



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE GURUPI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

GABRIEL MESQUITA DA ROCHA

**EFICIÊNCIA E RESPOSTA AO USO DE FÓSFORO DE
CULTIVARES DE MILHO NO CLIMA TROPICAL**

Gurupi/TO
2021

GABRIEL MESQUITA DA ROCHA

**EFICIÊNCIA E RESPOSTA AO USO DE FÓSFORO DE
CULTIVARES DE MILHO NO CLIMA TROPICAL**

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Gurupi, Curso de Agronomia para obtenção do título de Bacharel e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: Dr. Weder Ferreira dos Santos

Gurupi/TO
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

B214j Bandeira, Manuel Carneiro de Sousa.
 Jornalismo no século XX. / Manuel Carneiro de Sousa Bandeira. – Palmas,
 TO, 2018.
 350 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus
Universitário de Palmas - Curso de Jornalismo, 2018.

Orientador: José Bento Renato Monteiro Lobato

1. Jornalismo. 2. Comunicação. 3. Amazônia. 4. Ensino. I. Título

CDD 070

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

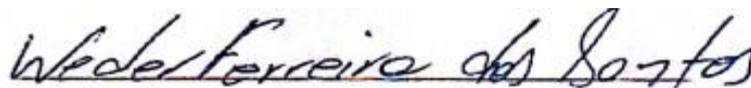
GABRIEL MESQUITA DA ROCHA

**EFICIÊNCIA E RESPOSTA AO USO DE FÓSFORO DE CULTIVARES
DE MILHO NO CLIMA TROPICAL**

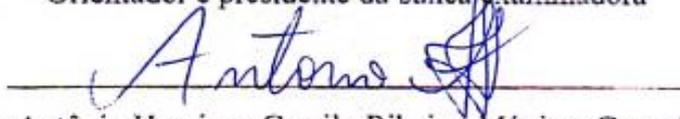
Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Gurupi, Curso de Agronomia para obtenção do título de Bacharel e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 02 / 04 / 2021

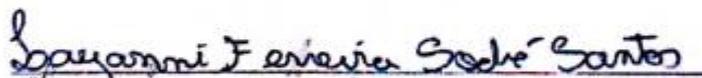
Banca Examinadora



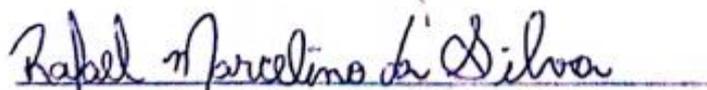
Prof. Dr. Weder Ferreira dos Santos, UFT
Orientador e presidente da banca examinadora



MSc Antônio Henrique Camilo Ribeiro, Máxima Consultoria
(Examinador)



MSc Layanni Ferreira Sodré Santos, UFT
(Examinador)



Eng. Agrônomo Rafael Marcelino da Silva, Sumitomo Chemical
(Examinador)

Gurupi, 2021

Dedico

Este trabalho eu dedico aos meus pais, Luciano Barros da Rocha e Maria Andréia Mesquita da Silva, aos meus avós paternos Maria das Graças Barros da Rocha e Aristides Alves da Rocha e maternos Raimunda Dos Reis Mesquita e Raimundo Damasceno da Silva, ao meu tio Fabiano Barros da Rocha, aos meus irmãos João Pedro Mesquita de Alencar e Helena Macedo de Souza Barros da Rocha, ao meu padrasto Jocimar de Almeida Alencar e madrasta Kátia Macedo de Souza Barros da Rocha, à minha namorada Izabela Ferreira Ribeiro e nossa filha Alice Ferreira da Rocha.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me orientar, abençoar e proteger em todas as decisões e percalços.

Ao meu orientador Weder Ferreira dos Santos e sua esposa Layanni Ferreira Sodré, por me ajudarem e me instruírem na vida acadêmica.

Aos Membros da Banca examinadora, Antônio Henrique Camilo Ribeiro e Rafael Marcelino da Silva pela prontidão e apoio.

A todo corpo docente que me repassaram todo conhecimento necessário para me tornar um profissional capacitado.

Aos meus amigos e amigas que sempre estiveram comigo em momentos bons e ruins: Felipe Souza, Rafael Henriques, Matheus Maciel, Murilo Leobas, Antônio Parreira, Fabricio Paz, Matheus de Castro, João Botelho, Vitor Parreira, João Vinicius, Mateus Formentini, Júlio Piovesan, Aucilon Souza, Marcus Kendi, Marcus Vinicius Batista, Lucas cordeiro, Gabriel Portela, Paulo Henrique, Sanny Meneses, Pedro Correia, José Neto (in memória), Marcus Paulo Mendes, Kaike Sousa, Eduardo Moraes, Gabriel Alves, Matheus Cabral, Lucas Raniery, Vicente di Paula, Mário Henrique, Igor Reis, Thaynnan Souza, Juliana Saldanha, Ana Beatriz, Sabrina Reis, Bianca Reis, Bianca Cristhiny, Paula Eduarda, Thais Cordeiro, Ládila Lima, Larissa Aires, Laura Aires, Daniela Mourão, Milena Oliveira, Shaiany Oliveira, Tuanny Queiroz.

Em especial aos meus compadres: Rafael Marcelino e Lucas Formentini. E comadres: Kassiene Gomes e Isabela milaneis.

E todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente com minha formação e crescimento pessoal e profissional.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo a identificação de cultivares de milho quanto a eficiência e resposta ao uso de adubação fosfatada na região sul do estado do Pará. Foram realizados dois experimentos, em baixo P (50 kg ha⁻¹) e em alto P (200 kg ha⁻¹), com blocos ao acaso, três repetições e quatorze cultivares. As características estudadas foram: diâmetro da espiga, comprimento da espiga, número de fileiras de grãos, número de grãos por fileiras, peso de espiga e produtividade de grãos. As maiores médias de eficiência e resposta, foram: 8710 kg ha⁻¹ e 29.78 kg kg⁻¹. Os cultivares eficientes ao uso de fósforo foram: ORION, BR 2022, CR 120, AL BANDEIRANTE, M 274, BRS 3046 e AG 8088. E foram considerados responsivos: BM 3061, BR206, CATIVERDE 02, BR 205, ANHEMBI, BR 2022 e BRS 3046. O cultivar BR 2022 apresentou alta eficiência e resposta ao uso do fósforo.

Palavras-chaves: Adubação fosfatada. *Zea mays*. Produtividade de grãos.

ABSTRACT

The present study aimed to identify corn cultivars in terms of efficiency and response to the use of phosphate fertilizers in the southern region of the state of Pará. Two experiments were carried out, at low P (50 kg ha⁻¹) and at high P (200 kg ha⁻¹), with randomized blocks, three replications and fourteen cultivars. The characteristics studied were ear diameter, ear length, number of grain rows, number of grains per row, ear weight and grain yield. The highest averages of efficiency and response were: 8710 kg ha⁻¹ and 29.78 kg ha⁻¹. The cultivars efficient for the use of phosphorus were: ORION, BR 2022, CR 120, AL BANDEIRANTE, M 274, BRS 3046 and AG 8088. The responsive cultivars considered were BM 3061, BR206, CATIVERDE 02, BR 205, ANHEMBI, BR 2022 and BRS 3046. The cultivar BR 2022 showed high efficiency and response to the use of phosphorus.

Key-words: Phosphate fertilization. Zea mays. Grain productivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Localização Geográfica da área	16
Figura 2. Precipitação (mm) e temperatura (°C) anual.....	17
Figura 3. Representação gráfica em plano cartesiano de acordo com a metodologia de Fageria e Kluthcousk.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo da área experimental.	17
Tabela 2. Características agronômicas das quatorze cultivares de milho utilizadas no experimento.	18
Tabela 3. Análise de variância conjunta de quatorze cultivares de milho em alto P e baixo P.	20
Tabela 4. Médias de diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE) e número de grãos por fileira (NGF), número de fileira (NF) e peso de espiga (PE) de quatorze cultivares de milho em alto P e baixo P.	21
Tabela 5. Médias de produtividade (kg ha^{-1}), eficiência e resposta de quatorze cultivares de milho em alto P e baixo P.	22

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. MATERIAL E MÉTODOS	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4. CONCLUSÃO.....	25
REFERÊNCIAS	26

1. INTRODUÇÃO

No cenário mundial há a necessidade do aumento da produção de alimentos. Considerando que a capacidade de expansão em áreas agricultáveis é limitada, o desafio torna-se ainda maior (SAATH and FACHINELLO, 2018). Para resolução desse problema o milho (*Zea mays* L.) é de fundamental importância, por ser o grão mais cultivado, e fonte de carboidratos fundamentais para a alimentação humana e animal (CONTINI et al., 2019).

No Brasil a produção de milho tem aumentado, em maior parte pelo aumento da produtividade. Na safra 2019/20 a produção foi de 102 milhões de toneladas de grãos em cerca de 18 milhões de hectares. Por mais expressivos que esse valor seja, ainda está longe da real capacidade de produção do país (CONAB, 2020).

O estado do Pará, mais especificamente a região sul, possui uma zona transitiva (ecótono) entre os biomas, Cerrado e Amazônia. Onde caracterizam-se a presença desses dois ecossistemas no local (RICKLEFS, 2009). Portanto, para uma alta produtividade de milho nesse ecótono, é necessário a utilização de cultivares para tais condições (ALVES et al., 2006).

Tal região apresenta produtividade baixa, com média de 3.155 kg ha⁻¹, inferior à nacional de 5.520 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020). Os fatores que contribuíram para essa baixa produtividade, foram: baixo nível tecnológico da produção, pouco conhecimentos das cultivares adaptadas para a região e as condições edafoclimáticas.

O baixo nível tecnologia está ligado a baixa utilização de fertilizantes. Nesse cenário, o fósforo (P) limita a produtividade do milho na região norte do Brasil. Já que é um dos nutrientes mais extraídos durante as fases vegetativa e reprodutiva (MENEZES et al., 2018). E a maioria dos solos da região apresenta baixa disponibilidade natural desse nutriente (HEUBER et al., 2017).

Portanto, a adubação fosfatada é essencial para altas produtividades. E como a matéria prima para fabricação desses fertilizantes é finita, é preciso buscar por cultivares com eficientes no uso e responsivas a aplicação de P.

P também está ligada a processos fisiológicos de fotossíntese e respiração, mas também é um constituinte de proteínas e coenzimas, ácidos nucleicos e tem um papel fundamental no armazenamento de energia na planta. A deficiência P também ocorre inicialmente em folhas mais antigas, que têm uma cor inicial verde mais escura do que o normal. Posteriormente, eles adquirem uma cor avermelhada (acúmulo de antocianina) nas pontas e margens da lâmina da folha, que pode se estender até o colmo. A planta também

apresenta crescimento reduzido (HEUBER et al., 2017; RIBEIRO et al., 1999; RIBEIRO et al., 2016; MACIEL et al., 2020; MEIRELLES et al., 2016; COLOMBO et al., 2018; e FIDELIS et al., 2014).

Portanto, a fertilização fosfato é essencial para altos rendimentos. E como a matéria-prima para a fabricação desses fertilizantes é finita, é necessário procurar cultivares com uso eficiente e aplicação responsiva de fósforo. Nesse contexto, diversos pesquisadores têm buscado obter essas cultivares com maior eficiência e uso de P para o cultivo de milho (MENEZES et al., 2018; HEUBER et al., 2017; RIBEIRO et al., 1999; RIBEIRO et al., 2016; MACIEL et al., 2020; MEIRELLES et al., 2016; COLOMBO et al., 2018; FIDELIS et al., 2014 e CHEN & LIAO, 2017).

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência e resposta ao uso de fósforo em cultivares de milho no sul do Pará, Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos na área experimental do Sítio Vitória (Figura 1), localizada no estado do Pará, município de Santa Maria das Barreiras ($8^{\circ}18'32.0''S$, $50^{\circ}36'58.0''W$, 278 metros de altitude).

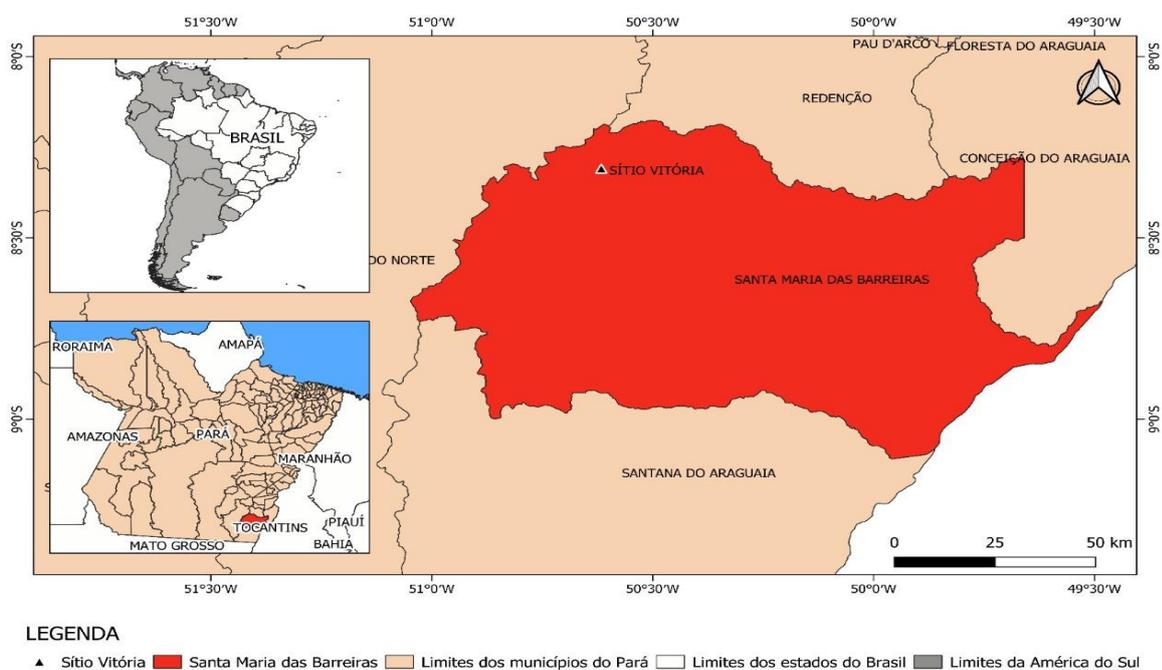


Figura 1. Localização Geográfica da área

O clima da região foi classificado como Aw (DUBREUIL et al., 2018). com clima tropical e períodos de chuvas e seca (Figura 2) segundo a classificação de Köppen (DUBREUIL et al., 2017).

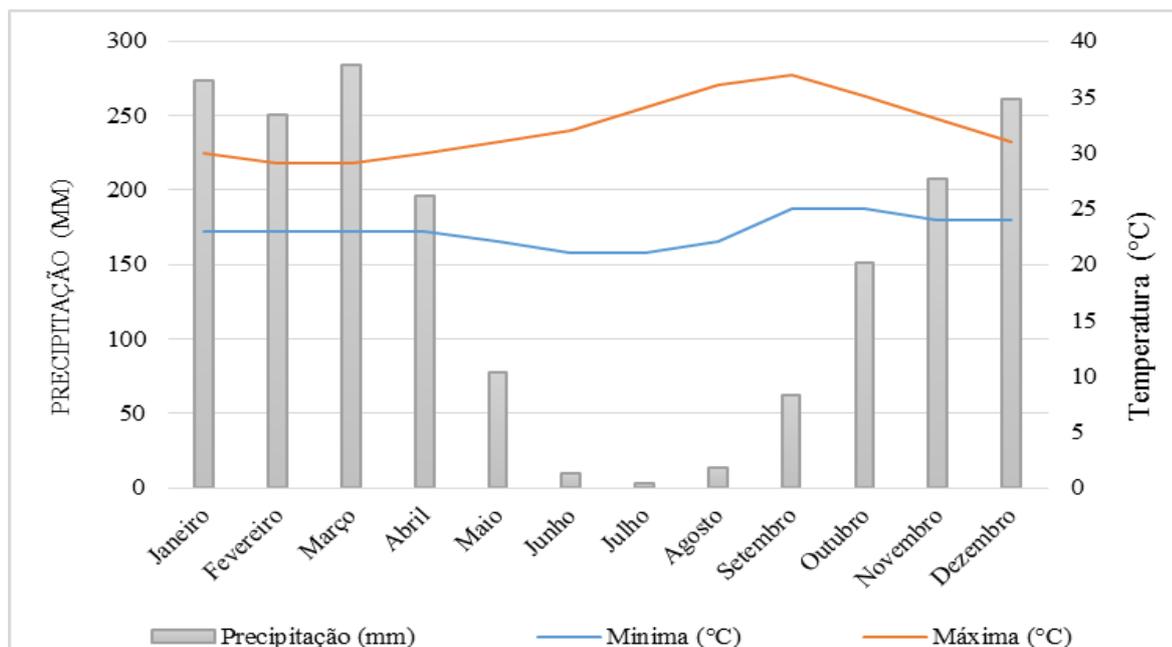


Figura 2. Precipitação (mm) e temperatura (°C) anual.

Fonte: Climate-Data (2017)

O solo dos experimentos apresentou textura arenosa, com 150 g kg^{-1} de argila, e os seguintes atributos químicos (0 - 20 cm): 4,8 pH CaCl_2 , 17 g kg^{-1} matéria orgânica, $4,9 \text{ mg dm}^{-3}$ fósforo, 43 mg dm^{-3} potássio, $1,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ cálcio, $0,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ magnésio, $0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ alumínio, $5,21 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ capacidade de trocas de cátions, e 40% saturação por bases. (Tabela 1).

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo da área experimental.

Argila %	pH CaCl_2	M.O. dag kg^{-1}	P mg dm^{-3}	K mg dm^{-3}	Ca $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	Mg $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	Al $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	CTC $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
15	4,8	1,7	4,9	43	1,7	0,3	0,20	5,21

Os experimentos foram realizados em dois níveis de fósforo: baixo P e alto P. Utilizou-se um delineamento experimental em blocos. Para a realização das avaliações, algumas características agrônômicas das quatorze cultivares foram tabeladas, visando um maior conhecimento. Essas características estão elencadas na tabela 2

Tabela 2. Características agronômicas das quatorze cultivares de milho utilizadas no experimento.

Cultivar	GB	Ciclo	Uso	Nível tecnológico
AG 1051	HS	Semiprecoce	G/MV/WPS	Médio/alto
AG 8088	HS	Precoce	G/WPS	Alto
AL BANDEIRANTE	PPA	Semiprecoce	G/WPS	Baixo/Médio
ANHEMBI	PPA	Precoce	G/WPS	Baixo/Médio
BM 3061	HT	Precoce	MV/WPS	Médio/alto
BR 2022	HD	Precoce	G/WPS	Médio/alto
BR 205	HD	Precoce	G/WPS	Médio/alto
BR 206	HD	Precoce	G/WPS	Médio/alto
BRS 3046	HT	Semiprecoce	MV	Médio/alto
CATIVERDE	PPA	Semiprecoce	MV/WPS	Médio
CR 120	HD	Precoce	G/WPS	Médio/alto
M 274	PPA	Precoce	G/WPS	Baixo/Médio
ORION	HD	Precoce	G	Baixo/Médio
PR 27D28	HD	Superprecoce	G/WPS	Baixo/Médio

* GB: Base genética, HS: híbrido simples, DH: híbrido duplo, HT: híbrido triplo, PPA: populações de polinização aberta, G: grão, MV: milho verde, WPS: silagem de planta inteira, WGS: silagem de grão úmido. Adaptado de Cruz et al. (2015), Pereira Filho e Borghi (2016), Pereira Filho e Borghi (2020).

A parcela experimental foi composta por quatro fileiras de 5,0 metros, com espaçamento de 0,9 metros. A semeadura foi realizada em 07 de janeiro de 2020. Foi realizado o desbaste e obteve-se uma população final de 55.555 plantas ha⁻¹.

A aplicação da adubação fosfatada foi realizada no sulco de semeadura. Em baixo P foram aplicados 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, e em alto P foram 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A fonte foi o superfosfato simples (18% de P₂O₅). A dose em alto P foi definida para alcançar altas produtividades e considerando o teor do nutriente no solo, em baixo P a dose foi bem abaixo do recomendado (RIBEIRO et al., 1999).

As adubações nitrogenada e potássica em cobertura, foram parceladas: 50% em V4 e 50% em V8. Foram utilizadas as doses de 150 kg ha⁻¹ de N e 90 kg ha⁻¹ de K₂O, e os fertilizantes: ureia (43% de N) e cloreto de potássio (60% de K₂O).

Foram colhidas as duas fileiras centrais das parcelas, no estágio de maturação fisiológica, descartando-se 0,50 m de cada extremidade. A massa de grãos, teve umidade corrigida para 13%.

As características diâmetro (DE) e comprimento de espiga (CE) sem palha foram mensuradas com paquímetro e regra métrica, respectivamente. Ocorreu a determinação do número de fileiras de grãos (NF) e número de grãos por fileiras (NGF). E com uma balança aferiu-se o peso de espiga sem palha (PE) e a produtividade de grãos (PG).

Foi utilizada a metodologia de Fageria e Kluthcouski (1980) para classificação dos cultivares quanto a eficiência e resposta ao uso do fósforo. A eficiência correspondeu a produtividade de grãos em baixo P. E a resposta foi calculada pela equação:

$$RP_i = \frac{PGA_i - PGB_i}{PA - PB}$$

onde: RP_i foi a resposta ao uso P da i -ésima cultivar, PGA_i foi a produtividade de grãos da i -ésima cultivar em alto P, PGB_i foi a produtividade de grãos da i -ésima cultivar em baixo P, PA foi a dose de fósforo em alto, e PB a dose de fósforo em baixo.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade. Foi realizada a análise de variância para cada experimento, e análise conjunta seguindo o critério da homogeneidade dos quadrados médios residuais dos experimentos. As médias foram comparadas pelo teste de Scott & Knott (1974), a 5% de significância. Para as análises foi utilizado o programa SISVAR (FERREIRA, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo da interação PxC para todas as variáveis (Tabela 3). A significância da interação demonstra que o desempenho dos cultivares é dependente do nível de fósforo. Os coeficientes de variação de DE, CE, NGF, PE e PG foram baixos (<10%), e a precisão experimental alta (PIMENTEL-GOMES, 2009).

Tabela 3. Análise de variância conjunta de quatorze cultivares de milho em alto P e baixo P.

FV	GL	Quadrado Médio					
		DE	CE	NGF	NF	PE	PG
Fósforo (P)	1	157,44*	24,42*	360,42*	25,19*	60.160,76*	133257090,04*
Cultivar (C)	13	41,07*	9,28*	42,67*	14,50*	4758,73*	5544975,33*
PxC	13	7,41*	6,68*	39,60*	1,49*	2328,63*	1202412,79*
Bloco	4	9,83	1,07	9,59	3,04	898,47	318126,95
Resíduo	52	5,06	1,57	8,77	2,58	441,66	353324,80
Média		50,41	16,28	33,11	15,30	212,23	8131,72
CV (%)		4,46	7,63	8,94	10,50	9,90	7,31

* Significativo e ^{ns} não significativo pelo teste F ao a 5% de significância. FV: Fonte de Variação; GL: Grau de Liberdade; CV (%): Coeficiente de Variação.

Para característica DE (Tabela 4) apenas os cultivares BR 206, CATIVERDE 02, CR 120 e ORION, obtiveram aumento com uso de P. Para ambos os níveis os cultivares AG 8088, BR 205, BRS 3046, CR 120 e M 274, tiveram os maiores diâmetros, junto com AL BANDEIRANTE e ANHEMBI para baixo P e alto P, respectivamente.

Os cultivares apresentaram desempenho diferente para variável CE. O cultivar M 274 tiveram decréscimo no comprimento. Tiveram incremento os cultivares BM 3061, BR 206, BRS 3046, CATIVERDE 02, e ORION. As demais não tiveram diferença estatística entre os níveis de P. Estiveram no grupo com as maiores médias nos dois níveis: AG8088 e ANHEMBI.

Para característica NFG as cultivares também tiveram desempenho diferentes. O único que teve decréscimo do número de fileiras foi o AG 1051. O P não influenciou o NF dos cultivares: AG 8088, CR 120, ORION e PR 27D28. Com alto P os menores NF foram de AG 1051, BR 205 e CR 120.

Apenas o cultivar ORION teve aumento de NGF com uso de P. Os cultivares que tiveram maiores DE foram também os com maiores NGF. Isso ocorreu por estas duas características possuírem alta correlação (PRAKASH et al., 2019).

Observou-se aumento do peso de espiga com uso do P em quase todos os cultivares, exceto AG 8088, AL BANDEIRANTE e BR 2022, essa última teve maior PE em baixo P. Os cultivares AG 8088, AL BANDEIRANTE, ANHEMBI, CR 120, M 274 e PR 27D28 tiveram as maiores PE nos dois níveis de P. Os cultivares que ficaram no grupo com as maiores médias de PE em alto e baixo P tiveram também os maiores NGF. Essas duas características têm alta correlação (ISLAM et al., 2020).

O cultivar AG 8088 teve as maiores médias para todas as variáveis em baixo P e alto P. E o M274 só não ficou no grupo das maiores médias de CE (alto P) e NGF (baixo P). Por outro lado, os cultivares AG 1051, BR 2022 e BR 206 só tiveram as menores médias na maioria das características.

Corroborando com esses dados, Saleh et al. (2018) e Islam et al. (2020) encontraram médias de DE, CE, NGF e NF próximas a dessa pesquisa. E Ribeiro et al. (2016) e Maciel et al. (2020) também encontraram aumento de DE, CE, NGF e PE com uso de P.

Tabela 4. Médias de diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE) e número de grãos por fileira (NGF), número de fileira (NF) e peso de espiga (PE) de quatorze cultivares de milho em alto P e baixo P.

Cultivar	DE (mm)		CE (cm)		NGF		NF		PE (g)	
	Baixo P	Alto P	Baixo P	Alto P						
AG 1051	47,6 Ab	50,3 Ab	16,4 Ab	16,6 Aa	37,6 Aa	27,6 Bb	14,0 Ab	16,0 Ab	178,3 Bb	222,0 Ab
AG 8088	51,3 Aa	54,0 Aa	18,0 Aa	17,8 Aa	33,3 Aa	36,6 Aa	17,3 Aa	19,3 Aa	235,0 Aa	257,0 Aa
AL BAND	51,6 Aa	50,3 Ab	14,7 Ac	16,1 Ab	27,6 Bb	33,6 Aa	15,3 Aa	15,3 Ab	210,6 Aa	234,0 Aa
ANHEMBI	48,6 Ab	52,6 Aa	17,6 Aa	18,3 Aa	30,0 Bb	38,6 Aa	14,0 Ab	15,3 Ab	187,3 Ba	260,6 Aa
BM 3061	48,3 Ab	50,6 Ab	14,8 Bc	17,0 Aa	30,6 Bb	35,3 Aa	14,0 Ab	14,0 Ab	154,3 Bb	302,0 Aa
BR 2022	48,3 Ab	46,6 Ab	13,9 Ac	14,6 Ab	29,6 Bb	36,0 Aa	14,6 Ab	15,3 Ab	204,0 Aa	169,0 Bc
BR 205	50,6 Aa	53,6 Aa	14,4 Ac	13,8 Ab	24,3 Bb	29,3 Ab	16,0 Aa	16,6 Aa	122,3 Bc	193,6 Ac
BR 206	44,6 Bb	50,6 Ab	15,6 Bc	18,1 Aa	27,6 Bb	37,0 Aa	14,0 Ab	14,0 Ab	170,6 Bb	220,3 Ab
BRS 3046	50,6 Aa	54,0 Aa	14,3 Bc	17,6 Aa	34,0 Ba	42,0 Aa	15,3 Aa	16,0 Ab	202,0 Ba	264,0 Aa
CATIVERDE 02	46,3 Bb	51,3 Ab	13,5 Bc	17,6 Aa	29,0 Bb	38,6 Aa	15,3 Aa	15,3 Ab	136,0 Bc	193,6 Ac
CR 120	51,6 Ba	56,6 Aa	16,3 Ab	14,6 Ab	30,6 Ab	31,3 Ab	16,6 Aa	18,6 Aa	226,3 Ba	269,3 Aa
M 274	55,0 Aa	55,6 Aa	19,2 Aa	16,1 Bb	30,0 Bb	35,0 Aa	16,0 Aa	17,3 Aa	207,3 Ba	267,3 Aa
ORION	46,3 Bb	50,3 Ab	15,1 Bc	19,2 Aa	36,6 Aa	36,0 Aa	12,0 Bb	15,3 Ab	170,3 Bb	246,6 Aa
PR 27D28	45,3 Ab	48,3 Ab	16,2 Ab	17,8 Aa	33,3 Aa	35,3 Aa	12,0 Ab	13,3 Ab	192,0 Ba	246,0 Aa
Média	49,04	51,78	15,75	16,82	31,04	35,19	14,7	15,8	185,4	239,0

Médias seguidas por mesma letra minúscula para a cultivar e maiúscula para o nível de P pertencem a um mesmo grupo, pelo critério de agrupamento de Scott e Knott (1974), a 5% de significância.

A variação da produtividade (tabela 5) foi de 4759 kg ha⁻¹ (baixo P) a 10.656 kg ha⁻¹ (alto P). Todas as cultivares apresentaram maiores produtividades em alto P. As médias em baixo P foram separadas em três grupos. O grupo com as menores médias baixas foi composto por: BM 3061 (5724 kg ha⁻¹), BR 205 (4759 kg ha⁻¹), BR 206 (5749 kg ha⁻¹) e CATIVERDE 02 (5106 kg ha⁻¹). No grupo com as maiores médias ficaram os cultivares: AG 8088 (8710 kg ha⁻¹) e BRS 3046 (8120 kg ha⁻¹). Essas médias são superiores à média do estado do Pará (CONAB, 2020). Isso evidencia a importância de teste regionais de cultivares em diferentes ambientes. E ainda, demonstra que a escolha correta de cultivares pode elevar a produtividade média do estado.

Tabela 5. Médias de produtividade (kg ha⁻¹), eficiência e resposta de quatorze cultivares de milho em alto P e baixo P.

Cultivar	Baixo P / Eficiência	Alto P	Média	Resposta
AG1051	6513 B b	9027 A b	7770 c	16,76
AG8088	8710 B a	10556 A a	9633 a	12,31
ALBANDEIRANTES	7652 B b	8674 A b	8163 c	6,82
ANHEMBI	6853 B b	9691 A a	8272 c	18,92
BM3061	5724 B c	10192 A a	7958 c	29,78
BR2022	7295 B b	10031 A a	8663 b	18,24
BR205	4759 B c	7402 A c	6081 d	17,62
BR206	5749 B c	9691 A a	7720 c	26,28
BRS3046	8120 B a	10656 A a	9388 a	16,91
CATIVERDE 02	5106 B c	7954 A c	6530 d	18,99
CR-120	7509 B b	9931 A a	8720 b	16,14
M274	7688 B b	9819 A a	8753 b	14,20
ORION	7139 B b	8766 A b	7953 c	10,85
PR27D28	7394 B b	9088 A b	8241 c	11,29
Média	6872 B	9391 A	8132	16,79

Médias seguidas por mesma letra minúscula para a cultivar e maiúscula para o nível de P pertencem a um mesmo grupo, pelo critério de agrupamento de Scott e Knott (1974), a 5% de significância.

Em alto P as médias de produtividade também foram divididas em três grupos. O grupo com as menores médias, teve os cultivares: BR 205 (7402 kg ha⁻¹) e CATIVERDE 02 (7954 kg ha⁻¹). E o grupo com as maiores médias, foi formado por: AG 8088 (10556 kg ha⁻¹), ANHEMBI (9691 kg ha⁻¹), BM 3061 (10192 kg ha⁻¹), BR 2022 (10031 kg ha⁻¹), BR 206 (9691 kg ha⁻¹), BRS 3046 (10656 kg ha⁻¹), CR 120 (9931 kg ha⁻¹) e M 274 (9819 kg ha⁻¹). (Tabela 5)

Embora as composições dos grupos em baixo P e alto P foram diferentes, os cultivares AG 8088 e BRS 3046 estiveram entre os mais produtivos nos dois níveis de P. Já os cultivares BR 205 e CATIVERDE 02 ficaram com as menores produtividades em baixo P e alto P.

As produtividades médias encontradas por Meirelles et al. (2016) para quarenta e dois genótipos, e Colombo et al. (2018) para trinta e seis outros genótipos, foram de 3.941 e 6.125 kg ha⁻¹ em baixo P, e 8.867 e 8.671 kg ha⁻¹ em alto P. Esses valores são menores que as médias dos cultivares desse estudo. Provavelmente devido as doses menores utilizadas por estes autores.

Os valores de eficiência no uso de P (Figura 3) variam de 4.749 (BR 205) a 8.710 (AG 8088), com média de 6.872. Os maiores valores foram atingidos pelas cultivares: ORION, BR 2022, PR 27D28, CR 120, AL BANDEIRANTE, M 274, BRS 3046 e AG 8088. Essas cultivares ficam nos quadrantes I e IV, e foram classificadas como eficientes, por terem eficiência maior que a média geral dos cultivares.

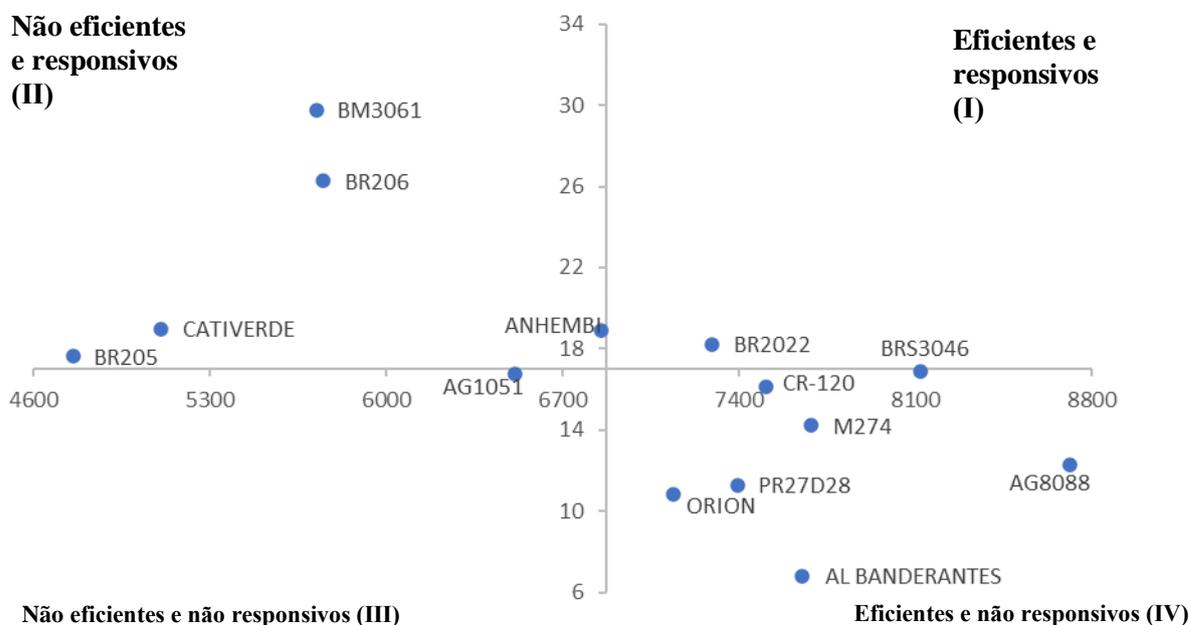


Figura 3. Representação gráfica em plano cartesiano de acordo com a metodologia de Fageria e Kluthcousk

O desenvolvimento de cultivares eficientes vem ocorrendo por estratégias tradicionais e moleculares (CHEN & LIAO, 2017). As cultivares desse trabalho com alta eficiente, tem potencial uso no melhoramento para essa característica e devem possuir genes que as favorecem em ambiente limitante de P.

As respostas variaram de 6,82 kg kg⁻¹ (AL BANDEIRANTE) a 29,78 kg kg⁻¹ (BM 3061), e a média foi de 16,79 kg kg⁻¹. O mais responsivo ao uso do fósforo foi o cultivar BM 3061, saindo de 5.724 kg ha⁻¹ em baixo P para 10.192 kg ha⁻¹ em alto P, com resposta igual a 29,78 kg de grãos por kg de fósforo aplicado.

Os cultivares com respostas mais altos, foram: CATIVERDE 02, BR 205, ANHEMBI, BM 3061, BR 206, BR 2022 e BRS 3046. Esses cultivares foram considerados responsivos por terem índice de resposta maior que a média geral dos cultivares. E foram representados nos quadrantes I e II. (figura 3)

Corroborando com esses dados, Fidelis et al. (2014) encontrou média de resposta de 26,34 kg kg⁻¹, e Xu et al. (2016) de 60 kg kg⁻¹. Esses valores são superiores à média das cultivares estudada.

Os cultivar BR 2022 e BRS 3046 classificados como eficientes e responsivos, tiveram de resposta de 18,24 kg kg⁻¹ e 16,91 kg kg⁻¹, e eficiência de 7.295 e 8.120 kg ha⁻¹. Por terem alta produtividade em baixa disponibilidade de P e grande incremento com uso de altas doses de fertilizantes fosfatados, esses cultivares são recomendados para produção com baixo e alto nível tecnológico.

Em contrapartida, o cultivar AG 1051 foi considerado como não eficiente e não responsivo, seu índice de resposta foi de 16,76 kg kg⁻¹ e a eficiência foi de 6.513 kg ha⁻¹. Então, não é recomendado para baixo ou alto nível tecnológico.

4. CONCLUSÃO

Os cultivares BM 3061, BR 206, CATIVERDE 02, ANHEMBI e BR 205 foram responsivos ao uso de fósforo, e recomendados para produção com alto nível tecnológica.

Os cultivares AG 8088, BRS 3046, ORION, PR 27D28, M 274, CR 120 e AL BANDEIRANTE foram eficientes no uso do fosforo, e por isso, recomendados para produção com baixo nível tecnológico.

Os cultivares BR 2022 e BRS 3046 foram classificados como eficientes e responsivos ao uso de fosforo. Portanto, recomendados para produção com alto e baixo nível tecnológico.

REFERÊNCIAS

- CHEN, L.; LIAO, H. Engineering crop nutrient efficiency for sustainable agriculture. **J. Integr. Plant. Biol.**, v. 59, n. 102, p. 710-735, 2017. <https://doi.org/10.1111/jipb.12559>
- COLOMBO, G.A.; VAZ-DE-MELO, A.; SOUZA, A.S.; SILVA, J.G.C. Combined capacity of corn hybrids for efficiency and response to phosphorus use phosphorus use. **Rev. Agrogeoambiental**. v. 10, n. 2, p. 121-131, 2018. <http://doi.org/10.18406/2316-1817v10n220181088>
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 23 agosto 2020.
- CONTINI, E.; MOTA, M.M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R.A.; SILVA, A.F; et al. **Milho** - Caracterização e Desafios Tecnológicos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. 45 p.
- CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; BORGHI, E.; SIMÃO, E.D.P. **Quatrocentos e setenta e sete cultivares de milho estão disponíveis no mercado de semente na safra 2015/16**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015.
- DUBREUIL, V.; FANTE, K.P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J.L. Climate change evidence in Brazil from Köppen's climate anual types frequency. **Int. J. Climatol.**, v. 33, p. 1446-1456, 2018. <https://doi.org/10.1002/joc.5893>
- FAGERIA, N.D.; KLUTHCOUSKI, J. **Metodologia para avaliação de cultivares de arroz e feijão para condições adversas de solo**. Brasília: EMBRAPA/CNPAP, 1980. 22p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.2, p.109-112, 2014.
- FIDELIS, R.R.; MIRANDA, G.V.; PELÚZIO, J.M.; GALVÃO, J.C.C. Corn population classification as to efficiency and response to phosphorus use. **Pesq. agropec. pernamb.**, v. 19, n. 2, p. 59-64, 2014. <https://doi.org/10.12661/pap.2014.009>
- HEUBER, S.; GAXIOLA, R.; SCHILLING, R.; HERRERA-ESTRELLA, L.; LÓPEZ-ARREDONDO, D.L.; WISSUWA, M.; DELHAIZE, E.; ROUACHED, H. Improving

phosphorus use efficiency - a complex trait with emerging opportunities. **Plant J.**, v.90, p.868–885, 2017.

ISLAM, S.; FERDAUSI, A.; SWEETY, A. Y.; DAS, A.; FERDOUSH, A.; HAQUE, M. A. Morphological characterization and genetic diversity analyses of plant traits contributed to grain yield in maize (*Zea mays* L.). **J. Biosci. Agric. Res.** v.25, n.1, p.2047-2059, 2020.

MACIEL, L. C.; SANTOS, W. F.; PELUZIO, J. M.; FERREIRA JUNIOR, O. J.; BARBOSA, A. S.; SILVA, R. M.; SODRÉ, L. F.; OLIVEIRA, M. Agronomic Performance of Corn Cultivars as a Function of Phosphorus Use. **Annu. res. rev. biol.** v.35, n.6, p.99-108, 2020.

MEIRELLES, W.F.; PARENTONI, S.N.; GUIMARÃES, L.J.M.; GUIMARÃES, P.E.O.; PACHECO, C.A.P.; et al. Diallel analysis of maize lines as to their phosphorus responsiveness and use efficiency. **Pesq. agropec. bras.**, v. 51, n. 3, p. 224-232, 2016.

MENEZES, J. F. S.; BERTI, M. P. S.; VIEIRA JUNIOR, V. D.; RIBEIRO, R. L.; BERTI, C. L. F. Extração e exportação de nitrogênio, fósforo e potássio pelo milho adubado com dejetos de suínos. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 3, p. 55-59, 2018.

PEREIRA FILHO, I.A.; BORGHI, E. **Mercado de sementes de milho no Brasil**: safra 2016/2017. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016.

PEREIRA FILHO, I.A.; BORGHI, E. **Sementes de milho**: nova safra, novas cultivares e continua a dominância dos transgênicos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009.

PRAKASH, R.; RAVIKESAVAN, R.; VINODHANA, N. K.; SENTHIL, A. Genetic variability, character association and path analysis for yield and yield component traits in maize (*Zea mays* L.). **Electron. J. Pl. Bred.** v.10, n.2, p.518-524. 2019. <http://doi.org/10.5958/0975-928X.2019.00065.6>

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., H.V. eds. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. 359p.

RIBEIRO, M.C.; DAMASO, L.F.; COSTA, F.R.; PELÁ, A.; RODRIGUES, F. Hybrids of maize under different levels of phosphorus destined to consumption in natura. **Magistra**, v.28, n.2, p.273-278, 2016.

SAATH, K.C.O.; FACHINELLO, A.L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, v. 56, n. 2, p. 195-212, 2018. <http://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560201>

SALEH, M. M.; HAJJAR, Z.; KOUDSIEH, R.; AL-SADEK, F. Estimation of yield traits & correlation in *Zea mays*. **J. Aridland. Agric.** v.4, p.27-32, 2018; <http://doi.org/10.25081/jaa.2018.v4.3670>

SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, v.30, p.507-512, 1974.

XU, X.; HE, P.; PAMPOLINO, M.F.; LI, Y.; LIU, S.; XIE, J.; et al. Narrowing yield gaps and increasing nutrient use efficiencies using the Nutrient Expert system for maize in Northeast China. **Field Crops Res.**, v. 194, p. 75-82, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.05.005>