fB	781,09 eA
Status	229,29 dC	597,60 dB	726,13 dA	259,09 dC	683,54 dB	812,55 dA
AG 1051	197,43 eC	517,59 eB	644,38 fA	218,76 eC	593,93 eB	748,97 fA
CV (%)	18,81			17,46		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade.

O acúmulo total de fósforo total (APT) também aumentou a partir do incremento nos níveis de P (Tabela 20). Na safra 1, a cultivar Potiguar apresentou o maior valor para o nível alto de P, seguida da Dona Josélia, que não diferiu entre os níveis médio e alto de P. Na safra 2, a Dona Josélia foi superior nos níveis médio e alto, seguida da Carrapateira, a qual foi melhor no nível baixo. O maior valor de APT obtido pela cultivar Cruzeta na safra 2 ocorreu no nível médio de P, impulsionado pelo APE dessa cultivar, que também foi maior no referido nível.

Todas as cultivares tiveram sua produtividade (PROD) aumentada com o acréscimo nos níveis de P, ou seja, o milho respondeu positivamente à adubação fosfatada (Tabela 21). AAG 1051 mostrou-se superior às demais cultivares na safra 1, alcançando 6169,19 kg ha<sup>-1</sup> no nível alto de P; valor um pouco acima da média nacional, que, segundo dados da USDA

(2018), deve ficar em torno de 5300 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2018/19. As cultivares Pontinha e Status também estão dentro da média nacional, com 5351,56 e 5622,37 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, ambas no nível alto de P. Status ainda atingiu a média nacional no nível médio de P, marcando 5569,93 kg ha<sup>-1</sup>, sem diferir estatisticamente do nível alto de P.

Tabela 21. Valores médios referentes à produtividade de grãos, em função das cultivares e níveis de P no solo, na cultura do milho. Mossoró/RN. UFRSA, 2017.

Cultivar	SAFRA 1			SAFRA 2		
	PROD (kg ha <sup>-1</sup> )			PROD (kg ha <sup>-1</sup> )		
	Níveis de P no solo			Níveis de P no solo		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Dona Josélia	1175 cC	3894 bB	4703 dA	1456 bB	3933 bA	3866 eA
Carrapateira	1515 bC	3542 cB	4001 eA	1630 bC	3315 cB	3926 eA
Pontinha	1095 cC	3314 cB	5352 bA	1311 bC	3515 cB	5985 aA
Cruzeta	970 cC	3652 cB	4925 cA	1545 bC	3926 bB	4550 dA
Potiguar	1635 bC	3681 cB	5160 cA	1731 bB	3739 bA	4167 eA
BRS 2022	1528 bC	3931 bB	5061 cA	1684 bC	3899 bB	5117 cA
Status	2041 aB	5570 aA	5622 bA	2540 aB	5493 aA	5666 bA
AG 1051	1200 cC	3965 bB	6169 aA	1543 bC	3276 cB	6364 aA
CV (%)	11,28			13,12		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade.

Na safra 2, AG 1051 e Pontinha foram as melhores, alcançando, no nível alto de P, 6363,70 e 5985,12 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Status obteve valor acima da média nacional, tanto no nível médio quanto no nível alto de P, com 5493,14 e 5666,03 kg ha<sup>-1</sup>, nos referidos níveis, respectivamente. Não houve diferença entre os níveis médio e alto de P para as cultivares Dona Josélia, Potiguar e Status, de maneira que se pode afirmar que essas cultivares não apresentam elevada exigência em fósforo para a produção de grãos.

Os bons índices de produtividade alcançados pelo híbrido AG 1051 em ambas as safras refletem sua ampla adaptabilidade ambiental e resposta em relação ao uso do fósforo. O AG 1051 reúne alelos favoráveis ao aumento da produção de grãos de milho em solo com alto fósforo, bem como a resposta ao uso do nutriente (COLOMBO et al., 2018).

A cultivar Status também apresentou boa adaptação às condições edafoclimáticas da região e elevada resposta ao manejo adotado, sobretudo em relação às doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, com reflexos diretos na produção, além de grande estabilidade produtiva, o que já era esperado, visto que sua finalidade é a produção de grãos.

Apesar de ser uma cultivar local, a Pontinha também merece destaque, pois apresentou valores máximos acima da média nacional nas duas safras e produtividade máxima compatível com o AG 1051 na safra 2. Desse modo, é possível afirmar que a cultivar

Pontinha também apresenta boa adaptabilidade ambiental e outras características intrínsecas que cooperam para seu elevado potencial produtivo.

As cultivares que mostraram maior produtividade (AG 1051, Pontinha e Status) não foram as que apresentaram maior matéria seca, nem o maior acúmulo de fósforo, mas foram eficientes em destinar suas reservas para a produção de grãos.

#### 4.2.2 ÍNDICES DE EFICIÊNCIA NUTRICIONAL

Nas duas safras, houve diferença significativa entre as cultivares para todos os índices de eficiência avaliados (Tabela 5A), cujas médias podem ser vistas na Tabela 22.

Tabela 22. Valores médios referentes às eficiências agrônômica (EA), fisiológica (EF), da produção de grãos (EPG), de recuperação (ER) e de utilização (EU), na cultura do milho. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

SAFRA 1					
Cultivar	EA	EF	EPG	ER	EU
	-----kg kg <sup>-1</sup> -----				
Dona Josélia	44,10 c	311,04 c	122,99 d	0,36 a	111,69 a
Carrapateira	31,07 d	296,01 c	142,67 d	0,22 e	64,59 e
Pontinha	53,21 b	473,85 a	281,08 a	0,19 f	90,08 b
Cruzeta	49,44 b	378,79 b	223,56 b	0,22 e	83,65 c
Potiguar	44,06 c	205,60 d	144,52 d	0,31 c	62,91 e
BRS 2022	44,17 c	319,52 c	132,24 d	0,33 b	106,81 a
Status	44,77 c	314,61 c	172,90 c	0,26 d	81,45 c
AG 1051	62,11 a	365,37 b	304,47 a	0,20 f	74,43 d
CV (%)	17,14	13,51	18,10	9,61	13,26
SAFRA 2					
Cultivar	EA	EF	EPG	ER	EU
	-----kg kg <sup>-1</sup> -----				
Dona Josélia	30,13 c	279,38 d	62,83 e	0,42 a	117,01 a
Carrapateira	28,70 c	398,44 a	185,40 b	0,16 c	61,98 f
Pontinha	58,43 a	327,55 c	215,60 a	0,27 b	88,86 d
Cruzeta	37,57 b	362,18 b	134,97 c	0,28 b	100,87 b
Potiguar	30,45 c	225,26 f	107,44 d	0,28 b	63,63 f
BRS 2022	42,91 b	334,80 c	148,16 c	0,29 b	96,79 c
Status	39,08 b	265,76 e	135,43 c	0,29 b	76,64 e
AG 1051	60,25 a	328,05 c	218,50 a	0,28 b	90,57 d
CV (%)	19,03	12,40	22,05	10,35	12,87

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade.

De acordo com a Tabela 22, na safra 1, a cultivar AG 1051 apresentou a maior eficiência agrônômica (EA), com média de 62,11 kg.kg<sup>-1</sup>, indicando que para cada kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado ao solo a planta produziu 62,11 kg de grãos. Na safra 2, AG 1051 e Pontinha foram

as melhores. Essas cultivares foram as mais produtivas, o que explica o bom desempenho delas quanto à eficiência agronômica.

A eficiência agronômica se reflete em maior eficiência econômica no uso do P, podendo os custos de produção ser reduzidos em função do manejo de adubação, como no caso da cultivar Status nas safras 1 e 2 e das cultivares Dona Josélia e Potiguar na safra 2, em que não houve diferença entre os níveis médio e alto de P para a produtividade de grãos (Tabela 21). Todavia, a EA pode diminuir de acordo com o aumento dos níveis de P, tendo em vista o suprimento de P exceder as necessidades da cultura (lei dos incrementos decrescentes).

Em relação à eficiência fisiológica (EF), para a safra1, a cultivar Pontinha foi a mais eficiente, em que para cada kg de P acumulado a planta produziu 473,85 kg de matéria seca (Tabela 22). Na safra 2, Carrapateira foi a melhor, produzindo 398,44 kg de massa seca por kg de P acumulado. Pode-se afirmar que essas cultivares foram as mais eficientes na absorção e conversão do fósforo para a produção de matéria seca.

A cultivar Carrapateira apresentou a maior matéria seca nas duas safras, o que sugere maior eficiência fisiológica em ambas as safras, fato que não ocorreu devido à particularidades do estimador da EF, que é a razão entre a matéria seca e o acúmulo de P. Como a cultivar Pontinha obteve o segundo maior valor de matéria seca e um baixo acúmulo de P, tornou-se a cultivar com maior EF na safra1.

Na eficiência da produção de grãos (EPG), as cultivares AG 1051 e Pontinha foram as mais eficientes em converter o fósforo para a produção de grãos, em ambas as safras (Tabela 22). A habilidade dessas cultivares na utilização do P para a produção de grãos permite inferir que elas foram as mais eficientes nos processos associados à absorção, assimilação e redistribuição do P na planta. Colombo et al. (2018) afirmam que a boa resposta do AG 1051 à EPG se deve ao fato de essa cultivar apresentar alelos favoráveis ao aumento da produção de grãos de milho.

O teor de fósforo mais alto já presente no solo e a maior incidência de radiação solar durante a condução do experimento da safra 2 fez com que a produtividade de espigas no nível mínimo de  $P_2O_5$  fosse maior na safra 2, o que contribuiu para que a EPG na safra 1 fosse maior do que a da safra 2.

Quanto à eficiência de recuperação (ER), nas duas safras, a cultivar Dona Josélia acumulou maior quantidade de nutriente na parte aérea por unidade de nutriente aplicado, (Tabela 22). A melhor resposta à ER dessa cultivar se deve à maior diferença no acúmulo de

fósforo entre os níveis alto e baixo de P, principalmente na safra 2, em que a referida cultivar apresentou o maior acúmulo de fósforo.

As cultivares Dona Josélia e BRS 2022 apresentaram os maiores valores para a eficiência de utilização de fósforo (EU) na safra 1. Na safra 2, Dona Josélia foi a mais eficiente, alcançando  $117,01 \text{ kgkg}^{-1}$  (Tabela 22).

Percebe-se que as cultivares apresentaram variações na eficiência de uso do fósforo (EUP), constatadas por diversos autores em seus trabalhos com EUP em cultivares de milho (SPOLAOR et al., 2018; GUIMARÃES et al., 2018; PELÁ et al., 2017; DOVALE et al., 2013), os quais afirmam que há ampla variabilidade genética entre as cultivares de milho para eficiência no uso do fósforo e que a arquitetura e volume de raízes influenciam significativamente a absorção e consequente utilização do fósforo pelas plantas de milho.

Destaca-se ainda que as cultivares BRS 2022 e Dona Josélia, tidas como as mais eficientes na utilização do fósforo, não foram as mais eficientes na produção grãos ou mesmo quanto à eficiência agrônômica. Isso ocorre porque elas canalizaram o P absorvido para produção de matéria seca em detrimento da produção de grãos, ou seja, foram eficientes em absorver e assimilar o P, mas não foram eficientes em redistribuí-lo. Todavia, elas podem ser fontes de genes a serem explorados em futuros programas de melhoramento.

## 5 CONCLUSÕES

As cultivares apresentaram maior desempenho produtivo quando adubadas com fósforo.

As cultivares Cruzeta, Potiguar, BRS 2022, Status e AG 1051 foram as melhores para a produção de milho verde.

AG 1051, Pontinha e Status foram as melhores para a produção de milho grão.

A cultivar Carrapateira foi a mais eficiente na utilização do fósforo para produção de milho verde.

As cultivares Dona Josélia e BRS 2022 foram as mais eficientes na utilização do fósforo para produção de grãos.

## REFERÊNCIAS

- ABIMILHO, 2018. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/estatisticas>>. Acesso em: 15 jan. 2019.
- ALMEIDA, T.; POCOJESKI, E.; NESI, C. N.; SILVA, L. S.; OLIVEIRA, J. P. M. Eficiência de fertilizante fosfatado protegido na cultura do milho. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.17, n. 1, p. 29-35, 2016.
- ANDRADE, A. G. DE; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. DE e SARRUGE, J. R. Acumulação diferencial de nutrientes em cinco cultivares de milho (*Zea mays*). Crescimento. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz**, Piracicaba, v. 32, p. 115-149, 1975.
- AVALHAES, C. C.; PRADO R. M.; GONDIM, A. R. O.; ALVES, A. U.; CORREIA, M. A. R. Rendimento e crescimento da beterraba em função da adubação com fósforo. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 75-80, mar. 2009.
- BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K. Plant nutrient efficiency: Towards the second paradigm. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (org.). **Inter-relação fertilidade do solo, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: SBCS/UFLA, 1999. p. 183-204.
- BASTOS, A. L.; COSTA, J. P. V.; SILVA, I. F.; RAPOSO, R. W. C.; OLIVEIRA, F. A.; ALBUQUERQUE, A. W. Resposta do milho a doses de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 5, p. 485–491, mai. 2010.
- BAYUELO-JIMÉNEZ, J. S.; OCHOA-CADAVID, I. Phosphorus acquisition and internal utilization efficiency among maize landraces from the central Mexican highlands. Amsterdam, **Field Crops Research**, v. 156, p. 123-134, 2014.
- BORIN, A. L. D. C.; LANA, R. M. Q.; PEREIRA, H. S. Absorção, acúmulo e exportação de macronutrientes no milho doce cultivado em condições de campo. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. esp., p. 1591-1597, dez. 2010.
- BRASIL, E. C.; ALVES, V. M. C.; MARRIEL, I. E.; PITTA, G. V. E.; CARVALHO, J. G. Matéria seca e acúmulo de nutrientes em genótipos de milho contrastantes quanto a aquisição de fósforo. **Ciênc. agrotec., Lavras**, v. 31, n. 3, p. 704-712, maio/jun., 2007.
- BRASIL, E. C.; ALVES, V. M. C.; MARRIEL, I. E.; PITTA, G. V. E.; CARVALHO, J. G. DE. Rhizosphere properties of maize genotypes with contrasting phosphorus efficiency. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 171-181, jan./fev. 2011.
- BÜLL, L. T. Nutrição Mineral do Milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. (org.). **A Cultura do Milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafós, 1993. p. 63-145.
- CALDERÓN, L. S. Genetic characterization of morpho-physiological responses of the root system of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., for phosphorus deficiency [thesis]. Ciudad de México: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional – CINVESTAV; 2006.



CAMPOS, M. C. C.; SILVA, V. A.; CAVALCANTE, I. H. L.; BECKMANN, M. Z. Produtividade e características agronômicas de cultivares de milho safrinha sob plantio direto no Estado de Goiás. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 77-84, 2010.

CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O. F. **Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico**. Mossoró: ESAM. 1995.

CARNEIRO, L. F.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; CURI, N.; SANTOS, J. Z. L.; LAGO, F. J. Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na interação fósforo-zinco em milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1133-1141, 2008.

CARVALHO, A. M.; SILVA, S. D.; LEITE, R. L. L.; PEREIRA, R. S.; BARROS, A. P.; SILVA, L. S.; SOUSA, R. R. Avaliação de níveis de P no cultivo do milho em região de transição cerrado-amazônia. **Gl. Sci Technol**, Rio Verde, v. 10, n. 02, p. 14-24, mai/ago. 2017.

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

CAVALCANTI, F. J. de A. (org.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2a. aproximacao. 3.ed.rev.** Recife: Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA, 2008.

COIMBRA, R. R.; FRITSCHÉ-NETO, R.; COIMBRA, D. B.; NAOE, L. K.; CARDOSO, E. A.; RAONI, D.; MIRANDA, G. V. Relação entre tolerância do milho a baixo teor de fosforo no solo e responsividade a adubação fosfatada. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 332-339, mar./apr. 2014.

COLOMBO, G. A.; MELO, A. V.; SOUZA, A. S.; SILVA, J. G. C. Capacidade combinatória de híbridos de milho para eficiência e resposta ao uso do fósforo. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 2, p. 47-60, jun. 2018.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para o estado da Bahia**. Salvador: CEPLAC; EMATER-BA; EMBRAPA; EPABA; NITROFÉRTIL, 1989. 173 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Safra 2018/2019. Nono Levantamento. Brasília: **Conab**, v. 6, n. 3, 2018. 127p. Disponível em: <file:///C:/Users/MiniElite705g2/Downloads/BoletimZGraosZdezembroZ2018%20(1).pdf>. Acesso em: 03 jan. 2019.

COSTA, J. P. N.; CAVALCANTE JUNIOR, E. D.; MEDEIROS, J. F.; GUEDES, R. A. A. evapotranspiração e rendimento do milho a diferentes lâminas e salinidade da água de irrigação. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, IRRIGA & INOVAGRI, p. 74-80, 2015.

DOVALE, J.C.; MAIA C.; FRITSCHÉ-NETO, R.; MIRANDA, G. V.; CAVATTE, P. C. Genetic responses of traits relationship to components of nitrogen and phosphorus use efficiency in maize. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 1, p. 31-38, Jan.-Mar., 2013.

EBERHARDT, D. N.; VENDRAME, P. R. S.; BECQUER, T.; GUIMARÃES, M. F. Influência da granulometria e da mineralogia sobre a retenção do fósforo em Latossolos sob pastagens no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1009-1016, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FABRICE, C. E. S.; SOARES FILHO, C. V.; PINTO, M. F.; PERRI, S. H. V.; CECATO, U.; MATEUS, G. P. Recuperação de pastagens de "Brachiaria decumbens" degradada com introdução de Stylosanthes e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 16, n. 4, p. 758-771, 2015.

FAGERIA, N. D.; KLUTHCOUSKI, J. **Metodologia para avaliação de cultivares de arroz e feijão para condições adversas de solo**. Brasília: Embrapa-CNPAP, 1980.

FAGERIA, N. K. **The use of nutrients in crop plants**. Boca Raton: CRC Press, 2009.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, M. M. M. Sintomas de deficiência de macro e micronutrientes de plantas de milho híbrido BRS 1010. **Revista Agroambiente On-line**, Boa Vista, v. 6, n. 1, p. 74-83, jan./abr. 2012.

FIDELIS, R. R.; MIRANDA, G. V.; ERASMO, E. A. L. Seleção de populações base de milho sob alta e baixa dose de fósforo em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 285-293, 2009.

FIDELIS, R. R.; SANTOS, M. M.; SANTOS, G. R.; SILVA, R. R.; VELOSO, D. A. Classificação de populações de milho quanto a eficiência e resposta ao uso de fósforo. **Pesq. agropec. pernamb.**, Recife, v. 19, n. 2, p. 59-64, jul./dez. 2014.

FRITSCHÉ-NETO, R.; MIRANDA, G. V.; DE LIMA, R. O.; SOUZA, L. V.; DA SILVA, J. Herança de caracteres associados à eficiência de utilização do fósforo em milho. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 465-471, maio. 2010.

FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; LIMA, M. Eficiência de linhagens de milho na absorção e utilização de fósforo em solução nutritiva. **Bragantia**, v. 44, n. 1, p. 129-147, 1985.

GAZOLA, R. N.; BUZETTI, S.; DINALLI, R. P.; FILHO, M. C. M. T.; CELESTRINO, T. S. Efeito residual da aplicação de fosfato monoamônio revestido por diferentes polímeros na cultura de milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 6, p. 876-884, nov./dez. 2013.

GONÇALVES, J. L. M.; FIRME, D. J.; NOVAIS, R. F.; RIBEIRO, A. C. Cinética de adsorção de fósforo em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, n. 2, p. 107-111, 1985.

GROSSI, M. C.; SILVA, R. F.; ANDRADE, C. L. T.; JUSTINO, F. **Influência da radiação solar e da temperatura do ar na produtividade potencial simulada do milho (Zea mays) em Sete Lagoas, MG**. Trabalho apresentado no 17. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Guarapari-ES, 2011.

GUIMARÃES, F. F. M.; GUIMARÃES, C. T.; GUIMARÃES, L. J. M. Caracterização agrônômica de linhagens tropicais de milho cultivadas sob baixa disponibilidade de fósforo no solo. **Revista Brasileira de Ciências da Vida**, [s.l.], v. 6, n. Especial, mar. 2018.

HANWAY, J. J. Corn growth and composition in relation to soil fertility: I. Growth of different plant parts and relation between leaf weight and grain yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 54, n. 2, p. 145-148, mar./abr. 1962.

HIROCE, R.; FURLANI, A. M. C.; LIMA, M. **Extração de nutrientes na colheita por populações e híbridos de milho**. Campinas: Instituto agrônômico, 1989. 24 p. (Boletim científico, 17).

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Resultado dos Dados Preliminares do Censo Agropecuário - 2017. Rio de Janeiro. Disponível em: <[https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/pdf/estabelecimento\\_s.pdf](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/pdf/estabelecimento_s.pdf)>. Acesso em: 05 jan. 2019.

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.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2008.

LANA, M. C.; RAMPIM, L.; VARGAS, G. Adubação fosfatada no milho com fertilizante organomineral em latossolo vermelho eutroférico. **Gl. Sci Technol**, Rio Verde, v. 07, n. 01, p. 26-36, jan/abr. 2014.

LIU, G.; LI, J.; LI, Z. Effect from horizontally diving the root system of wheat plants having different phosphorus efficiencies. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 21, n. 12, p. 2535-2544, 1998.

MACHADO, C. T. T.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; MACHADO, A. T. Variabilidade entre genótipos de milho para eficiência no uso de fósforo. **Bragantia**, v. 58, n. 1, p. 109-124, 1999.

MACHADO, V. J.; SOUZA, C. H. E. Disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico de liberação lenta. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 1-7, 2012.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic Press, 1995.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. Nova York: Academic Press, 2012.

MEIRELLES, W. F.; PARENTONI, S. N.; GUIMARÃES, L. J. M.; GUIMARÃES, P. E. de O.; PACHECO, C. A. P.; OLIVEIRA, A. C., MENDES, F. F.; SCAPIM, C. A. Análise dialética de linhagens de milho quanto à responsividade ao fósforo e à sua eficiência de uso. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 51, n. 3, p. 224-232, mar. 2016.

MENDES, F. F.; GUIMARÃES, L. J. M.; SOUZA, J. C.; GUIMARÃES, P. E. O.; MAGALHÃES, J. V.; GARCIA, A. A. F.; PARENTONI, S. N.; GUIMARÃES, C. T. Genetic architecture of phosphorus use efficiency in tropical maize cultivated in a low-P soil. **Crop Science**, v. 54, p. 1530-1538, 2014.

MENGEL K.; KIRKBY E. A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987.

MOLL, R. H.; KAMPRATH, E. J.; JACKSON, W. A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. **Agronomy Journal**, v. 74, n. 03, p. 562-564, 1982.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e rendimento de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2005.

NEWTON, A. C.; AKAR, T.; BARESEL, J. P.; BEBELI, P. J.; BETTENCOURT, E.; BLADENOPOULOS, K. V.; CZEMBOR, J. H.; FASOULA, D. A.; KATSIOTIS, A.; KOUTIS, K.; KOUTSIKA-SOTIRIOU, M.; KOVACS, G.; LARSSON, H.; PINHEIRO DE CARVALHO, M. A. A.; RUBIALES, D.; RUSSEL, J.; DOS SANTOS, T. M. M., VAZ PATTO, M. C. Cereal landraces for sustainable agriculture. **Agron. Sustain Dev.**, v. 30, p. 237-269, 2010.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399 p.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. C.; ZACCHEO, P. V. C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 4, n. 2, p. 226-244, mai./ago. 2011.

OLIVEIRA, M. A.; ZUCARELI, C.; FERREIRA, A. S.; DOMINGUES, A. R.; SPOLAOR, L. T.; NEVES, C. S. V. J. Adubação fosfatada associada à inoculação com *Pseudomonas fluorescens* no desempenho agrônômico do milho. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 1, p. 18-25, mar. 2015.

PARENTONI, S. N., GAMA, E. E. G., MAGNAVACA, R., REIFSCHSNEIDER, F. J. B., & VILLAS BOAS, G. L. Milho doce. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 165, p. 17-22, 1990.

PARENTONI, S. N.; SOUZA JÚNIOR, C. L. S.. Phosphorus acquisition and internal utilization efficiency in tropical maize genotypes. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 43, n. 7, p. 893-901, jul. 2008.

PARENTONI, S. N.; SOUZA JR., C. L.; ALVES, V. M. C.; GAMA, E. E. G.; COELHO A. M.; OLIVEIRA, A. C.; GUIMARÃES, P. E. O.; GUIMARÃES, C. T.; VASCONCELOS, M. J. V.; PACHECO, C. A. P.; MEIRELLES, W. F.; MAGALHÃES, J. V.; GUIMARÃES, L. J. M.; SILVA, A. R.; MENDES, F. F.; SCHAFFERT, R. E. Inheritance and breeding strategies for phosphorus efficiency in tropical maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, v. 55, p. 1-15, 2010.

PELÁ, A.; GONÇALVES, R. N.; PEREIRA, F. S.; RODRIGUES, F.; CRUZ, S. J. S. Phosphorus use efficiency in maize as a function of different sources. **Australian Journal of crop Science**, v. 11, n. 1, p. 71-75. 2017.

PEREIRA, F. B.; VALE, J. C.; CARNEIRO, P. C. S.; NETO, R. F. Relação entre os caracteres determinantes das eficiências no uso de nitrogênio e fósforo em milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 5, p. 636-645, set/out. 2013.

RAIJ, B. V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo; Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim técnico, 100).

REIS, E. F.; CARNEIRO, M. A. C., SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; ROTTA, D. A.; SOUSA, M. Y. Absorção de fósforo em doze genótipos de milho inoculados com fungo micorrízico arbuscular em solo de cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2441-2447, mai. 2008.

REIS, G. G. dos; PEREIRA, F. B.; GRANATO, I. S. C.; DOVALE, J. C.; FRITSCHENETO, R. Tropical maize selection indexes genotypes for efficiency in use of nutrients: phosphorus. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 64, n. 3, p. 266-273, jun. 2017.

REVOLTI, L. T. M; KIAN EGHARARI MORAES, K. E.; AMARAL, C. B. DO; DUTRA, S. M. F.; SILVA, F. A. M. DA.; CAPRIO, C. H.; MÔRO, G. V. Correlação entre caracteres de milho de ciclo superprecoce. **Ciência & Tecnologia**: Fatec-JB, Jaboticabal, v. 8, n.1, 2016.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVA-REZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359 p.

RIBEIRO, M. C.; DAMASO, L. F.; COSTA, F. R.; ADILSON PELÁ, A.; RODRIGUES, F. Híbridos de milho sob diferentes doses de fósforo visando o consumo in natura. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, v. 28, n. 2, p. 273-278, Abr./Jun. 2016.

RODRIGUES, F.; MELO, P. G. S.; RESENDE, C. L. P.; MROJINSKI, F.; MENDES, R. C.; SILVA, M. A. Aptidão de híbridos de milho para o consumo in natura. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 484-492. 2018.

RODRIGUES, L. R.; SILVA, P. R. F.; FERREIRA, P. R. et al. **Indicações técnicas para o cultivo do milho e do sorgo no Rio Grande do Sul: Safras 2011/2012 e 2012/2013**. 1.ed. Porto Alegre: Fepagro, 2011.

ROOD, S.B., BEALL, F.D., PHARIS, R.P. Photocontrol of gibberillin metabolism in situ in maize. **Plant Physiol.**, v. 80, p. 448-53, 1986.

ROSCOE, R.; MIRANDA, R.A.S. **Manejo da Adubação do Milho Safrinha**. Maracaju: Fundação MS, 2013.

SÁ, J. C.; BRIEDIS, C.; FERREIRA, A. O. No-till corn performance in response to P and fertilization modes. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 60, n.1, p. 96-101, jan./fev. 2013.

SALDANHA, E. C. M.; ROCHA, M. E. L. DA; ARAÚJO, J. L. S.; ALVES, J. D. N.; MARIANO, D. C.; OKUMURA, R. S. Adubação fosfatada na cultura do milho no nordeste paraense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.16, n. 4, p. 441-448, 2017.

SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; SCHMITT, A.; PICOLI JR., G. J.; VARGAS, V. P.; VIEIRA, J.; SIEGA, E.; CARNIEL, G. Perfilamento e prolificidade como características estabilizadoras do rendimento de grãos do milho, em diferentes densidades. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 3, p. 254-265, 2010.

SILVA, A. A.; SILVA, T. S.; VASCONCELOS, A. C. P.; LANA, R. M. Q. Influencia da aplicação de diferentes fontes de map revestido com polimeros de liberação gradual na cultura do milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 240-250, 2012.

SILVA, G. R.; OLIVEIRA, F. H. T.; PEREIRA, R. G.; SILVA, P. S. L.; DIÓGENES, T. B. A.; SILVA, A. R. C. Doses de nitrogênio e fósforo para produção econômica de milho na Chapada do Apodi, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1247-1254, dez. 2014.

SILVA, D. V.; FREITAS, M. A. M.; SILVA, G. S.; SOUZA, M. F.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; SEDIYAMA, T.; CECON, P. R. Crescimento e rendimento do milho sob interferência da tiririca. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 5, p. 3077-3084, set./out. 2015.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO; COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS; NRS, 2004.

SORATTO, R. P.; PEREIRA, M.; COSTA, T. A. M.; LAMPERT, V. N. Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 511-518, 2010.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (org.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

SOUSA, S. M.; CLARK, R. T.; MENDES, F. F.; OLIVEIRA, A. C.; VASCONCELOS, M. J. V.; PARENTONI, S. N.; KOCHIAN, L. V.; GUIMARÃES, C. T.; MAGALHÃES, J. V. A

role for root morphology and related candidate genes in P acquisition efficiency in maize. **Functional Plant Biology**, v. 39, p. 925-935, 2012.

SOUZA, D. R.; VILAR, C. C.; USHIWATA, S. Y.; REIS, R. G. E.; RIBEIRO, K. C. Resposta da cultura do milho, em segunda safra, à adubação fosfatada em Latossolo Amarelo no cerrado. **Rev. Ciênc. Agroamb.**, Alta Floresta, v. 16, n. 1, 2018.

SPOLAOR, L. T.; GUIRADO, G. C.; SCAPIM, C. A.; KUKI, M. C.; BERTAGNA, F. A. B.; FERREIRA, J. M.; ZUCARELI, C.; GONÇALVES, L. S. A. Brazilian maize landraces variability under high and low phosphorus inputs. **Maydica electronic publication**, v. 63, n. 1, 2018.

TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H.; FOLONI, J. S. S.; ALVES JÚNIOR, R. Adubação fosfatada mineral e organomineral no desenvolvimento do milho. **Colloquium Agrariae**, v. 6, n. 1, p. 8-14, jan-jun. 2010.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY - USGS. Mineral commodity summaries. Reston: USGS, 2018. 202p. Disponível em: <<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2018/mcs2018.pdf>>. Acesso em: 02 jan. 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1993. 247 p.

USDA-United States Department of Agriculture – World Agricultural Outlook Board. World agricultural supply and demand estimates, 2018. Disponível em: <<https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>>. Acesso em: 03 jan. 2019.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011.

WIEL, C. C. M. van de; LINDEN, G. V. der; SCHOLTEN, O. E. Improving phosphorus use efficiency in agriculture: opportunities for breeding. **Euphytica**, v. 207, n. 1, p. 1-22. 2016.

WANG, X.; SHEN, J.; LIAO, H. Acquisition or utilization, which is more critical for enhancing phosphorus efficiency in modern crops? **Plant Science**, v. 179, p. 302-306, 2010.

## **APÊNDICE**



Tabela 1A. Resumo da análise de variância das características altura da planta (AP), altura da inserção da primeira espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), prolificidade (PROL), número de folhas (NUF), matéria seca da folha (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR), da espiga (MSE) e matéria seca total (MST), teor de fósforo na folha diagnóstica (PFD), acúmulo de fósforo na folha (APF), no caule (APC), na raiz (APR), na espiga (APE) e acúmulo de total de fósforo (APT), na cultura do milho verde. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

SAFRA 1										
FV	GL	AP	AIE	DC	PROL	MSF	MSC	MSR	MSE	MST
Bloco	3	1,64 <sup>ns</sup>	7,84 <sup>ns</sup>	0,40**	0,01 <sup>ns</sup>	5,56 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>	1,77 <sup>ns</sup>	18,80 <sup>ns</sup>
Dose (D)	2	56025,11**	18644,10**	629,55**	2,09**	30840,48**	27752,41**	22554,72**	40080,60**	474609,11**
Cultivar (C)	7	6896,77**	3857,26**	9,07**	0,32**	3877,16**	5118,06**	3978,88**	2986,44**	52330,76**
C X D	14	960,62**	592,13**	3,76**	0,08**	286,62**	479,38**	861,62**	568,99**	3933,38**
CV (%)		8,13	8,85	8,15	7,31	11,11	9,90	11,47	11,11	11,18
SAFRA 2										
FV	GL	AP	AIE	DC	PROL	MSF	MSC	MSR	MSE	MST
Bloco	3	192,74 <sup>ns</sup>	124,09**	21,69**	0,003518 <sup>ns</sup>	20,03 <sup>ns</sup>	14,68 <sup>ns</sup>	15,81 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	43,96 <sup>ns</sup>
Dose (D)	2	7722,22**	5359,82**	183,57**	1,811457**	18596,94**	17027,03**	8534,64**	16317,75**	236739,28**
Cultivar (C)	7	4921,68**	3680,05**	17,44**	0,333807**	3070,91**	7938,22**	2811,73**	1682,28**	52472,96**
C X D	14	189,96**	96,36**	5,16*	0,053231**	142,10**	623,81**	190,90**	413,95**	2857,32**
CV (%)		7,60	7,43	7,54	7,03	9,87	8,38	10,22	10,78	10,05
SAFRA 1										
FV	GL	PFD	APF	APC	APR	APE	APT			
Bloco	3	0,000558 <sup>ns</sup>	44,85 <sup>ns</sup>	5,10 <sup>ns</sup>	4,51 <sup>ns</sup>	6,15 <sup>ns</sup>	82,50 <sup>ns</sup>			
Dose (D)	2	12,29794**	13571,25**	1189,61**	5969,09**	87819,24**	162196,03**			
Cultivar (C)	7	0,626940**	64859,16**	21046,35**	23080,94**	635785,82**	1801162,93**			
C X D	14	0,406647**	4019,28**	537,51**	1399,92**	17065,29**	20074,94**			
CV (%)		6,29	12,67	10,13	11,48	10,22	12,41			
SAFRA 2										
FV	GL	PFD	APF	APC	APR	APE	APT			
Bloco	3	0,000434 <sup>ns</sup>	75,17 <sup>ns</sup>	10,99 <sup>ns</sup>	4,49 <sup>ns</sup>	37,58 <sup>ns</sup>	234,98 <sup>ns</sup>			
Dose (D)	2	15,638834**	17530,00**	3681,82**	2902,35**	39375,72**	178618,33**			
Cultivar (C)	7	0,852127**	107915,12**	10712,15**	6572,77**	317518,06**	1153228,87**			
C X D	14	0,324381**	2190,47**	375,32**	489,55**	8154,21**	22221,81**			
CV (%)		5,93	11,06	12,21	15,11	12,31	13,90			

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05). ns não significativo.

Tabela 2A. Resumo da análise de variância das características número total de espiga (NTE), de espigas empalhadas comercializáveis (NEEC) e de espigas despalhadas comercializáveis (NEDC), produtividade total de espiga (PTE), de espigas empalhadas comercializáveis (PEEC) e de espigas despalhadas comercializáveis (PEDC), na cultura do milho verde. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

SAFRA 1							
FV	GL	NTE	NEEC	NEDC	PTE	PEEC	PEDC
			-----unid ha <sup>-1</sup> -----			-----kg ha <sup>-1</sup> -----	
Bloco	3	14316887,53 <sup>ns</sup>	21381147,15 <sup>ns</sup>	5274639,27 <sup>ns</sup>	1461731,44 <sup>ns</sup>	1209554,68 <sup>ns</sup>	1426136,63 <sup>ns</sup>
Dose (D)	2	3,88 E+009**	5,09 E 0009**	7,49 E+0009**	782831340,12**	817486558,72**	255330319,19**
Cultivar (C)	7	676876771,66**	263799508,67**	256412234,21**	17025979,22**	10848744,93**	11514863,90**
C X D	14	79725142,58**	139307095,55**	102492251,57**	7665820,75**	7078115,18**	6422634,65**
CV (%)		9,12	9,95	17,05	12,10	13,51	25,92
SAFRA 2							
FV	GL	NTE	NEEC	NEDC	PTE	PEEC	PEDC
			-----unid ha <sup>-1</sup> -----			-----kg ha <sup>-1</sup> -----	
Bloco	3	6404914,88 <sup>ns</sup>	9324813,37 <sup>ns</sup>	15447170,38 <sup>ns</sup>	1876197,27 <sup>ns</sup>	2161868,64 <sup>ns</sup>	783483,74 <sup>ns</sup>
Dose (D)	2	3,15E+0009**	3,12E+0009**	6,48E+0009**	559375240,48**	522986021,15**	288165948,32**
Cultivar (C)	7	580479938,51**	486626209,90**	341506287,51**	24246951,64**	17393216,81**	14569368,35**
C X D	14	91350858,88**	80936134,49**	99303246,84**	3529535,49**	4757969,17**	4083365,99**
CV (%)		8,04	8,56	10,39	11,13	12,82	17,89

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05), ns não significativo.

Tabela 3A. Resumo da análise de variância das eficiências agrônômica (EA), fisiológica (EF), da produção de espiga (EPE), de recuperação (ER) e de utilização (EU), na cultura do milho verde. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

SAFRA 1							
FV	GL	EA	EF	EPE	ER	EU	
Bloco	3	295,04 <sup>ns</sup>	263,60 <sup>ns</sup>	4636,76 <sup>ns</sup>	0,000065 <sup>ns</sup>	29,88*	
Cultivar (C)	7	3711,98**	34118,46**	144384,47**	0,016016**	1727,17**	
CV (%)		22,51	12,44	23,47	14,59	15,42	
SAFRA 2							
FV	GL	EA	EF	EPE	ER	EU	
Bloco	3	796,18 <sup>ns</sup>	1460,76*	22312,79 <sup>ns</sup>	0,000063 <sup>ns</sup>	24,78 <sup>ns</sup>	
Cultivar (C)	7	1228,26**	9531,96**	99472,19**	0,014661**	2064,07**	
CV (%)		19,11	14,24	21,63	15,31	16,59	

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05), ns não significativo.

Tabela 4A. Resumo da análise de variância das características massa seca da folha (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR), da espiga (MSE) e total (MST), acúmulo de fósforo na folha (APF), no caule (APC), na raiz (APR), na espiga (APE) e total (APT) e produtividade (PROD), na cultura do milho grão. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

SAFRA 1							
FV	GL	MSF	MSC	MSR	MSE	MST	APF
Bloco	3	3,78 <sup>ns</sup>	7,82 <sup>ns</sup>	2,71 <sup>ns</sup>	5,35 <sup>ns</sup>	5,93 <sup>ns</sup>	4,36 <sup>ns</sup>
Dose (D)	2	7787,08**	7635,74**	2972,25**	59830,18**	224756,66**	455,30**
Cultivar (C)	7	747,49**	374,61**	377,37**	1057,10**	6816,48**	4831,34**
C X D	14	148,91**	122,40**	54,86**	936,52**	1745,60**	355,89**
CV (%)		10,84	9,09	12,78	11,96	11,62	14,75
SAFRA 2							
FV	GL	MSF	MSC	MSR	MSE	MST	APF
Bloco	3	14,92 <sup>ns</sup>	18,70 <sup>ns</sup>	13,17*	15,98 <sup>ns</sup>	49,19 <sup>ns</sup>	11,56 <sup>ns</sup>
Dose (D)	2	5826,29**	7764,34**	3475,28**	83019,10**	261263,76**	1401,01**
Cultivar (C)	7	711,15**	949,11**	938,91**	1300,96**	11675,61**	6757,64**
C X D	14	238,66**	138,60**	78,52**	1229,27**	2909,07**	423,75**
CV (%)		11,72	10,97	14,77	10,77	12,84	13,52
SAFRA 1							
FV	GL	APC	APR	APE	APT	PROD	
Bloco	3	4,13 <sup>ns</sup>	2,26 <sup>ns</sup>	181,13 <sup>ns</sup>	233,04 <sup>ns</sup>	35993,37	
Dose (D)	2	196,89**	84,87**	35405,91**	37811,66**	116249854,34**	
Cultivar (C)	7	3708,06**	925,24**	1709513,43**	2153086,39**	2328285,59**	
C X D	14	118,25**	28,78**	26448,03**	28586,17**	864374,52**	
CV (%)		16,15	18,67	20,60	18,88	11,28	
SAFRA 2							
FV	GL	APC	APR	APE	APT	PROD	
Bloco	3	45,54*	19,81*	587,17 <sup>ns</sup>	524,16 <sup>ns</sup>	157131,26 <sup>ns</sup>	
Dose (D)	2	1616,82**	392,15**	103523,37**	149879,35**	89268387,16**	
Cultivar (C)	7	6028,96**	2376,60**	2048934,41**	2678897,37**	3050047,50**	
C X D	14	267,68**	94,80**	43657,15**	52659,08**	1623535,52**	
CV (%)		16,74	16,59	18,81	17,46	13,12	

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05). ns não significativo.

Tabela 5A. Resumo da análise de variância das eficiências agrônômica (EA), fisiológica (EF), da produção de grãos (EPG), de recuperação (ER) e de utilização (EU), na cultura do milho grão. Mossoró/RN. UFERSA, 2017.

SAFRA 1						
FV	GL	EA	EF	EPG	ER	EU
Bloco	3	30,78 <sup>ns</sup>	243,54 <sup>ns</sup>	395,88 <sup>ns</sup>	0,000137 <sup>ns</sup>	10,19 <sup>ns</sup>
Cultivar (C)	7	317,29**	23763,17**	19971,24**	0,016378**	1281,06**
CV (%)		17,14	13,51	18,10	9,61	13,26
SAFRA 2						
FV	GL	EA	EF	EPG	ER	EU
Bloco	3	11,18 <sup>ns</sup>	336,85 <sup>ns</sup>	48,55 <sup>ns</sup>	0,000278 <sup>ns</sup>	13,97 <sup>ns</sup>
Cultivar (C)	7	614,02**	31343,30**	11480,77**	0,031374**	3353,60**
CV (%)		19,03	12,40	22,05	10,35	12,87

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ). ns não significativo.