

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS CERES
BACHARELADO EM AGRONOMIA
THIAGO BARBOSA COSTA

**PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DO MILHO EM
CERES (GO)**

CERES – GO

2022

THIAGO BARBOSA COSTA

**PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DO MILHO EM
CERES (GO)**

Trabalho de curso apresentado ao curso de Agronomia do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia, sob orientação do Prof. Dr. Roriz Luciano Machado.

CERES – GO

2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

CC837p Costa, Thiago Barbosa
PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DO
MILHO EM CERES (GO) / Thiago Barbosa Costa;
orientador Roriz Luciano Machado. -- Ceres, 2022.
23 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Agronomia) --
Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2022.

1. Fertilidade do solo. 2. Fixação de fósforo. 3.
Superfosfato simples. 4. Zea mays. I. Machado, Roriz
Luciano, orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- Tese (doutorado) Artigo científico
 Dissertação (mestrado) Capítulo de livro
 Monografia (especialização) Livro
 TCC (graduação) Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Thiago Barbosa Costa

Matrícula:

2018103200240077

Título do trabalho:

Parcelamento da adubação fosfatada na cultura do milho em Ceres (GO)

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

• Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;

• Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;

• Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Ceres - GO

Local

10 / 12 / 2022

Data

Thiago Barbosa Costa

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Cliente e de acordo:

Roniz Luciano Machado

Assinatura do(a) orientador(a)

ANEXO IV - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) 29 dia(s) do mês de novembro do ano de dois mil e 22, realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) Thiago Barbosa Costa, do Curso de Agronomia, matrícula 2018103200240077 cujo título é "Parcelamento da adubação fertirrigada na cultura do milho em Ceres (GO)". A defesa iniciou-se às 15 horas e 00 minutos, finalizando-se às 16 horas e 15 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho aprovado com média 8,9 no trabalho escrito, média 9,4 no trabalho oral, apresentando assim média aritmética final 9,2 de pontos, estando o(a) estudante apto para fins de conclusão do Trabalho de Curso. Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o(a) estudante deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano – RIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador. Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.

Roniz Luciano Machado
Assinatura Presidente da Banca

Paulo Sérgio Rodrigues Vale
Assinatura Membro 1 Banca Examinadora

Daniel Pereira da Silva
Assinatura Membro 2 Banca Examinadora

*Dedico este trabalho a todos que de forma direta ou indireta
contribuíram para o seu desenvolvimento.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre estar ao meu lado me dando forças e direcionamento em minha caminhada.

Aos meus pais Luciana Barbosa da Silva Costa e Raimundo Dias Costa Neto, por todo carinho, amor, apoio, por sempre acreditarem no meu sucesso e por não medirem esforços ao meu favor. A minha irmã Milka Barbosa Costa por todo apoio, atenção, companheirismo e incentivo.

A minha namorada Letícia Monteiro de Sousa, pela atenção, os cuidados, por estar sempre ao meu lado, incentivando e apoiando.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Roriz Luciano Machado, exemplo de profissional, pela contribuição no desenvolvimento do trabalho e todo o apoio.

Aos meus amigos e colegas, principalmente ao grupo que se doou para a realização deste trabalho, que são eles: Lorena Varão, Matheus Lucas Sabino, Matheus Rafael Vaz e Pedro Santhyago Ferreira.

Por fim, deixo meus agradecimentos ao IF Goiano – Campus Ceres pela contribuição e pela oportunidade de estar adquirindo meu título de graduação.

Muito obrigado!

RESUMO

Naturalmente os solos de Cerrado apresentam elevado potencial de fixação de fósforo por meio da adsorção nas argilas 1:1 e sesquióxidos de ferro e alumínio. Estratégias de manejo que visam diminuir esse evento constituem uma necessidade para aumentar o índice de aproveitamento desse nutriente. Este trabalho objetivou avaliar a aplicação parcelada de doses de fósforo no desempenho da cultura do milho em Latossolo Vermelho em Ceres – GO. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com cinco repetições. Os tratamentos constituíram dos parcelamentos plantio/cobertura de: 100% e 0%; 75% e 25%; 50% e 50%; 25% e 75%; e 0% e 100% da dose recomendada de P_2O_5 . Apenas as variáveis número de fileiras de grãos por espiga e o número de grãos por fileiras tiveram diferenças significativas para parcelamento de P. O fósforo aplicado 100% em semeadura apresentou melhor resultado de diâmetro de caule, peso de 100 grãos e produtividade, com incremento de 757 kg ha^{-1} em relação à aplicação 50 e 50%.

Palavras-chave: Fertilidade do solo. Fixação de fósforo. Superfosfato simples. *Zea mays*.

ABSTRACT

Naturally, Cerrado soils have a high potential for phosphorus fixation through adsorption on 1:1 clays and iron and aluminum sesquioxides. Management strategies that aim to reduce this event are a necessity to increase the utilization rate of this nutrient. This work aimed to evaluate the split application of phosphorus doses on the performance of corn in an Oxisol in Ceres - GO. The experimental design used was randomized blocks (DBC), with five replications. The treatments consisted of the planting/covering splits of: 100% and 0%; 75% and 25%; 50% and 50%; 25% and 75%; and 0% and 100% of the recommended dose of P₂O₅. Only the variables number of rows of grains per ear and the number of grains per row had significant differences for splitting P. Phosphorus applied at 100% at sowing showed better results in terms of stem diameter, weight of 100 grains and productivity, with an increase of 757 kg ha⁻¹ in relation to the 50 and 50% application.

Keywords: Soil fertility. Phosphorus fixation. Simple superphosphate. *Zea mays*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Índices produtivos da produção de milho safra 2020/21	03
Figura 2 – Produção de milho no Brasil (2014-2022)	04
Figura 3 – Ciclo do P no solo	05
Figura 4 – Deficiência de fósforo na folha de milho.....	07
Figura 5 – Vista do local do experimento no Instituto Federal Goiano – Campus Ceres – GO	10
Figura 6 – Croqui do experimento.....	11
Figura 7 – Resultado de produtividade da cultura do milho sob o parcelamento de fósforo plantio/cobertura em, Ceres (GO)	15

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Resultados da análise química e física de amostras de solo da área experimental na profundidade de 0 a 0,20 m de profundidade. Ceres, GO, 2019 **11**
- Tabela 2** – Quadrado médio das variáveis altura da planta (AP), altura da inserção da primeira espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), diâmetro da espiga (DE), número de fileiras de grãos (NF), número de grãos por fileira (NGF), peso de 100 grãos (PG) e produtividade (PROD) para diferentes parcelamentos de P₂O₅ na cultura do milho. Ceres, GO, 2019 **13**
- Tabela 3** – Valores médios para altura da planta (AP), altura da inserção da primeira espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), diâmetro da espiga (DE), número de fileiras de grãos (NF), número de grãos por fileira (NGF), peso de 100 grãos (PG) e produtividade (PROD) para diferentes parcelamentos de P₂O₅ na cultura do milho. Ceres, GO, 2019 **14**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 A PRODUÇÃO DE MILHO NO BRASIL	3
2.2 O BIOMA CERRADO E SEUS SOLOS	4
2.3 A IMPORTÂNCIA DO FÓSFORO NA CULTURA DO MILHO	6
2.4 PARCELAMENTOS DE FÓSFORO NA CULTURA DE MILHO	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro é um importante bioma por sua grande diversidade de fauna e flora e por desempenhar papel imprescindível para produção pecuária e agrícola. Ressalta-se que possui mais de 204 milhões de hectares agricultáveis. Nesse sentido, é bastante utilizado para a produção de alimentos, rações, fibras, madeira, plantas medicinais e ornamentais e em especial a produção de grãos, como por exemplo, o milho (FRANÇA, 2020; LOPES; GUILHERME; RAMOS, 2011).

O milho é um dos principais grãos do país, sendo considerada a maior cultura agrícola do mundo. Entre os grãos produzidos foi o único a ter ultrapassado a marca de um bilhão de toneladas colhidas por ano, tal fato descreve sua importância mundial. Sua produção é fundamental para muitas cadeias produtivas, relacionadas principalmente com a produção de alimentos e a produção animal. O Brasil é o terceiro maior produtor de milho do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos, em primeiro no *ranking* mundial, e pela China que ocupa o segundo lugar. De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), na safra 2019/2020 os três países juntos somaram uma produção correspondente a mais de 60% da produção mundial (CRUZ et al., 2011; FRANÇA, 2020; MIRANDA et al., 2021).

No Brasil, entre 60% e 80% do volume do cereal é destinado à alimentação animal, conforme média histórica elaborada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). A produção é voltada principalmente para a formulação de ração, como a avicultura de corte ou postura, suinocultura, na pecuária de corte e leiteira. Nesse âmbito, esse grão é fundamental para a manutenção da produção interna de proteína animal, além de ser importante para a alimentação brasileira e também gerar produção com valor agregado para comercialização no mercado externo (CRUZ et al., 2011; MIRANDA et al., 2021; SÁ FERNANDES, 2022).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (Conab, 2022), o Brasil obteve significativa evolução em sua agricultura, e conseguiu ter destaque mundial em diversas produções. Nos últimos 46 anos da cultura do milho no território nacional, a área plantada de milho total na 1ª, 2ª e 3ª safras passou por um incremento de 9.319,4 mil ha⁻¹ (79%). Além disso, a produtividade teve um acréscimo de 3.688,0 kg ha⁻¹ (226%) e um aumento de 93.085,4 mil toneladas (483%) em sua produção. Diante da importância dessa cultura no agronegócio brasileiro, é imprescindível buscar maior eficiência no uso de adubos

de solo e nutrição das plantas, e dessa forma, proporcionar melhores produtividades durante as safras (FRANÇA, 2020).

Nessa perspectiva, é importante levar em consideração a classe de solos com maior predominância no Cerrado. Os Latossolos correspondem a 46% dos solos nesse bioma e tem como principal característica a alta intemperização. Na sequência, estão os Argissolos com (15%) e Neossolos Litólicos (15%) (FRANÇA, 2020). Tais classes de solos apresentam características especiais, como a prevalência de óxidos de ferro e alumínio em sua fração de argila. Os componentes citados e presentes nesses solos oportunizam uma maior adsorção de P e precipitação de Al^{+3} , principalmente em alguns Latossolos (OLIVEIRA, 2018; SOUSA et al., 2016).

Nesse contexto, o P é um dos nutrientes que merece atenção considerável para a produção agrícola nos solos do Cerrado, haja visto que, em condições naturais esses solos possuem baixa disponibilidade. Ressalta-se que em ocasiões nas quais o fósforo é utilizado adequadamente, como na produção de milho, os grãos apresentam melhor qualidade, evidencia-se um maior desenvolvimento das raízes e conseqüentemente, uma produtividade melhor. Diante disso, o adequado suprimento de P torna-se indispensável para a obtenção de maior produtividade do milho, além de ser fundamental para suprir a deficiência de fósforo do solo e os eventuais estresses hídricos (BENDER, 2013; OLIVEIRA, 2018; SOUSA et al., 2016).

Em pesquisa realizada por Gonçalves et al. (1989), mais de 95% do P aplicado a um Latossolo Vermelho (55% de argila), na dose de 150 mg kg^{-1} (ou 687 kg ha^{-1} de P_2O_5), se transformou em P-não lábil, 300 dias após a aplicação. O parcelamento da adubação fosfatada, ao diminuir o tempo de contato da fonte fosfatada solúvel com o solo, pode contribuir para diminuir a fixação de P pelos colóides de argila. Assim, pode-se obter maiores produtividades para uma mesma dose de P, ou menores doses de P para as produtividades atualmente obtidas, podendo ser alcançadas por meio do parcelamento do fertilizante fosfatado (GONÇALVES et al., 1989).

Com a hipótese de que o menor tempo de contato diminui a fixação de P e melhora os índices produtivos, o presente trabalho objetivou-se avaliar o desempenho da cultura do milho sob aplicação parcelada de doses de P_2O_5 em Latossolo Vermelho eutrófico em Ceres (GO).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A PRODUÇÃO DE MILHO NO BRASIL

O agronegócio constitui uma das principais atividades econômicas do Brasil. Nesse contexto, o país tem uma importante produção de grão em seu território. O milho em especial, tem grande relevância (Figura 1), sendo o segundo grão mais cultivado e exportado, ficando atrás apenas da soja. Deste modo, além de ser um dos mais produzidos, o milho é também o principal componente para a produção de ração animal e outros produtos utilizados para consumo humano. Vale ressaltar que grande parte dessa produção é voltada para o comércio exterior (SOUZA et al., 2018).



Figura 1 - Índices produtivos da produção de milho safra 2020/21

Fonte: Nidera Sementes (2021)

A colheita da safra 2020/21 foi bastante afetada pelo cenário climático adverso que provocou perdas irreversíveis para os produtores de milho. A estiagem aliada com as altas temperaturas foram os principais fatores que influenciaram a redução da produtividade.

As regiões brasileiras que mais se destacam na colheita de milho são a Centro-Oeste e a Sul. Ambas são destaque na 2ª safra, também chamada de safrinha e, são responsáveis pelo incremento da produção nacional do grão. Destaca-se o estado do Mato Grosso, como maior produtor nas últimas safras (SOUZA NETO, 2019). Assim, percebe-se que o país tem aproveitado o crescente aumento da demanda mundial pelo milho. Desse modo, a maior

participação brasileira é consequência da implementação de novas tecnologias e expansão de áreas plantadas, propiciando maior produtividade (Figura 2) e maior participação no mercado internacional (CONAB, 2017).

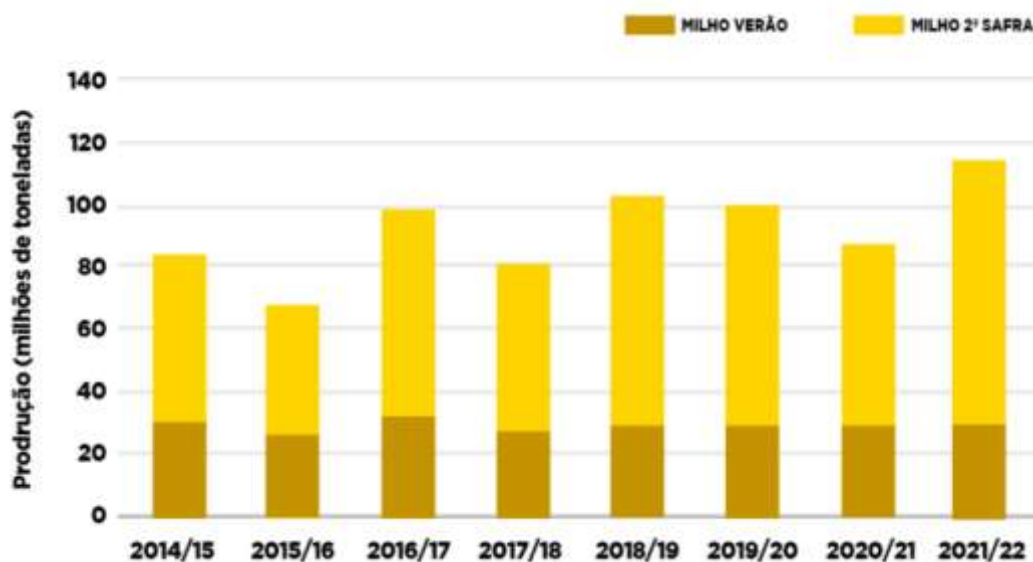


Figura 2 - Produção de milho no Brasil (2014-2022)

Fonte: Nidera Sementes (2022)

Segundo a Conab (CONAB, 2022), na safra 2021/22 o milho obteve produção estimada em 113,2 milhões de toneladas, o que representou um aumento de 30% quando comparado ao ciclo anterior. Foram produzidos 24,9 milhões de t na primeira safra e, produção estimada em 86,1 milhões de t na segunda safra.

Por conseguinte, observa-se a grande influência que a produção de milho exerce em todo território nacional, possuindo grande relevância para a economia brasileira. Diante disso, para manter a boa produtividade e sua constante evolução, torna-se imprescindível a busca pelo uso eficiente das fontes de nutrientes, principalmente o P, que é um nutriente finito na Terra e de grande importância para a agricultura. Nesse âmbito, destaca-se a importância da realização de pesquisas que visam estudar a qualidade do solo, em especial nas regiões do bioma Cerrado, levando em consideração a sua baixa fertilidade presente no mesmo (FRANÇA, 2020).

2.2 O BIOMA CERRADO E SEUS SOLOS

De acordo com dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o Cerrado é considerado o segundo maior bioma do país dentre os demais

existentes, possuindo uma área de aproximadamente 2 milhões de km², correspondendo a 204 milhões de ha. O bioma é localizado na parte central do país, e abrange os seguintes estados: Goiás, Tocantins, Maranhão, Piauí, Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo e Distrito Federal.

A agricultura no Cerrado sempre foi uma das principais áreas de expansão agrícola. Contudo, os solos presentes em seu território apresentam características de grandes limitações à produção agrícola, devido possuírem elevada acidez e baixa fertilidade natural, sobretudo, problemas relacionados à disponibilidade de P para as plantas, que em condições naturais, é muito baixa (FRANÇA, 2020; SOUSA; LOBATO, 2003).

Desse modo, evidencia-se que o P é um dos nutrientes mais limitantes para a produção agrícola nos solos da região do Cerrado. Nesse sentido, a adubação fosfatada é uma prática fundamental no estabelecimento e manutenção de qualquer sistema agrícola nessas zonas onde está estabelecido o Cerrado. Levando em conta as considerações discutidas e as propriedades dos solos, para sistemas de cultivos anuais, em especial o milho, é recomendado utilizar manejo adequado para a adubação fosfatada, com o objetivo de aumentar a eficiência do uso de fósforo para obtenção de bons resultados em produtividade (FRANÇA, 2020).

Estando presente na matéria orgânica e em fontes minerais, o P possui um complexo ciclo no solo. O nutriente é encontrado na solução do solo e adsorvido aos colóides. O P na solução do solo está totalmente disponível para as plantas. Porém, a fração fixada é dividida em lábil, moderadamente lábil e não-lábil, caracterizada pela capacidade de retornar à solução do solo (Figura 3). A fixação é considerada uma forma de perda do nutriente, principalmente nos solos com altos teores de óxidos de ferro e alumínio (PITOMBEIRA, 2013).



Figura 3 - Ciclo do P no solo

Fonte: Pinto (2012)

Ressalta-se que a qualidade de um solo é considerada sob três aspectos principais: físicos, químicos e biológicos. Em termos de aspectos físicos, assume importância na avaliação do grau de degradação do solo e na identificação de práticas de uso sustentável. Sendo assim, qualquer alteração no solo pode influenciar diretamente na sua qualidade química e biológica (CARNEIRO, 2009).

2.3 A IMPORTÂNCIA DO FÓSFORO NA CULTURA DO MILHO

O fósforo é considerado um dos nutrientes mais importantes de produção da região do Cerrado, visto que em condições naturais, sua disponibilidade no solo é muito baixa. Logo, em tais condições, torna-se difícil e inviável a produção em larga escala, sem a intervenção humana. Diante disso, é indispensável o estabelecimento e a manutenção dos sistemas agrícolas nessa região, sobretudo na cultura do milho, no âmbito comercial no Cerrado (MIRANDA, 2021; SOUSA et al., 2016).

Destaca-se que a resposta das culturas à adubação fosfatada pode sofrer variações, que são dependentes da disponibilidade inicial de P no solo e de outros nutrientes, do tempo de contato com componentes da fase sólida do solo como óxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al), que são os agentes mais efetivos na adsorção do P (ROSSI, 2020). Vale salientar que a adubação fosfatada busca aumentar os índices de disponibilidade de P na solução do solo a níveis considerados satisfatórios (SOUSA et al., 2016). Segundo Almeida et al. (2016), a interação do P com alguns constituintes que estão no solo (alumínio, ferro e cálcio), ligado à sua ocorrência em formas orgânicas e sua lenta taxa de difusão na solução do solo, além da alta acidez torna o P menos disponível na rizosfera (ALMEIDA, 2019; CASTRO, 2016; CRUZ, 2013).

Diante desses argumentos, percebe-se que quando o P não é adicionado nos solos do Cerrado, os quais possuem baixa disponibilidade inicial do nutriente, as produtividades ficam abaixo do esperado e não atendem as expectativas. Todavia, observa-se uma maior produtividade quando a disponibilidade do P no solo está na classe adequada ou acima dela, em outras palavras, quando os teores do P extraídos pelo método da resina estão entre 15 a 20 mg dm⁻³. Para que ocorra tal processo, são necessárias adubações corretivas com doses entre 60 a 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅, para solos com teores iniciais de P classificados como muito baixo, de textura arenosa a muito argilosa (SOUSA et al., 2016; VINHA, 2021).

Dentre as formas de P encontradas no solo, as plantas o absorvem apenas nas formas iônicas H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} , através do contato íon-raiz. Em termos de exigência nutricional de fósforo, o milho carece de quantidades superiores no início de seu desenvolvimento. Posteriormente, o milho passa por uma fase de alta exigência até o florescimento, consumindo sua exigência máxima quando os grãos começam a encher. Estudos mostraram que a absorção de P, como S, Mg e Cu, segue uma taxa de absorção quase estável e altamente preditiva de V6 a R6 (BENDER, 2013; PAVINATO, 2007; VASCONCELLOS, 2015).

Na cultura do milho para cada tonelada de grão produzida são exportados 10 kg de P_2O_5 . Ele tem como função a formação de ATP (Trifosfato de adenosina), que é considerada a principal fonte de energia para a realização de processos como a fotossíntese, divisão celular, transporte de assimilados e carga genética. Além disso, o P promove o crescimento das raízes, favorecendo a absorção de água, desenvolvimento da plântula e torna a planta mais resistente a pragas e doenças. Os compostos fosfatados mais importantes nas plantas são os fosfatos de inositol, ácidos nucleicos (DNA e RNA), fosfolípidios, ATP e ADP, e ainda NADP (ALMEIDA et al., 2019; COELHO, 2006; MALAVOLTA, 2006; PAVINATO, 2007).

A carência de P nas plantas pode ocasionar alguns sintomas e acarretar diversos malefícios para a produção. Dentre eles, destaca-se que um dos primeiros sintomas observados de deficiência de P é a diminuição do crescimento das plantas. Em outras situações podem acarretar necrose, começando nas pontas das folhas e seguindo em direção à base, sendo que as folhas velhas são mais afetadas. A planta em especial, pode desenvolver coloração púrpura ou avermelhada nas bordas das folhas inferiores e no caule (Figura 4). Esse fator está relacionado com a acumulação de açúcares em plantas deficientes em P. Além disso, a planta fica muito susceptível ao ataque da lagarta-do-cartucho (FERREIRA, 2012). A deficiência de P também causa espigas malformadas, tortas, com falhas e maturação retardada e desuniforme (ALMEIDA, 2019).

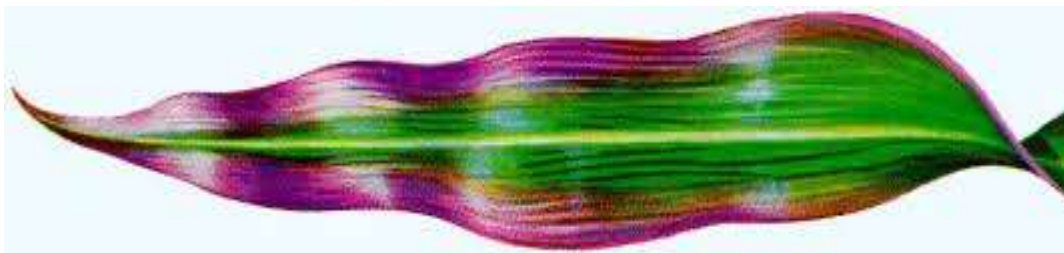


Figura 4 - Deficiência de fósforo na folha de milho

Fonte: IPNI (1993)

A deficiência de P ocasiona também o atraso na iniciação floral (ALMEIDA, 2019; KERBAUY 2008). Estudos de Carvalho et al. (2017) e Fidelis et al. (2009) demonstraram que, quando aplicadas maiores doses de P, as plantas de milho tiveram o florescimento feminino mais rápido. A ausência do P nos primeiros estádios da planta, também provoca menor quantidade de espigas por unidade de área, tendo com isso, menor produtividade (MENGE; KIRKBY, 1987).

Segundo apresentado por Almeida (2019), a deficiência de fósforo apresenta efeitos negativos no carregamento e descarregamento do floema, que são fatores importantes para a remobilização de hidratos de carbono, proteínas e outros compostos para o grão. Assim, o resultado são grãos com menores massas, tendo em vista que aproximadamente 90% do P absorvido são remobilizados para os grãos (ROSCOE; MIRANDA, 2013).

2.4 PARCELAMENTOS DE FÓSFORO NA CULTURA DE MILHO

A presença de altos teores de Fe e de Al nos solos ácidos do Cerrado dificulta a disponibilidade das formas lábeis de fósforo para as plantas. A planta com deficiência em fósforo apresenta sistema radicular reduzido, o que dificulta o principal processo de absorção de P, que é realizado por contato da raiz com o nutriente. A aplicação do P em linha, geralmente aumenta a utilização do fósforo solúvel em água. Principalmente quando a cultura está sendo desenvolvida em solos pobres de fósforo e com altos teores de Fe e Al (OLIVEIRA, 2001). Porém, como consequência da adubação localizada se tem uma pequena porção do sistema radicular que entra em contato com o P proveniente da adubação (PRADO, 2001).

Quando se promove uma mistura do adubo fosfatado com uma maior fração de solo, se obtém como resultado o aumento do uso do fertilizante fosfatado por plantas de milho (ANGHINONI, 1992; KLEPKER & ANGHINONI, 1996; NOVAIS et al., 1985). Segundo Anghinoni e Barber, (1980); Klepker e Anghinoni, (1993) esse aumento pode ser atribuído ao maior contato com o adubo fosfatado por uma maior quantidade de raízes, o que teoricamente reduziria o caminho entre a raiz e o P. Em decorrência da baixa mobilidade do P no solo, esse maior contato entre a raiz e o P é determinante para a utilização e boa eficiência dos adubos fosfatados, visto que a absorção do P ocorre pelo contato do nutriente com a raiz da planta, realizando a absorção do P de forma ativa por difusão (BARRETO, 2002; STRYKER et al., 1974).

A fração de solo que precisa ser adubada para garantir a melhor ação do P, depende da dosagem do fertilizante, pois menores doses devem ser aplicadas localizadas. Uma maior diluição do P em volume excessivo do solo pode ocasionar o aumento da adsorção do nutriente, favorecendo sua passagem para formas não-lábeis. Com isso, o melhor resultado na aplicação localizada se tem quando maior for o fator capacidade de P do solo (BARRETO, 2002). Diante esta afirmação, faz-se necessário estudos que fomentem modos de aplicação intermediária de P, buscando garantir um maior volume de solo fertilizado, sem que se tenham avanços significativos no sequestro de P pelo solo (PRADO, 2001).

Novais et al. (1985) observaram que o P se acumula na folha do milho de maneira desuniforme, devido a disponibilidade limitada em apenas uma parte do sistema radicular. O que não é visto quando fornecido em toda área radicular da planta, tendo uma distribuição interna na planta uniforme. Essa distribuição de P na planta em resposta ao contato do nutriente com as raízes indica que existe uma limitação na redistribuição interna dos nutrientes, que pode ser explicada pelo tipo de vascularização entre folhas e raízes do milho (ALVES et al., 1999; PRADO, 2001; STRYKER et al., 1974).

Em pesquisa realizada por Cruz et al. (2016), verificou-se que a adubação de P a lanço, apresenta uma maior produtividade de milho comparada à adubação no sulco de plantio, em solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, nas condições de fertilidade observadas pelo autor. O mesmo que foi observado por Barreto e Fernandes (2002) em estudo sobre doses e modos de aplicação fosfatada diante a produtividade e absorção de P pelas plantas em solo de tabuleiro costeiro, tendo como resultado que as plantas adubadas a lanço produziram uma maior quantidade de grãos e apresentaram menor demanda de adubos fosfatados para alcançar o máximo de produtividade (CRUZ, 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres, localizado no município de Ceres - GO, nas coordenadas geográficas 15°18'28''S e 49°35'52''W, com altitude de 590 m. O clima na região é AW, de acordo com a classificação de Köppen, caracterizado por clima tropical úmido com verão quente e chuvoso e inverno seco e ameno. O solo da área experimental (Figura 5) é de textura argilosa e classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (SANTOS, 2018). O manejo de solo foi do tipo cultivo mínimo, ou seja, apenas capina e abertura das linhas de forma manual.



Figura 5 - Vista do local do experimento no Instituto Federal Goiano – Campus Ceres – GO

Fonte: Google Earth (2022)

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com 5 repetições. Os tratamentos estudados foram cinco parcelamentos de fósforo plantio/cobertura: 100% e 0%; 75% e 25%; 50% e 50%; 25% e 75%; e 0% e 100% da dose recomendada aplicada em semeadura e aos 20 dias após o plantio, respectivamente. Como a recomendação de fósforo foi de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, as doses corresponderam a 120 e 0; 90 e 30; 60 e 60; 30 e 90; 0 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no plantio e em cobertura, respectivamente. A fonte de P utilizada na semeadura e em cobertura foi o superfosfato simples granulado, com 20 % de P₂O₅, contendo 16% de (Ca) e de 10% a 12% de enxofre (S).

A unidade experimental constituiu-se de quatro fileiras de 4,0 m de comprimento deixando-se 1,5 m entre parcelas e 2,0 m entre blocos (Figura 6). A área útil das parcelas correspondeu a 2 m das duas fileiras centrais de cada parcela.

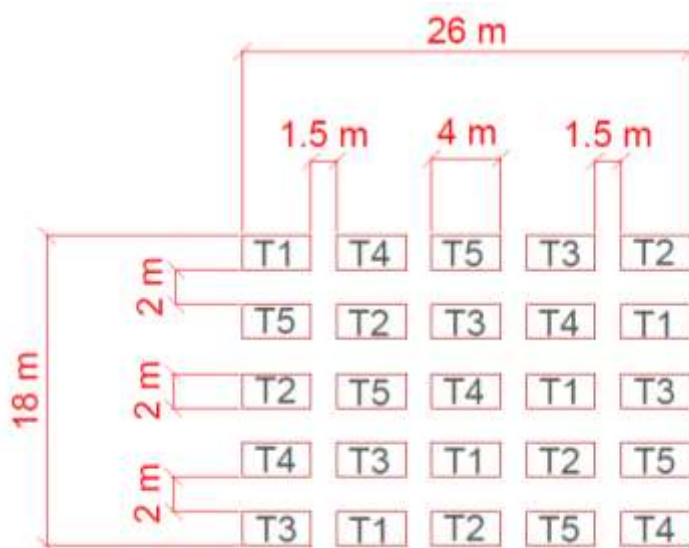


Figura 6 - Croqui do experimento

Fonte: Arquivo Pessoal (2019)

A semeadura foi realizada em 30 de novembro de 2019, com espaçamento de 0,50 m entrelinhas. Foram distribuídas 9 sementes por metro linear com posterior desbaste para manter *stand* de três plantas por metro linear, e com isso, população de 60.000 plantas ha⁻¹. A cultivar de milho utilizada foi a ‘Feroz Viptera3’, milho híbrido S1, de ciclo precoce, com amplitude de plantio para verão e safrinha.

O fósforo foi aplicado de forma parcelada na semeadura e após 20 dias do plantio, de forma incorporada em microsulcos a 0,05 m de profundidade e ao lado da linha de sementes, buscando disponibilizá-lo mais próximo da raiz da planta.

A recomendação dos demais nutrientes (N e K) foi realizada de acordo com, resultados da análise de terra (Tabela 1) e necessidade da cultura com aplicação de 324 kg ha⁻¹ no plantio e 216 kg ha⁻¹ em cobertura do formulado NPK 20-00-20, como fonte de N e K. A aplicação em cobertura foi junto aos tratamentos de P aos 20 dias após o plantio.

Tabela 1 - Resultados da análise química e física de amostras de solo da área experimental na profundidade de 0 a 0,20 m de profundidade. Ceres, GO, 2019

Profundidade	Ca	Mg	Al	H+Al	K	Areia	Silte	Argila
--------------	----	----	----	------	---	-------	-------	--------

(cm)cmol _c dm ⁻³g kg ⁻¹		
0-20	2,15	1,27	0,00	2,63	0,233	253	204	543
	Ca/Mg		Ca/CTC	Mg/CTC	H+Al/CTC		K/CTC	
%							
0-20	1,69		34,2	20,2	41,9		3,7	
	P _{Mehlich}	K	MOS	CO	pH _{CaCl}	V%	CTC	
mg dm ⁻³ mg dm ⁻³		-	%	cmol _c dm ⁻³	
0-20	4,4	91,0	16,80	9,7	5,2	58	6,28	

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

O manejo de plantas daninhas foi realizado por capina manual até as plantas de milho cobrirem totalmente o solo. Em relação às pragas e doenças não houve a necessidade de controle devido ausência ou baixo nível de infestação.

Após atingir o ponto de colheita em abril de 2020, foi realizada amostragem na área útil da parcela avaliando-se seis plantas em cada unidade experimental para as variáveis: altura da planta (AP), altura da inserção da espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), diâmetro da espiga (DE), número de fileiras de grãos (NF), número de grãos por fileira (NGF), peso de 100 grãos (PG) e produtividade (PROD). Para cálculo da produtividade foi utilizado além dos parâmetros de espigas supracitados, o *stand* final, a quantidade média de espigas por planta e peso médio de grãos por espiga. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística ANOVA (teste F), e comparação de médias pelo teste de Tukey.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme os resultados apresentados no resumo do quadro da Anova (Tabela 2), os parcelamentos de fósforo não influenciaram de forma significativa ($p < 0,05$) as variáveis estudadas com exceção de número de fileiras de grãos por espiga e o número de grãos por fileiras.

A seguir são discutidas as variáveis significativas e, não significativas estaticamente (Tabela 3). Em relação à variável número de fileiras de grãos (NF) (Tabela 3) foi observado que o tratamento em que o fósforo foi aplicado 100% em cobertura, apresentou maior média em relação aos demais parcelamentos. Esse parâmetro está relacionado a maior diâmetro da espiga e ou menor diâmetro do sabugo. No entanto, no presente trabalho diâmetro de espiga foi não significativo, devendo se confirmar pela correlação entre essas duas variáveis. Em termos de rendimento da cultura NF é um aspecto importante para definição da produtividade final juntamente com o número de grãos por fileira e o peso de 100 grãos.

Quanto à variável número de grãos por fileiras (NGF) (Tabela 3) o tratamento em que foi aplicado 25% do P no plantio e 75% em cobertura foi responsável por proporcionar maiores médias que os demais tratamentos. Castro et al. (2016), em cultivo de sequeiro, observaram que o fósforo exerce influência sobre os níveis de produtividade dos grãos, tendo uma maior expressividade nas variáveis número de grãos por espiga e massa de mil grãos, quando submetidas ao aumento das doses de fósforo.

Tabela 2 - Quadrado médio das variáveis altura da planta (AP), altura da inserção da primeira espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), diâmetro da espiga (DE), número de fileiras de grãos (NF), número de grãos por fileira (NGF), peso de 100 grãos (PG) e produtividade (PROD) para diferentes parcelamentos de P_2O_5 na cultura do milho. Ceres, GO, 2019

FV	AP	AIE	DC	DE	NF	NGF	PG	PROD
Tratamento	0,052 ^{ns}	0,019 ^{ns}	0,104 ^{ns}	0,089 ^{ns}	11,24 ^{**}	53,11 [*]	46,207 ^{ns}	3,782 ^{ns}
Bloco	0,142 ^{**}	0,179 ^{**}	0,439 ^{**}	0,242 ^{ns}	1,79 ^{ns}	205,277 ^{**}	187,107 ^{**}	10,475 [*]
Erro	0,026	0,018	0,067	0,161	2,473	16,992	40,460	4,062
CV%	7,59	13,03	13,86	8,7	11,03	11,62	23,68	25,22

¹ns = não significativo, * significativo a 5% pelo teste de Tukey, ** significativo a 1% pelo teste de Tukey. CV= coeficiente de variação.

Fonte: Arquivo pessoal (2022)

Em relação às variáveis altura da planta, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro de caule, diâmetro de espiga, peso de 100 grãos e produtividade, não houve diferenças nos tratamentos quando analisado estatisticamente, no entanto, houve tendências de aumento nas respostas pelos parcelamentos testados em algumas dessas variáveis.

Em relação à variável diâmetro do colmo, foi observado que o tratamento com 100% do fósforo aplicado na semeadura, tendeu em apresentar maiores valores (aproximadamente 8,4% em relação ao menor). Segundo Grant et al. (2001), o fósforo é um macronutriente importante para os estádios iniciais da cultura do milho, pois ele atua no crescimento radicular. Com isso, a exploração do solo pelo sistema radicular será maior melhorando a absorção de P e favorecendo o crescimento e desenvolvimento da planta, como maiores diâmetros de colmo.

Tabela 3 - Valores médios para altura da planta (AP), altura da inserção da primeira espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), diâmetro da espiga (DE), número de fileiras de grãos (NF), número de grãos por fileira (NGF), peso de 100 grãos (PG) e produtividade (PROD) para diferentes parcelamentos de P₂O₅ na cultura do milho. Ceres, GO, 2019

Parcel.	AP (m)	AIE (m)	DC (cm)	DE (cm)	NF	NGF	PG (g)	PROD (t ha ⁻¹)
100 e 0	2,11 a	1,02 a	1,93 a	4,56 a	14,60 ab	35,17 ab	27,80 a	8,36 a
75 e 25	2,08 a	1,04 a	1,84 a	4,58 a	13,63 b	34,40 b	28,13 a	8,28 a
50 e 50	2,17 a	1,03 a	1,78 a	4,61 a	13,80 b	36,07 ab	26,60 a	7,60 a
25 e 75	2,15 a	0,99 a	1,90 a	4,58 a	14,13 ab	37,50 a	24,97 a	7,64 a
0 e 100	2,18 a	1,05 a	1,88 a	4,70 a	15,13 a	34,30 b	26,80 a	8,09 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Arquivo pessoal (2022)

Para a variável peso de 100 grãos os tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas dos demais tratamentos (Tabela 3). Os tratamentos 75/25% e 100/0% plantio/cobertura aumentaram 12,6% e 10,1 % respectivamente essa variável em relação ao com 25% plantio/75% cobertura.

Segundo França (2020), a média geral dos seus tratamentos em termos de produtividade chegou a aproximadamente 6.600 kg ha⁻¹. Desse modo, o autor ressalta que o incremento de produtividade devido a P depende de condições climáticas ideais e manejos

adequados. A presente pesquisa apresentou produtividade superior ao referido trabalho para todos os tratamentos (Figura 7).

A adição de enxofre elementar ao solo proporciona redução do pH, ao ser oxidado por microrganismos (*Thiobacillus*), facilitando, assim, a solubilidade do fosfato natural reativo (FNR) (STAMFORD et al., 2004). A eficiência do uso dos adubos fosfatados é maior com a adição de enxofre (FRANDOLOSO, 2010). Com isso, é possível que o S aplicado com o superfosfato simples granulado influenciou positivamente na produtividade do experimento.

Em relação à produtividade, o parcelamento em que foram aplicados 100% do fósforo na semeadura não apresentou resultado significativo. A aplicação de 100% do P na semeadura apresentou incremento de produtividade de aproximadamente 1% em relação ao tratamento 75% e 25%; 9,96% em relação aos tratamentos 50% e 50%; 9,42% para o tratamento 25% e 75%, e 3,26% diante ao tratamento 0 e 100% de P plantio/cobertura. Os resultados indicam que, o fator mobilidade do fósforo (pouco móvel) pode ter sido mais importante que o fator sequestro. Ou seja, quanto maior o tempo de reação, maior é o sequestro, porém, por outro lado, pode ter havido maior mobilidade de P, e consequentemente, maior absorção pelos mecanismos interceptação, fluxo de massa e difusão.

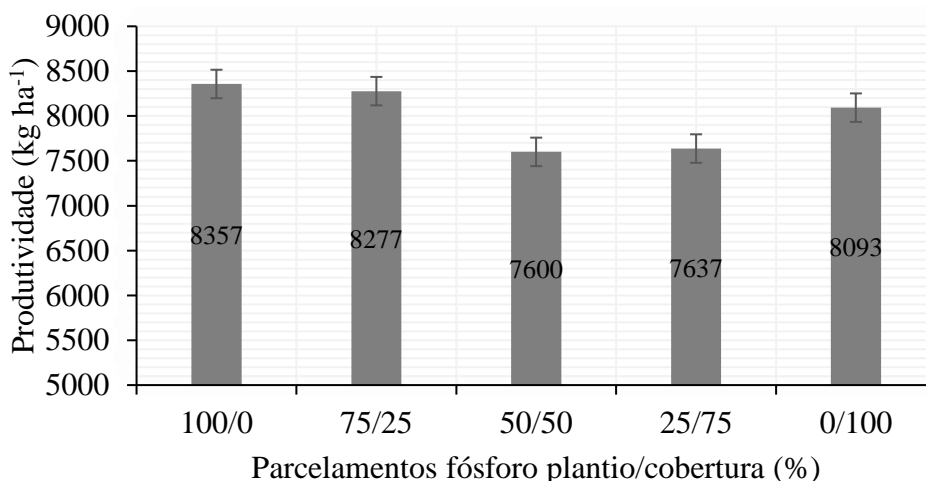


Figura 7 - Resultado de produtividade da cultura do milho sob o parcelamento de fósforo plantio/cobertura em, Ceres (GO)

Fonte: Arquivo Pessoal (2022)

O tratamento 100% e 0% apresentou incremento de produtividade de 757 kg ha⁻¹ (12,6 sacas) quando comparado com o tratamento 50% e 50%. A maioria dos produtores de

milho aplicam o fósforo todo no plantio, confirmando com base nessa pesquisa ser prática adequada.

Observa-se que mesmo a variável produtividade não apresentando resultado significativo estatisticamente, para o produtor a campo essa diferença de produtividade em kg ha^{-1} apresentada (Figura 7) é importante. Seguindo a cotação de Rio Verde – GO, na data de 05 de dezembro de 2022, a saca de milho estava precificada em R\$ 73,00 (CANAL RURAL, 2022). Nota-se uma diferença de R\$ 919,80 ha^{-1} , entre o tratamento em que foram aplicados 100% do P em plantio comparado com o tratamento parcelado 50% e 50% de P plantio/cobertura.

A produtividade observada nos tratamentos nesta pesquisa (Figura 7) foi acima da produtividade média para o estado de Goiás divulgada pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), em que as projeções indicaram uma produtividade média de 4,3 toneladas para a safra 2021/2022.

Segundo Dordas (2009), uma maior disponibilidade de fósforo pode contribuir para o aumento da produção de matéria seca, influenciando na distribuição dos fotoassimilados para os órgãos reprodutivos da planta, tendo por fim, aumento significativo na produtividade. Essa influência do P na produtividade do milho também é reportada por Kerbauy (2008), que atribui casos de baixas produtividades à deficiência de P, que tem como sintoma, o atraso na iniciação floral da planta de milho.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições do estudo o parcelamento de fósforo não melhora o desenvolvimento e produtividade da cultura do milho, exceto para número de fileiras de grãos por espiga e o número de grãos por fileiras.

A hipótese que o parcelamento pode melhorar a produtividade devido menor fixação às argilas, devido à diminuição do tempo de contato, não foi confirmada nesse trabalho.

A aplicação de todo o fósforo na semeadura é mais indicada para a produção de milho nas condições do experimento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROADVANCE. **Reações do fósforo no solo e práticas para minimizar efeitos**. 2021. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/reacoes-do-fosforo-no-solo-e-praticas-que-minimizam-estes-efeitos/>. Acesso em: 08 dez. 2022.
- ALMEIDA, A. F. de et al. Desempenho agrônômico e eficiência de utilização de fósforo por cultivares de milho. 2019.
- ALMEIDA, T. et al. Eficiência de fertilizante fosfatado protegido na cultura do milho. **Scientia agraria**, v. 17, n. 1, p. 29-35, 2016.
- ALVES, V. M. C. et al. Acúmulo de nitrogênio e de fósforo em plantas de milho afetadas pelo suprimento parcial de fósforo às raízes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 299-305, 1999.
- ANGHINONI, I. BARBER, S. A. Predicting the most efficient phosphorus placement for corn. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, n. 5, p. 1016-1020, 1980.
- ANGHINONI, I. Uso de fósforo pelo milho afetado pela fração de solo fertilizada com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 16, n. 3, p. 349-353, 1992.
- AQUINO, L. A. de et al. Parcelamento de fósforo em algodoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 1, p. 1-8, 2012.
- BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Produtividade e absorção de fósforo por plantas de milho em função de doses e modos de aplicação de adubo fosfatado em solo de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 151-156, 2002.
- BENDER, R. R. et al. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids. **Agronomy Journal**, v. 105, n. 1, p. 161-170, 2013.
- BLANCO, F. F. et al. Crescimento e produção do milho verde sob lâminas de irrigação e doses de fósforo. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. S1640-S1645, 2009.
- CANAL RURAL (Goiás). **Cotação / Milho**. 2022. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/cotacao/milho/>. Acesso em: 05 dez. 2022.
- CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 33, p. 147-157, 2009.
- 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. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 10, n. 02, p. 14-24, mai/ago. 2017.
- CASTRO, L. R. et al. Diferentes doses de fósforo e formas de aplicação na cultura do milho, em Barreiras-Bahia. **Agrarian**, v. 9, n. 31, p. 47-54, 2016.

COELHO, A.M. & ALVES, V.M.C. Adubação fosfatada na cultura do milho. In: **Simpósio sobre fósforo na agricultura brasileira**, Piracicaba, 2003. Anais. Piracicaba, Potafos/Anda, 2003. 31p. CD-ROM.

COELHO, Antonio Marcos et al. Fertilidade de solos: nutrição e adubação do milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2008.

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa, 2006. 10 p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2018/2019**. 2019. Disponível em: www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?. Acesso em: 04 de novembro, 2022.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries históricas das safras: milho**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 11 de novembro de 2022.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Estimativa do escoamento das exportações do complexo soja e milho pelos portos nacionais safra 2016/17**. Brasília. 2017.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Produção de grãos atinge recorde na safra 2021/22 e chega a 271,2 milhões de toneladas**. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4744-producao-de-graos-atinge-recorde-na-safra-2021-22-e-chega-a-271-2-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 08 set. 2022.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries Históricas de Área Plantada, Produtividade e Produção**, Relativas às Safras 1976/77 a 2015/16 de Grãos, 2001 a 2016 de Café, 2005/06 a 2016/17 de Cana-de-Açúcar. Conab - Companhia Nacional de Abastecimento, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252>. Acesso em: 26 Julho 2022.

CRUZ, F. A. A. A importância do cultivo do milho na sustentabilidade do agronegócio. **Fundação Bahia**, 2013.

CRUZ, J. C. et al. Milho: o produtor pergunta, a Embrapa responde. **Área de Informação da Sede-Col Criar Plantar ABC 500P/500R Saber (INFOTECA-E)**, 2013.

CRUZ, J. C. et al. **Milho: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

DORDAS, Christos. Dry matter, nitrogen and phosphorus accumulation, partitioning and remobilization as affected by N and P fertilization and source-sink relations. **European Journal of agronomy**, v. 30, n. 2, p. 129-139, 2009.

EMBRAPA. **Cerrado**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/contando-ciencia/bioma-cerrado>. Acesso em: 07 set. 2022.

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.

FRANÇA, D. R. et al. Manejo de aplicação de fósforo na cultura do milho. 2020.

FRANDELOSO, Jucenei Fernando et al. Eficiência de adubos fosfatados associados ao enxofre elementar na cultura do milho. **Revista Ceres**, v. 57, p. 686-694, 2010.

GONCALVES, JL M. et al. Cinética de transformação de fósforo-lábil em não-lábil, em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, n. 1, p. 13-24, 1989.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 95, p.1-5, 2001.

IPNI. International Plant Nutrition Institute. Informações Agronômicas Nº 63. **Seja o doutor do seu milho**. Brasil, 1993. Disponível em: [https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/article/BRS-3137/\\$File/Seja%20o%20doutor%20do%20milho%20vers%C3%A3o%201.pdf](https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/article/BRS-3137/$File/Seja%20o%20doutor%20do%20milho%20vers%C3%A3o%201.pdf). Acesso em: 20 ago. 2022.

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

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Modos de adubação, absorção de nutrientes e rendimento de milho em diferentes preparos de solo. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 2, n. 1, p. 79-86, 1996.

KLEPKER, D. & ANGHINONI, I. Phosphate uptake and corn root distribution as affected by fertilizer placement and soil tillage. **Trends in agriculture sciences**, 1:111-115, 1993.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

LOPES, A. S.; GUILHERME, G. L. R.; RAMOS, S. J. A saga do desenvolvimento agrícola no cerrado brasileiro. Regional Activities/Latin America, 2011. Disponível em: <https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/a-saga-do-desenvolvimento-agricola-no-cerrado-brasileiro.pdf>. Acesso em Set. 2022

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

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. Bern. **International Potash Institute**, p. 687-695, 4. ed. 1987.

MIRANDA, R. A. et al. **Sustentabilidade da cadeia produtiva do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021.

NIDERA SEMENTES. Somos Milhões. **Milho**. 2021. Disponível em: <https://somosmilhoes.com/milho-em-2021-principais-numeros/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

NIDERA SEMENTES. Somos Milhões. **Rabobank**. 2022. Disponível em: <https://somosmilhoes.com/rabobank-projecoes-para-milho-2022/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, MG, **Universidade Federal de Viçosa**, 1999. 399p.

NOVAIS, R.F.; FERREIRA, R.P.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Absorção de fósforo e crescimento do milho com sistema radicular parcialmente exposto a fonte de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 20:749-754, 1985.

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

OLIVEIRA, I. P. et al. **Modos de aplicação e doses de fósforo no crescimento do feijoeiro**. 2001.

OLIVEIRA, L. E. Z. de. **Biodisponibilidade de fósforo residual em diferentes manejos de solo e adubação**. 2018.

PAVINATO, P. S. **Dinâmica do fósforo no solo em função do manejo e da presença de resíduos em superfície**. 2007.

PINTO, F. A. Sorção e dessorção de fósforo em solos de cerrado. **Universidade Federal de Goiás**, 2012.

PITOMBEIRA, K. **Fosfatos naturais são econômicos**: Utilização de sais brasileiros promove economia do fertilizante solúvel através de maior eficiência agrônômica. 2013. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=25193&secao=Agrotemas>. Acesso em: 30 nov. 2022.

PORTAL DO AGRONEGÓCIO. **Agricultura cresce 460% no Cerrado desde 1985 e ocupa área maior que o Paraná**. 2021. Disponível em: <https://www.portaldoagronegocio.com.br/gestao-rural/analise-de-mercado/noticias/agricultura-cresce-460-no-cerrado-desde-1985-e-ocupa-area-maior-que-o-parana>. Acesso em: 30 dez. 2022.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; ROQUE, C. G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 83-90, 2001.

RESENDE, A. V. et al. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 453-466, 2006.

RINCÓN, L. E. C.; GUTIÉRREZ, F. A. A. Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. **Revista colombiana de Biotecnología**, v. 14, n. 1, p. 285-295, 2012.

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

ROSSI, A. C. M. et al. Distribuição vertical de fósforo no solo proveniente do superfosfato triplo. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e6049108894-e6049108894, 2020.

SÁ FERNANDES, M. de. Evolução da área plantada, produtividade e produção da cultura do milho no Brasil nos últimos 46 anos. In: **Anais Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar (ISSN-2527-2500) & Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar**. 2022.

SALDANHA, E. C. M. et al. Adubação fosfatada na cultura do milho no nordeste paraense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 4, p. 441-448, 2017.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. Brasília: **Embrapa Solos**, 2018. 357 p.

SILVA, N. M. da et al. Modo e época de aplicação de fosfatos na produção e outras características do algodoeiro. **Bragantia**, v. 49, p. 157-170, 1990.

SOUZA, A. E. de et al. Estudo da produção do milho no Brasil. **South American Development Society Journal**, v. 4, n. 11, p. 182, 2018.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado** (Informações Agronômicas, 102). Piracicaba, SP: Potafos. 2003.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. & REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G. & LOBATO, E., eds. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2002. p.147-168.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. Recomendação de adubação fosfatada com base na capacidade tampão de fósforo do solo para a região do Cerrado. In: **Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas**, 27., 2006, Bonito. Resumos expandidos... Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006.

SOUSA, D. M. G.; REIN, T. A.; SANTOS JUNIOR, J. **Manejo da adubação fosfatada para culturas anuais no cerrado**. 2016.

SOUZA NETO, J. M. de et al. **A produção de milho no sudoeste goiano: espacialização, cadeia produtiva e complementaridade**. 2019.

STAMFORD, N. P. et al. Atuação de *Acidithiobacillus* na solubilização de fosfato natural em solo de tabuleiro cultivado com jacatupé (*Pachyrhizus erosus*). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 75-83, 2004.

STRYKER, R. B.; GILLIAM, J. W.; JACKSON, W. A. Nonuniform transport of phosphorus from single roots to the leaves of *Zea mays*. **Physiologia Plantarum**, v. 30, n. 3, p. 231-239, 1974.

VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. dos. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **Bragantia**, v. 62, p. 111-118, 2003.

VANCE, C. P.; STONE, C. U.; ALLAN, D. L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, Lancaster, v. 157, n. 1, p. 423-447, 2003.

VASCONCELLOS, C. A. et al. Fósforo para o milho?: Embrapa Milho e Sorgo. **Revista Cultivar**, [S. l.], p. 1-1, 10 nov. 2015. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/fosforo-para-o-milho>. Acesso em: 08 set. 2022.

VINHA, A. P. C. et al. Adsorção de fósforo em solos de regiões tropicais. **Nativa**, v. 9, n. 1, p. 30-35, 2021.

ZANELATO, V. Agromove. **Fosfatagem**. 2022. Disponível em: <https://blog.agromove.com.br/fosfatagem/>. Acesso em: 30 dez. 2022.