



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
AELBRA EDUCAÇÃO SUPERIOR - GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO S.A.

CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

CURSO DE AGRONOMIA

ANDRÉ LUIS DURANTE SILVA

**ADUBAÇÃO FOSFATADA EM PLINTOSSOLOS PÉTRICOS
CONCRECIONÁRIOS COM DIFERENTES TEORES DE PETROPLINTITA NA
CULTURA DO MILHO**

**PALMAS/TOCANTINS
2021**

ANDRÉ LUIS DURANTE SILVA

**ADUBAÇÃO FOSFATADA EM PLINTOSSOLOS PÉTRICOS
CONCRECIONÁRIOS COM DIFERENTES TEORES DE PETROPLINTITA NA
CULTURA DO MILHO**

Trabalho apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia (TCC) do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA)

Orientadora: Dra. Michele Ribeiro Ramos

PALMAS/TOCANTINS
2021

RESUMO

O Fósforo P possui grande capacidade de ser adsorvido no solo e por este motivo é necessário a realização de técnicas de manejo eficientes nas áreas dos sistemas de produção. Assim, este trabalho teve como objetivo verificar o comportamento de diferentes doses de Fósforo em Plintossolos Pétricos Concrecionários com diferentes quantidades de petroplintitas e correlacionar os caracteres agronômicos da cultura do milho. O experimento foi instalado em casa de vegetação da Ceulp Ulbra de Palmas - TO. Foram utilizados 36 vasos, cada vaso recebeu um total de 10 kg de solo independente de ser com cascalho e sem cascalho, com seguintes tratamentos porcentagem de cascalho com 30%, 40% e 70% e doses de P (150 mg kg^{-1} de solo, 200 mg kg^{-1} de solo e mg kg^{-1} de solo. A altura de planta teve uma diferença significativa na porcentagem de 70% de cascalho onde se obteve uma altura menor em comparação as outras porcentagens, já sobre as dosagens não teve diferença significativa na altura de planta. O diâmetro do colmo não teve diferença significativa. Comprimento e a massa da espiga teve diferença significativa na dosagem de 150 mg.kg^{-1} de solo em comparação as outras dosagens, diâmetro da espiga em função das dosagens não teve diferença significativa. Em função da porcentagem de cascalho a altura de planta e a massa da espiga teve diferença significativa na porcentagem de 70% obtendo um menor valor em comparação as outras porcentagens. Número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira da espiga em função das doses não teve diferença significativa, já a massa de grãos por espiga teve diferença significativa na dosagem de 150 mg kg^{-1} de solo tendo uma menor massa. Número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira da espiga, massa de grãos por espiga (g) em função das porcentagens de cascalho teve diferença significativa apenas na massa de grãos por espiga na porcentagem de 70% de cascalho. E a interação em função das doses vs a porcentagem de cascalho onde teve maior foi na dosagem de 200 mg kg^{-1} de solo na porcentagem de 0% de cascalho.

Palavras-chave: Fósforo. Dose. Comparação. Planta

ABSTRACT

Phosphorus P has a great capacity to be adsorbed in the soil and for this reason it is necessary to carry out efficient management techniques in the areas of production systems. Thus, this work aimed to verify the behavior of different doses of Phosphorus in Concretionary Petric Plinthosols with different amounts of petroplinthites and to correlate the agronomic characters of the corn crop. The experiment was installed in a greenhouse at Ceulp Ulbra de Palmas - TO. Thirty-six pots were used, each pot received a total of 10 kg of soil regardless of whether it was gravel or gravel, with the following treatments: gravel percentage with 30%, 40% and 70% and P doses (150 mg kg⁻¹ soil, 200 mg kg⁻¹ soil and 300 mg kg⁻¹ de soil). The height of the plant had a significant difference in the percentage of 70% of gravel where it was obtained a lower height compared to the other percentages, as for the dosages there was no significant difference in plant height. The stem diameter had no significant difference. Ear length and mass had a significant difference at the dosage of 150 mg kg⁻¹ de soil compared to the other dosages, ear diameter as a function of dosages had no significant difference. Depending on the percentage of gravel, the plant height and ear mass had a significant difference in the percentage of 70%, obtaining a lower value compared to the other percentages. Number of grain rows per ear, number of grains per ear row in function the dose had no significant difference, whereas the grain mass per ear had a significant difference in the dosage of 150 mg kg⁻¹ de soil having a smaller mass. Number of grain rows per ear, number of grains per ear row, grain mass per ear (g) as a function of gravel percentages had significant difference only in grain mass per ear at 70% gravel percentage. And the interaction as a function of doses vs the percentage of gravel where it had the highest was in the dosage of 200 mg kg⁻¹ de soil at the percentage of 0% gravel.

Keywords: Phosphor. Dose. Comparison. Plant

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 PROBLEMA	7
1.2 JUSTIFICATIVA	8
1.3 HIPÓTESES.....	9
2 OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GERAL	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3 REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1 ADSORÇÃO DE FOSFORO.....	11
3.2 A PROBLEMÁTICA DOS PLINTOSSOLOS PÉTRICOS CONCRECIONÁRIOS	15
3.3 CULTURA DO MILHO	16
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4.1 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO	18
4.3 AVALIAÇÕES DAS PLANTAS.....	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
6 CONCLUSÕES	34
REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que o Cerrado é definido como o segundo maior bioma brasileiro. No bioma Cerrado predomina os Latossolos, sendo responsáveis por 46% dos solos, os quais possuem elevadas potencialidades para cultivo, porém apresenta certas limitações, tais como: baixa fertilidade natural, aumento da acidez, elevada saturação de alumínio e diminuição na saturação de bases. Além dos Latossolos, também existem os Plintossolos, Cambissolos, Neossolos, Argilossolos, Nitossolos e Gleissolos (PINTO, 2012).

Os Plintossolos são solos minerais com horizonte plíntico ou litoplíntico (petroplíntico). São solos formados sob condições de restrição à percolação da água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, de forma geral mal drenados, caracterizando-se como solos que apresentam expressiva plintitização com ou sem petroplintita ou horizonte litoplíntico (MUNIZ, 2015).

A plintita constitui-se de argila, pobre em C orgânico e rica em Fe, ou Fe e Al, com quartzo e outros minerais. A petroplintita é uma materialização proveniente do endurecimento irreversível da plintita. A variabilidade desses solos está relacionada a litologia, hidrologia, clima e aspectos geomórficos. A petroplintita é extremamente firme e dura. Em outras palavras, a petroplintita são nódulos e concreções ferruginosas provenientes da plintita sob ciclo de umedecimento e secagem (MIGUEL et al., 2013). Os Plintossolos são heterogêneos entre eles, por apresentar teores diferentes de cascalho.

No caso da disponibilidade do fósforo (P), este nutriente é encontrado em pequenas concentrações, sendo que a sua disponibilidade para as culturas irá depender da adsorção através dos óxidos e precipitação com o alumínio (Al) e o ferro (Fe). No Cerrado, o fósforo por possuir uma forte interação com o solo, tem baixa disponibilidade natural nos Latossolos, sendo altamente exigido pelas grandes culturas (p. ex. soja, milho, algodão etc.) e ainda é o nutriente mais utilizado na adubação de culturas (BONFIM-SILVA et al., 2014).

Se existe problemas de fixação do P nos Latossolos, provavelmente os Plintossolos também apresentam o mesmo problema, uma vez que esse tipo de solo apresenta predominantemente sua matriz latossólica, agravada pela presença da fração grosseira, representada pelas petroplintitas, e certamente o processo de disponibilização desse nutriente nessa classe de solo ocorrer de forma peculiar.

Leite et al. (2017) destacam que o P disponível no solo está parcialmente presente para as culturas e isso ocorre, devido os processos de constituição de precipitados do P com Ca em áreas alcalinas ou Al e Fe em solos ácidos, por fixação em colóides minerais e por adsorção específica do P aos óxidos de Fe e Al. Os autores destacam que diversas pesquisas apontam que 92% das coletas de amostras de solos do Cerrado apresentam teor de P disponível inferior a 2 mg dm⁻³. O P é um nutriente importantíssimo às plantas, sendo o mesmo de baixa solubilidade e mobilidade no solo, encontrado especialmente no formato de ortofosfato, que é proveniente do ácido fosfórico. O P tem absorção pelas raízes através do processo de propagação, que deriva especialmente da ligação com a umidade do solo, da interação com suas partículas e superfície radicular.

De acordo com Bastos et al. apud Saldanha et al., (2017) o milho é uma planta de desenvolvimento intenso e ciclo curto e por este motivo é uma cultura que exige maior nível de fósforo em solução e reposição mais rápida do P-adsorvido quando comparada a plantas perenes. A principal maneira que o íon fosfatado atinge a rizosfera é através do processo de difusão, caracterizado por apresentar valores muito baixos.

Assim, a utilização de doses corretas de adubação é de suma importância para se conseguir o máximo de potencial produtivo, porém a adubação acaba sendo afetada pelas condições dos solos e por este motivo é importante buscar doses adequadas para cada tipo de solo, uma vez que a variabilidade de solos pode provocar diferentes efeitos da adubação, influenciando na menor ou maior disponibilidade.

1.1 PROBLEMA

O problema é adsorção do P em solos intemperizados. O problema é o comportamento de adsorção do P em solos de textura pedregosa (Plintossolos). Já que os agricultores fazem o mesmo manejo para ambos os solos. Como eles ocorrem juntos na paisagem, o produtor não faz uma recomendação separada para o lato e outra para o plintossolo. A recomendação do Fosforo em solos de textura cascalhenta é feita com base na análise da terra fina, utilizando-se a mesma recomendação usada para solos sem cascalho, a exemplo do Latossolo. Durante o processo de análise de solo, o cascalho coletado junto com a terra fina é descartado pela peneira de 2 mm, sendo o laudo elaborado a partir da

terra fina, desconsiderando o volume de pedra. Desta forma, pode ocasionar uma superestimativa dos teores dos elementos e sobretudo uma super adubação, considerando que os Plintossolos Pétricos Concrecionários podem ter até 70% de cascalho, e portanto, esse volume é ignorado nos laudos de análise química e também nas recomendações de adubação.

1.2 JUSTIFICATIVA

Os Latossolos e os Plintossolos, são solos de baixa fertilidade natural, e grau de evolução pedogenética fortemente influenciada por materiais de origem pelíticos e psamíticos, além das variações do relevo (SANTANA; LACERDA, 2008). Conforme as características mineralógicas, a deficiência de P é um dos principais fatores nutricionais que limitam a produção nos solos do cerrado. Outro fator é a alta capacidade de fixação desse nutriente nos complexos de troca aniônica com o Fe (Óxido de Ferro) e Al (Alumínio) (ROSSI, 2009).

Grande parte dos solos possuem teores de P abaixo de 2mg dm^{-3} , valor considerado baixo em relação aos níveis críticos determinados para a região do estado do Tocantins. Outra colocação é que o excesso de Al pode acabar interferindo na absorção e uso de P, além dos demais nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas (ROSSI, 2009). Camargo et al., (2010) colocam que do P aplicado no solo, aproximadamente 90% são adsorvidos ou precipitado após a aplicação. O Fe, o Al, o teor de argila e o pH envolvem-se no processo de adsorção do P no solo, sendo que esse processo também pode ser proporcionado pelos baixos teores de matéria orgânica.

Esse aspecto é o principal motivo da baixa eficiência de P, sendo que nos solos do cerrado, como é o caso do estado do Tocantins, em culturas anuais, a média de recuperação de P é de aproximadamente 35%. Assim, os gastos com adubação fosfatada nos solos de cerrado correspondem, a um dos investimentos mais altos na atividade agrícola (CAMARGO et al., 2010).

O estado do Tocantins é composto, na sua grande maioria por Plintossolos e Latossolos, sendo os Plintossolos compostos por uma fração grosseira (cascalho) de petroplintitas que varia em suas proporções em relação a terra fina. Porém, o agricultor quando inicia a produção de uma determinada cultura, costuma realizar o manejo de ambos os solos da mesma maneira, não levando em consideração as diferenças entre eles. Como o volume de solo dos

Plintossolos é tão variável, e a proporção da terra fina em relação a quantidade de cascalho é desproporcional, o resultado da análise de solo não representa a situação real do campo, ocasionando assim um aporte de nutrientes muito superior ao necessário, provocando uma super adubação e/ou super calagem.

Assim este estudo se justifica por proporcionar um estudo que irá contribuir para que o agricultor obtenha conhecimentos sobre a importância do manejo correto entre esses dois tipos de solo, uma vez que o mesmo pode estar desperdiçando adubo no Plintossolo e por consequência aumentando os custos da produção de determinada cultura. Sabe-se que, cada vez mais, os produtores estão produzindo nestes solos, sem, porém, possuírem informações científicas ou práticas de como realizar o manejo nestes solos com excesso de cascalho. Almeida et al., (2020) ressaltam que nos Plintossolos pétricos o sucesso dos cultivos é bastante variável, um exemplo disso é que em diversas propriedades do estado do Tocantins, que cultivam soja em solos com cascalho, foi verificado uma produtividade que variou de 45 a 70 sacos/ha, sendo que essa variação ocorreu devido a diferença entre os solos no que diz respeito a quantidade de cascalho, tamanho do cascalho, fração da terra fina (arenosa, média ou argilosa), volume de chuvas, teor da matéria orgânica, além do manejo adotado por cada produtor quanto a época de semeadura, correção da acidez e adubação, escolha da cultivar, uso de plantas de cobertura do solo, manejo fitossanitário, dentre outros.

Percebe-se que, de qualquer maneira, essas informações demonstram que pelo menos parte dos Plintossolos Pétricos o cultivo agrícola pode ser viável, porém é importante conhecer o tipo de Plintossolo e adotar práticas de manejo que potencialize o desempenho das culturas.

1.3 HIPÓTESES

Hipótese. 1: Os Plintossolos Pétricos Concrecionários necessitam de menor quantidade de adubação fosfatada do que o Latossolos.

Hipótese. 2: O percentual de petroplintitas pode afetar a recomendação da adubação fosfatada em Plintossolos Pétricos Concrecionários.

Hipótese. 3: Aplicação dos teores normais de Fósforo está provocando a superadubação fosfatada nos Plintossolos Pétricos Concrecionários.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Verificar a influência das quantidades de cascalho presentes em Plitossolos Pétricos Concrecionários em função das diferentes doses do Fosforo na cultura do milho.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os caracteres de produtividade do híbrido de milho 8700 Pró
- Avaliar os caracteres de desenvolvimento vegetativo da cultivar de milho 8700 Pró
- Verificar se existe relação doses de fosforo e teores de cascalho na produtividade da cultivar de milho 8700 Pró

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ADSORÇÃO DE FOSFORO

O fósforo é essencial para o desenvolvimento das plantas, sendo um dos nutrientes chaves para a expansão agrícola no Brasil, uma vez que a grande parte dos solos existentes no Brasil possui baixa disponibilidade de fósforo (PAVINATO et al., 2021). Por causa da baixa disponibilidade de fósforo nos solos, especialmente nos mais intemperizados, é necessária a aplicação de doses elevadas deste nutriente para a produção agrícola. Além da deficiência de P, os solos dos cerrados apresentam grande capacidade de adsorção de fosfato, o que limita a produtividade de culturas. Esse fenômeno acontece quando os óxidos estão carregados positivamente, e assim apresentam uma alta capacidade de fixação de fosfato (MOURA et al., 2015).

O fósforo é um nutriente que possui três problemas no que diz respeito a fertilidade do solo:

- I. O baixo teor de P no solo e a sua disponibilidade para as plantas, pois quando comparada com a de outros nutrientes, geralmente não ultrapassa mais que 10-25% (em relação ao nitrogênio), e 5% comparado ao potássio;
- II. A baixa solubilidade dos compostos de P, geralmente presenciado nos solos, o que torna esse nutriente pouco disponível à absorção pelas plantas;
- III. As alterações para formas não-lábeis (adsorção), quando, na forma de resíduos orgânicos e/ou de fertilizantes, fontes solúveis de fósforo são adicionadas ao solo. É importante ressaltar que quando se adiciona fontes solúveis de P ao solo, forma-se compostos não reativos e do total de fertilizantes aplicados, geralmente, apenas uma fração pequena de P é absorvido pelas culturas no ano de aplicação (ROSSI et al., 2013).

Um solo pode alterar sua função de fonte ou dreno de fósforo (P) de acordo com o processo de intemperismo. Essa alteração acontece para atender as necessidades das plantas ou competir com elas, fixando o P adicionado ao solo em sítios ativos. Os sítios ativos positivos fazem com que ocorra aumento da capacidade de adsorção de ânions, sendo que os sítios positivos são formados especialmente por hidróxidos de ferro e alumínio. Os processos de

dessorção e adsorção de P no solo consideram dois compartimentos interligados, a solução do solo e a fase sólida, essa última armazena o nutriente que abastece a primeira (OLIVEIRA et al., 2014).

A adsorção de P no solo está relacionada com a quantidade da presença ou adição deste nutriente, e promove equilíbrio entre estes dois fatores. Nos solos argilosos é comum acontecer uma maior adsorção de P, especialmente nos mais intemperizados, onde a relação intensidade e quantidade são maiores, quando comparado ao solo arenoso. Essas isotermas demonstram que a adsorção de fósforo aumenta conforme a concentração do elemento em solução de equilíbrio. Quando os solos são altamente intemperizados a eficiência de P é geralmente baixa devido boa parte do P adicionado ficar imobilizado no solo devido reações de precipitação, adsorção e fixação em colóides minerais (PELUCO et al., 2015).

A aplicação de fontes solúveis de P, como é o caso dos superfosfatos, provoca a disponibilidade imediata de P para as plantas, levando a uma preferência na utilização destes durante as adubações de ciclo curto (p. ex. grãos), uma vez que os Latossolos conseguem realizar uma boa fixação do P devido a acidez e aos altos teores de óxidos de ferro e de alumínio (REZENDE et al., 2016). Freitas (2017) ressalta que a aplicação de adubos fosfatados em solos tropicais é necessária devido o teor de P solúvel ser muito baixo, sendo que a adubação fosfatada aumenta a concentração desse elemento a níveis superiores, suprimindo a necessidade da planta. O P advindo da aplicação do fertilizante, aos poucos se transforma em formas menos disponíveis, mediante a reação com compostos insolúveis precipitados ou através da difusão para o interior dos óxidos.

A dinâmica do fósforo no solo está relacionada aos fatores ambientais, especialmente aqueles fatores que controlam a atividade microbiana, que são responsáveis por favorecer a imobilização ou liberação dos íons ortofosfatos. Existem outros fatores que interferem nesse processo, tais como as propriedades mineralógicas e físico-químicas dos solos. Destaca-se que parte do P na solução do solo é imobilizada pelos microrganismos, que ao completarem seu ciclo de vida disponibilizam esse fósforo, porém uma parcela é mineralizada e a outra fração permanece no solo na forma de compostos orgânicos. Conhecer o ciclo biogeoquímico do nutriente é essencial para o

melhoramento da biociclagem do fósforo no solo. Conhecer como este nutriente se comporta no sistema solo ajuda a evitar problemas ambientais provocados pela grande quantidade de P aplicados no solo (FREITAS, 2017).

Para uma maior disponibilidade de P no solo é necessário aderir a sistemas de manejo agropecuários conservacionistas, que favoreçam a preservação da matéria orgânica do solo, especialmente no que diz respeito ao aumento do Po (fósforo orgânico), reduzindo os efeitos da adsorção inorgânica de fósforo na fase mineral do solo. É importante destacar que em sistema de plantio direto o P está disponível em uma maior concentração nas camadas mais superficiais, estabelecida especialmente entre 0 a 7cm, e isso acontece devido a localização da adubação, ausência de revolvimento do solo, menor erosão e pela ciclagem de nutrientes através das plantas. No sistema convencional, a distribuição de nutriente ocorre conforme a profundidade de revolvimento (ROTTA, 2012).

Rossi et al., (2020) analisaram a movimentação vertical de P em solos arenosos, médios e argilosos, utilizando o superfosfato triplo, sendo que o solo argiloso foi o que melhor respondeu à adubação utilizada. Nos solos de textura média e o arenoso, a mobilidade de P foi pequena, ficando retido nas camadas mais superficiais destes solos. Os autores destacam que o manejo é essencial para a conservação das características químicas e físicas do solo, pois, estas características interferem diretamente na disponibilidade de nutrientes no solo, como é o caso do fósforo. É importante destacar que a movimentação vertical do fósforo no solo depende, também, da adsorção desse nutriente nos compostos do solo. Os solos que se apresentam mais argilosos possuem maior adsorção na presença de minerais que viabilizam esse fenômeno, como é o caso dos oxidróxidos de Ferro e Alumínio, matéria orgânica, aluminossilicatos, dentre outros.

O processo de adsorção de P no solo também foi foco da pesquisa de Vinha et al., (2021). Neste estudo os autores destacaram que a quantidade de argila presente no solo interfere na adsorção de P, devido alto conteúdo de óxidos, especialmente em Latossolos. Assim, a adsorção de fósforo é positivamente influenciada pelo teor de argila, porém é negativamente influenciada pelo teor de matéria orgânica. Os autores destacaram que o pH e Al^{3+} possuem papel secundário no que diz respeito à adsorção de P no solo ao

compararem solos de grande diferença de textura. Por causa da baixa disponibilidade de fósforo nos solos, especialmente nos mais intemperizados, é necessária a aplicação de doses elevadas deste nutriente para a produção agrícola. Além da deficiência de P, os solos dos cerrados apresentam grande capacidade de adsorção de fosfato, o que limita a produtividade de culturas. Esse fenômeno acontece quando os óxidos estão carregados positivamente, e assim apresentam uma alta capacidade de fixação de fosfato (MOURA et al., 2015).

O fósforo é um nutriente que possui três problemas no que diz respeito a fertilidade do solo:

- IV. O baixo teor de P no solo e a sua disponibilidade para as plantas, pois quando comparada com a de outros nutrientes, geralmente não ultrapassa mais que 10-25% (em relação ao nitrogênio), e 5% comparado ao potássio;
- V. A baixa solubilidade dos compostos de P, geralmente presenciado nos solos, o que torna esse nutriente pouco disponível à absorção pelas plantas;
- VI. As alterações para formas não-lábeis (adsorção), quando, na forma de resíduos orgânicos e/ou de fertilizantes, fontes solúveis de fósforo são adicionadas ao solo. É importante ressaltar que quando se adiciona fontes solúveis de P ao solo, forma-se compostos não reativos e do total de fertilizantes aplicados, geralmente, apenas uma fração pequena de P é absorvido pelas culturas no ano de aplicação (ROSSI et al., 2013).

Moura et al., (2015) acrescentam que, o solo é capaz de assumir o papel de dreno ou de fonte de P, quando apresentar favoráveis reservas à planta ou quando compete com ela, fixando parte do P adicionado em forma de fertilizante. Os solos mudam de fonte para dreno quando estão em condições tropicais, uma vez que o intemperismo é mais expressivo, o que acaba tornando esse solo mais eletropositivo e com expressiva capacidade de adsorver e reter ânions, como é o caso do fosfato. Em certos casos, como é o caso dos solos argilosos do cerrado brasileiro, pode ocorrer a adsorção de mais de 2 mg cm^{-3} de P, o que equivale a 4.000 kg ha^{-1} de P incorporado na camada de 0-20 cm de profundidade. Metade desse valor pode ser fixada, que corresponde ao P não-lábil, em até um mês de contato com o solo.

No território nacional, os Plintossolos correm em apenas 7% do total da área, porém o estado do Tocantins, possui 35% da sua área total permeada por esse tipo de solo. Como esses solos possuem excesso de cascalho em sua composição, os mesmos têm sua capacidade de retenção e água diminuída, o que dificulta uma série de práticas agrícolas necessárias para o desenvolvimento das plantas cultivadas. O desconhecimento de práticas de manejo adequadas às estas condições provoca prejuízos e insucessos à agropecuária, além de degradar esses solos (ALMEIDA et al., 2020).

3.2 A PROBLEMÁTICA DOS PLINTOSSOLOS PÉTRICOS CONCRECIONÁRIOS

Os solos tocantinenses apresentam diversas características, dentre elas está a grande quantidade de Plintossolos. Esse tipo de solo é formado sob restrição à percolação da água, são mineralizados, sujeitos a efeito temporário de excesso e umidade, geralmente imperfeitamente ou mal drenados, além de possuir expressiva plintitização com ou sem petroplintitas (EMBRAPA, 2018). A plintita é formada a partir da mistura de argila, rica em ferro e pobre em carbono orgânico, ou alumínio e ferro, com frações de quartzo e outros minerais (NIKKEL; LIMA, 2020).

É um material rico em óxido de ferro e por este motivo é distinto do solo e pode ser encontrado de maneira laminar nodular, irregular ou esferiodal, com diâmetros maiores que 2mm, firme quando está úmido e muito dura quando está seca. As petroplintitas, depois de ciclos repetitivos de ressecamento e umedecimento sofrem consolidações vigorosas, ganhando aspecto pétrico de maneira irreversível (EMBRAPA, 2018). Apesar dos Plintossolos não apresentarem características desejáveis do ponto de vista agrônômico, o uso agrícola deste tipo de solo não chega a ser um empecilho, para o cultivo de culturas de interesse econômico, como é o caso do milho e da soja, que exigem considerável mecanização agrícola (NIKKEL; LIMA, 2017).

Nikkel e Lima (2020) ressaltam que, alguns agricultores têm comentado que a produtividade neste tipo de solo é menor quando comparado à outras ordens de solos, como é o caso dos Latossolos. Talvez isso se justifica devido um maior gasto de fotoassimilados pelas plantas no sistema radicular, pois as concreções de petroplintita, quando em horizonte concrecionário em posição

diagnóstica, atuam como ambiente restritivo para o livre crescimento das raízes, assim como, interferem na percolação de água no perfil do solo.

Em um Plintossolo existem algumas estratégias de manejo que podem contribuir para o aumento da atividade biológica, como é o caso da adição de adubos orgânicos, incremento de biomassa microbiana do solo e uso de plantas de cobertura, que podem viabilizar a disponibilidade de P para as plantas, como resultado dos processos de ciclagem biológica deste elemento em solos altamente intemperizados. É importante acrescentar que a proporção da fração de P em relação a formas lábeis totais de P representa uma porção de P que pode ser facilmente mineralizada por meio de processos biológico (MOURA et al., 2015).

3.3 CULTURA DO MILHO

O Milho (*Zea mays* L.), pertencente à família das gramíneas, ou *Poaceae*, é um dos cereais mais importantes cultivados e consumidos em todo o mundo e isso se dá devido o seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo. É um cereal que possui um vasto mercado de aplicação, podendo ser consumido na alimentação humana, alimentação animal, além de possuir um importante papel socioeconômico e de ser uma indispensável matéria-prima que impulsiona diversificados complexos agroindustriais (EIRAS; COELHO, 2011).

Estados Unidos e China juntos são responsáveis por 58% da produção mundial do milho. Somando o Brasil, a União Européia aos Estados Unidos e China a representatividade é de 72% da produção global. Países como Argentina, Índia, México, Ucrânia e Canadá, também se destacam com o crescimento acentuado na produção. Em todo o mundo, a safra do milho, desde as safras de 2000 até 2018, subiu de 591 milhões para 1 bilhão de toneladas, o que constitui um aumento de 82% na área produzida. Um dos motivos que justifica esse aumento é o uso do grão como constituição da ração animal na produção de frango e suíno (CONTINI et al., 2019).

Mundialmente, o milho tem uma projeção de produção em torno de 1,16 bilhões de toneladas, sendo que destas, cerca de 60,0% devem ser destinados a alimentação animal, 13,4% ao consumo humano e 15,5% à produção de bicomcombustível. Atualmente, no Brasil estão sendo usadas no etanol cerca de 850 mil toneladas de milho. A capacidade industrial até final de 2019 era de 4,8

milhões de toneladas (CONTINI et al., 2019).

Segundo a CONAB (2021) a expectativa de produção total de milho para a safra 2020/2021 é de 109 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 6,3% em relação à safra 2019/2020. As projeções de consumo são de 72,2 milhões de toneladas, e a previsão de importação é de 1 milhão de toneladas e de exportação é de 35 milhões de toneladas para a safra 2021/2021. No Brasil, o milho é cultivado, geralmente, em dois períodos do ano denominados de safra e safrinha, resultado da entressafra.

O milho é um cereal cultivado em todas as regiões brasileiras e sua produção acontece em diferentes épocas do ano devido as condições climáticas de cada região. No verão, o cultivo denominado de primeira safra, é o semeio realizado na primavera/verão e predomina na maioria das regiões produtoras, com exceção das regiões Norte e Nordeste, em que, o período de semeadura é denominado de segunda safra e realizado a partir do mês de janeiro devido a maior concentração de chuvas. Na região Centro-Sul, o cultivo do milho, realizado após a colheita da soja, com a semeadura concentrada no verão/outono, é denominado de safrinha. Para padronização das estatísticas, a Conab realiza seus estudos e estatísticas considerando segunda safra todo o cultivo do milho realizado após o mês de janeiro (CONTINI et al., 2019).

O Mato Grosso é o principal produtor nacional, acompanhado do Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. Todos estes estados juntos produziram 74,2% da safra nacional de milho em 2019/2020. Na safra de 2016/2017 a produção brasileira teve uma colheita recorde que foi de 97,8 milhões/t, podendo atingir, nas próximas décadas, 121,4 e 182,7 milhões/t. Esse crescimento é esperado devido a grande importância do milho no mercado nacional e internacional, além do crescimento do milho de segunda safra. As exportações devem impulsionar a produção do milho, projetadas para crescer 51,1%, correspondendo a um volume de 39,0 milhões de toneladas. Quanto ao consumo interno, ele deve aumentar 23,0% em relação a 2019 e as projeções de exportação para o milho do Brasil são de 44,8 milhões de toneladas em 2027/2028 (SOUZA; LUIS; PILETTI, 2016).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento em vaso que foi implantado e conduzido na casa de vegetação do Ceulp Ulbra de Palmas no Estado do Tocantins, a uma altitude de 213 metros.

Dados do INMET (2019), o clima da região é classificado como C2wA“a” (clima úmido, com moderada deficiência hídrica no inverno), apresentando duas estações bem definidas: um período chuvoso, que compreende entre os meses de outubro a abril; e outro período de seca, que compreende os meses de maio a setembro.

A pesquisa teve início em 01/06/2021, onde foram coletadas amostras de solos para caracterização do solo. A amostra foi coletada na profundidade 0-20 cm, embaladas em sacola plástica estéril e levada para, foram retirada 4 amostras de pontos diferentes para enviar ao laboratório para análise química e granulométrica. O local de onde foram retiradas as amostras foi ao lado da casa de vegetação do Ceulp Ulbra Palmas-TO. O resultado da análise do solo pode ser verificado Tabela 1.

Resultado da análise do solo

Tabela 1: Análise Química solo

pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	P(meh)	P(rem)	P(res)	S-SO ₄ ⁻²	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	M.O	C.O
-		mg dm ⁻³				cmol _c dm ⁻³					g dm ⁻³	
5,41	4,71	0,54	ns	ns	12,50	0,04	1,22	0,13	0,18	9,80	37,98	22,03

Tabela 2: Análise Química do solo resultados complementares

SB	CTC	V	m	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
Cmol _c dm ⁻³		%		%			Relações		
1,39	11,19	12,42	11,46	10,90	1,16	0,36	9,38	30,50	3,25

Tabela 3: Análise química do solo teores de micronutrientes e análise textural

B	Cu	Fe	Mn	Zn	Areia	Argila	Silte
Mg dm ⁻³					g Kg ⁻¹		

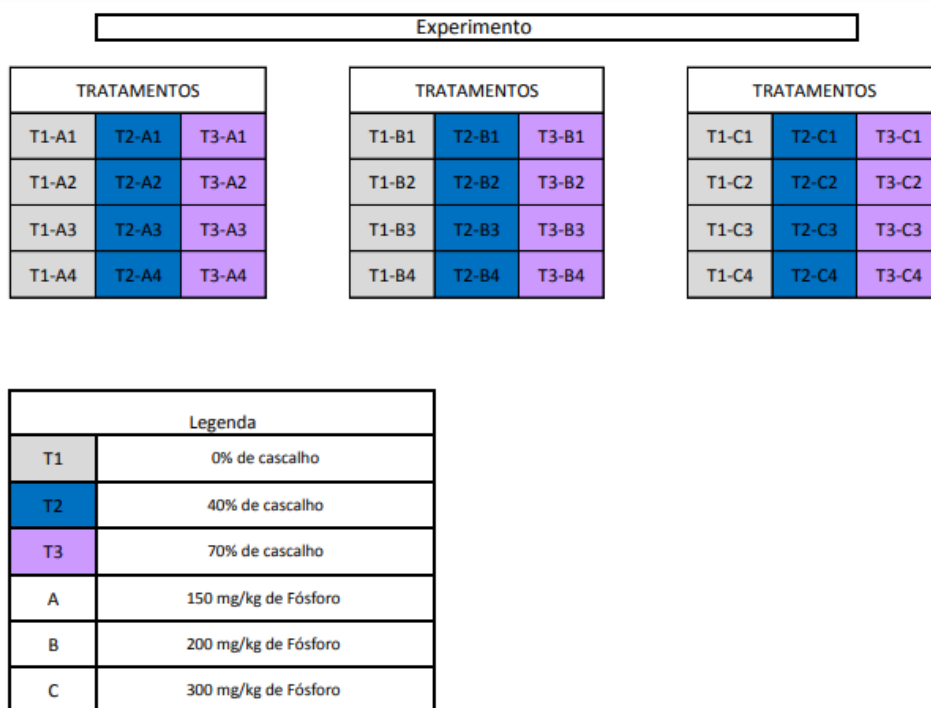
0,16	1,04	33,35	2,49	2,11	359	501	140
------	------	-------	------	------	-----	-----	-----

FONTE: Laboratorio Super (2021)

O objeto de estudo foi o Plintossolo Pétrico Concrecionário Distrófico em diferentes condições, feito com 36 vasos em 3 bancadas. Cada bancada continha 12 vasos, com 3 tipos de solos e 1 híbrido de milho. Cada bancada possuía uma dosagem de P, ou seja, vasos com híbrido de milho 8700 Pró.

Foram colocadas 06 sementes em cada vaso, e posteriormente feito o desbaste, deixando 01 planta em cada vaso. A distribuição dos vasos dentro da casa de vegetação ocorreu conforme demonstra a Figura 1.

Figura 1: Croqui da disposição dos vasos na bancada



FONTE: Arquivo pessoal do acadêmico (2021)

Foram distribuído da seguinte forma as dosagens de P: Na primeira bancada foi utilizado 150 mg kg⁻¹ de solo, na segunda bancada foi 200 mg kg⁻¹ de solo, na terceira bancada foi 300 mg kg⁻¹ de solo.

4.2 CALCULOS PARA CORREÇÃO DO SOLO, ADUBAÇÃO DE BASE E ADUBAÇÃO FOSFATADA.

Após receber o resultado da análise do solo, foi feito o cálculo da necessidade de calagem, que foi feita no dia 14/06/2020, usando a fórmula $NC = \frac{V2-V1*T}{PRNT}$, o valor de saturação por bases (V_2) que se procura atingir pela calagem e de 50% para o primeiro híbrido e de 45% para o segundo híbrido, o calcário utilizado foi do tipo filler (Figura 02) que apresentava PRNT de 97,21%, onde obteve 22 g de calcário por vaso para a cultura do milho, posteriormente esses valores foram convertidos para serem aplicados em 10 litros de solo, foi utilizado as seguinte relações:

Calcário:

2.000.000L 4.400Kg →

10L X →

X = 0,022kg = 22 grama de calcário/vaso

Figura 2: Calcário utilizado no experimento



FONTE: Arquivo pessoal do acadêmico (2021)

Após feito os cálculos, o calcário foi pesado e adicionado ao solo, que estava acondicionado em sacos plásticos (Figura 03) e umedecido anteriormente utilizando 1 litro de água, sendo deixado em repouso por 15 dias.

Figura 3: Acondicionamento do solo com calcário



FONTE: Arquivo pessoal do acadêmico (2021)

Para a adubação de plantio foi utilizado as seguintes doses de adubos para cada vaso. Os cálculos para chegar nessas doses foram feitos através da massa ou seja do peso dos vasos.

Adubação de base

Nitrogênio (N)

Fonte Utilizada: Sulfato de Amônio (S.A)

100mg N/kg de solo X 10kg de solo = 1.000mg N/vaso

$$\begin{array}{ccc} 100\text{mg S.A} & \longrightarrow & 20\text{mg} \\ & & \longleftarrow \\ & X & 1.000 \text{ II} \end{array}$$

$$X = 5.000\text{mg S.A / vaso} = 5\text{g S.A / vaso}$$

Potássio (K)

Fonte Utilizada: Cloreto (KCL)

150mg K/kg de solo X 10kg de solo = 1.500mg K/vaso

= 1.500mg K/vaso X 1,21 = 1.815mg Kcl/vaso

$$\begin{array}{rcl}
 100\text{mg Kcl} & \longrightarrow & 60\text{mg Kcl} \\
 X & \longleftarrow & 1.8150\text{mg Kcl} \\
 X = 3.025\text{mg Kcl / vaso} & = & 3\text{g Kcl / vaso}
 \end{array}$$

Fósforo (P)

Dose 1 de P

Fonte Utilizada: MAP

$$\begin{array}{l}
 150\text{mg P/kg de solo} \times 10\text{kg de solo} = 1.500\text{mg P/vaso} \\
 = 1.500\text{mg P/vaso} \times 2,29 = 3.435\text{mg P}_2\text{O}_5\text{/vaso}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 100\text{mg MAP} & \longrightarrow & 57\text{mg P}_2\text{O}_5 \\
 X & \longleftarrow & 3.435\text{mg P}_2\text{O}_5 \\
 X = 6\text{g MAP / vaso}
 \end{array}$$

Dose 2 de P

Fonte Utilizada: MAP

$$\begin{array}{l}
 200\text{mg P/kg de solo} \times 10\text{kg de solo} = 2.000\text{mg P/vaso} \\
 = 2.000\text{mg P/vaso} \times 2,29 = 4.580\text{mg P}_2\text{O}_5\text{/vaso}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 100\text{mg MAP} & \longrightarrow & 57\text{mg P}_2\text{O}_5 \\
 X & \longleftarrow & 4.580\text{mg P}_2\text{O}_5 \\
 X = 9\text{g MAP / vaso}
 \end{array}$$

Dose 3 de P

Fonte utilizada: MAP

$$\begin{array}{l}
 300\text{mg P/kg de solo} \times 10\text{kg de solo} = 3.000\text{mg P/vaso} \\
 = 3.000\text{mg P/vaso} \times 2,29 = 6.870\text{mg P}_2\text{O}_5\text{/vaso}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 100\text{mg MAP} & \longrightarrow & 57\text{mg P}_2\text{O}_5 \\
 X & \longleftarrow & 6.870\text{mg P}_2\text{O}_5 \\
 X = 12\text{g MAP / vaso}
 \end{array}$$

Os adubos que foram adicionados no saco de polietileno com os solos, posteriormente os solos foram transportados para os vasos. Após feita a

adubação teve o plantio que foi realizado no dia 30/06/2020. Foi feita uma adubação de cobertura foi feita na terceira semana após germinar, no dia 31/07/2021, em estágio V4.

Cálculo da adubação de cobertura:

$$400\text{mg} \times 96 = 38.400 \text{ mg N}$$

$$100 \longrightarrow 45 \text{ mg N}$$

$$X \longleftarrow 38.400 \text{ mg U}$$

$$X = 85\text{g de Úreia}$$

A úreia foi diluída em 6,9 litros de água (H₂O)

Aplicando se em cada vaso 70 ml

$$1,0 \text{ KCl} \times 96 = 96\text{g KCl}$$

O KCL foi diluído em 6,9 litros de água (H₂O)

Aplicando se em cada vaso 70 ml

O delineamento foi inteiramente casualizado DIC, no esquema fatorial 3x3, com quatro repetições. Como tratamento avaliou-se doses de P (150, 200 e 300 mg kg⁻¹ de solo) e porcentagem de cascalho (0, 40 e 70%) na cultura do milho, totalizando 36 vasos, cada vaso foi considerada uma parcela.

Os dados foram submetidos à análise de variância para todas as características avaliadas pelo teste de Tukey.

4.3 AVALIAÇÕES DAS PLANTAS

Aos cento e quatro dias após a semeadura, foi realizado as determinações de altura das plantas medida ao nível do solo até o ápice da haste principal com o auxílio de uma trena. A contagem iniciou-se a partir do segundo nó, que corresponde à inserção das primeiras folhas da planta (folhas primárias) e terminou no último nó com a folha trifoliada desenvolvida.

Para realizar as avaliação, utilizou-se uma trena de 5 metros para medir a altura da planta, sendo a mesma medida do solo até o ápice; altura de inserção da espiga, que foi medida do solo até a espiga principal. Para medir o diâmetro da espiga e do colmo, utilizo-se um paquímetro. Para medir o tamanho da espiga, utilizou-se uma régua de 30 cm de comprimento, sendo que a espiga foi colocada em uma superfície plana para posterior medição. Em todas as espigas,

contou-se a numero de fileiras de grãos, sendo as mesmas debulhadas à mão. Para realizar o peso da espiga e da massa de grãos, utilizou-se uma balança digital caseira.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados estatísticos mostram efeito significativo para % de cascalho na altura de plantas (Tabela 4), os valores médios dos caracteres agrônômicos estão apresentados nas Figuras 4 e 5.

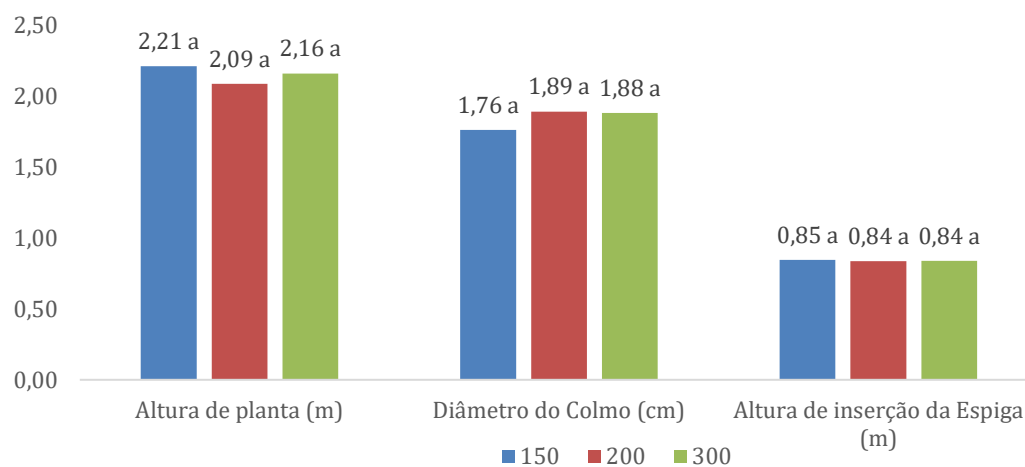
Tabela 4 - ANAVA dos caracteres agrônômicos das plantas de milho, cultivados em vaso com diferentes doses de Fósforo(P) e Porcentagem de cascalho (% de cascalho), Palmas – TO, 2021.

Tratamentos	Altura de planta (m)	Diâmetro do Colmo (cm)	Altura de inserção da Espiga (m)
Doses de P (DP)	0,21 ns	0,26 ns	0,96 ns
p>F % de cascalho (C)	0,02*	0,25 ns	0,41 ns
DP*C	0,07 ns	0,84 ns	0,30 ns
CV(%)	7,88	10,52	10,90

ns – não significativo; * - significativo a 5% pelo Teste F da análise de variância

A figura 4 demonstra as características agrônômicas do híbrido de milho cultivado sob as diferentes doses de P e porcentagens de cascalho.

Figura 4 - Valores médios dos caracteres agrônômicos das plantas de milho, cultivados em vaso com diferentes doses de Fósforo(P) (mg/vaso), Palmas – TO, 2021.



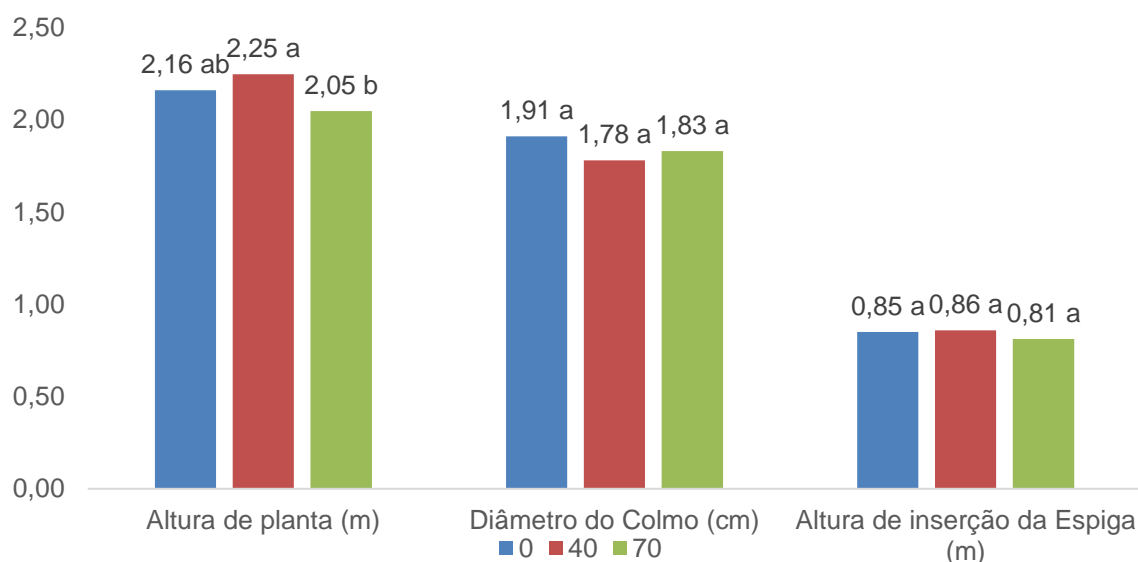
Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A altura da planta e o diâmetro do colmo, não obteve diferenças nos valores de crescimento quanto as três dosagens de P utilizadas, sendo que a altura da planta sofreu mais influência ao receber as dosagens de 150 e 300 mg/vaso de P e o diâmetro do colmo foi influenciado ao receber as dosagens de 200 e 300 mg/vaso.

Veloso *et al.*, (2016), desenvolveram um experimento na casa de vegetação da embrapa Amazônia Oriental, ao qual utilizaram quatro híbridos de milho e cinco doses de P (0 mg kg⁻¹, 100 mg kg⁻¹, 150 mg kg⁻¹, 200 mg kg⁻¹ e 250 mg kg⁻¹ de P). Neste experimento a adubação fosfatada aumentou significativamente a altura das plantas, sendo estas crescentes à medida que se elevou a quantidade de P adicionado, em todos os híbridos de milho analisados.

A figura 5 demonstra as características agronômicas do híbrido de milho cultivado sob as diferentes porcentagens de cascalho.

Figura 5 - Valores médios dos caracteres agronômicos das plantas de milho, cultivados em vaso com diferentes Porcentagem de cascalho (% de cascalho), Palmas – TO, 2021



Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A altura da planta foi o característica agronômica que mais apresentou valores significativos quanto as porcentagens de cascalho utilizados, sendo que, ao utilizar 40% de cascalho, a planta apresentou melhor crescimento. O diâmetro

do colmo não apresentou diferenças significativas. A altura de inserção da espiga, nos tratamentos realizados, não foi observados diferenças significativas.

Para os valores das características da espiga de milho, verifica -se efeito significativo para todas variáveis analisadas (Tabela 5), tanto para doses de P, quanto para % de cascalho.

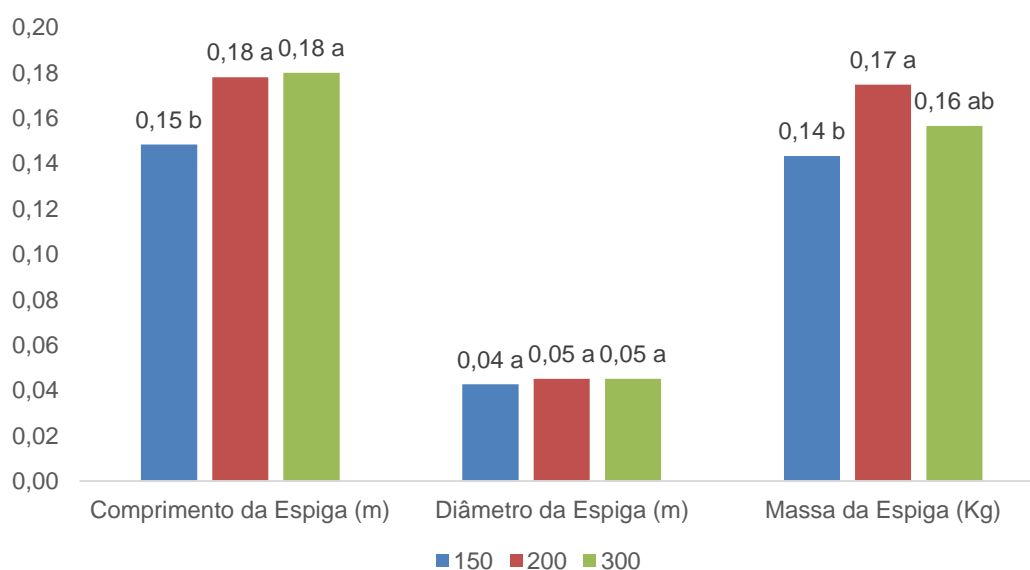
A figura 6 apresenta os valores médios do comprimento da espiga (cm), diâmetro da espiga (cm) e massa da espiga (g) em relação a diferentes doses de P.

Tabela 5 - Anava do comprimento da espiga (m), diâmetro da espiga (c) e massa da espiga (g), de plantas de milho cultivados em vaso com diferentes doses de Fósforo(P) e Porcentagem de cascalho (% de cascalho), Palmas – TO, 2021

Tratamentos	Comprimento da Espiga (m)	Diâmetro da Espiga (m)	Massa da Espiga (Kg)
Doses de P (DP)	0,0001*	0,14 ns	0,005*
% de cascalho (C)	0,0001*	0,57 ns	0,0001*
DP*C	0,28 ns	0,84 ns	0,34 ns
CV(%)	8,80	7,30	13,46

ns – não significativo; * - significativo a 5% pelo Teste F da análise de variância.

Figura 6 - Valores médios do comprimento da espiga (cm), diâmetro da espiga (cm) e massa da espiga (g), de plantas de milho cultivados em vaso com diferentes doses de Fósforo(P) (mg/vaso), Palmas – TO, 2021.



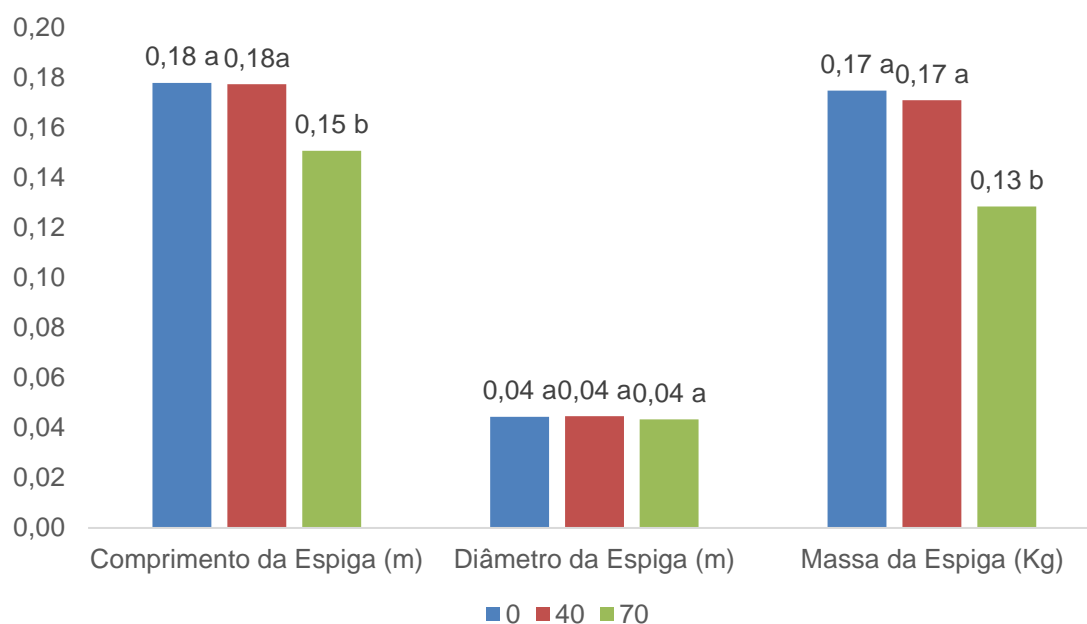
Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

O comprimento da espiga teve diferença significativa na dosagem de 150 onde apresentou um menor comprimento em relação as outras doses. Diâmetro da espiga não obteve diferença significativa. Massa da espiga observa se que teve uma diferença significativa na dose de 200 mg tendo maior massa em relação as outras dosagens.

Silva *et al.*, (2014) afirmam que é importante realizar a adubação com fósforo, uma vez que, com esse nutriente, consegue-se resultados melhores do comprimento e o diâmetro das espigas, massa da espiga e dos grãos, do que quando não se utiliza a adubação fosfatada.

A figura 7 apresenta os valores médios do comprimento da espiga (cm), diâmetro da espiga (cm) e massa da espiga (g) em relação a diferentes porcentagens de cascalho.

Figura 7 - Valores médios do comprimento da espiga (cm), diâmetro da espiga (cm) e massa da espiga (g), de plantas de milho cultivados em vaso com diferentes Porcentagem de cascalho (% de cascalho), Palmas – TO, 2021.



Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

O comprimento e a massa da espiga apresentaram diminuição nos valores médias ao utilizar o solo com 70% de cascalho, sendo que o diâmetro da espiga permaneceu estável.

Na Tabela 6, estão os valores da análise dos componentes de rendimento da espiga de milho, observa -se interação entre os fatores para número de grãos por fileira da espiga e efeito significativo para massa de grãos por espiga, tanto para doses de P, quanto para % de cascalho. As figuras 8 e 9 apresentam os valores médias dos componentes de rendimento com relação a dose de P (Fig. 8) e 5 de cascalho (Fig.9), e os valores do desdobramento da interação está apresentado na figura 10.

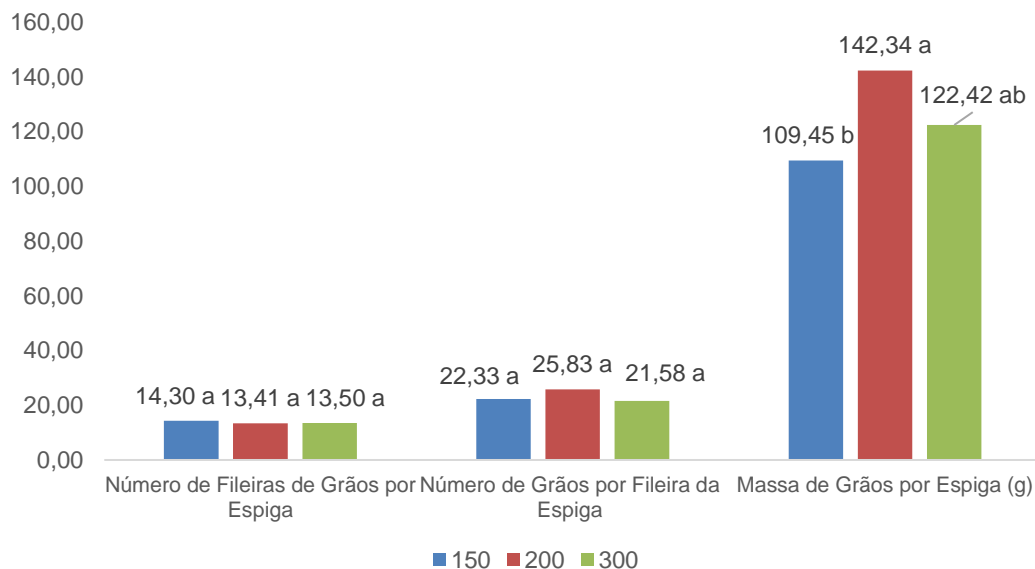
A figura 8 apresenta valores médios dos componentes de rendimento de grãos, em relação a diferentes doses de P

TABELA 6 – ANAVA dos componentes de rendimento: número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira da espiga, massa de grãos por espiga (g), de plantas de milho cultivados em vaso com diferentes doses de Fósforo(P) e Porcentagem de cascalho (% de cascalho), Palmas – TO, 2021.

Tratamentos	Número de Fileiras de Grãos por Espiga	Número de Grãos por Fileira da Espiga	Massa de Grãos por Espiga (g)
Doses de P (DP)	0,16 ns	0,06 ns	0,003*
p>F % de cascalho (C)	0,14 ns	0,03*	0,0001*
DP*C	0,92 ns	0,03*	0,42 ns
CV(%)	8,92	18,86	17,33

ns – não significativo; * - significativo a 5% pelo Teste F da análise de variância.

Figura 8 - Valores médios dos componentes de rendimento: número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira da espiga, massa de grãos por espiga (g), de plantas de milho cultivados em vaso com diferentes doses de Fósforo(P) (mg/vaso), Palmas – TO, 2021.



Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

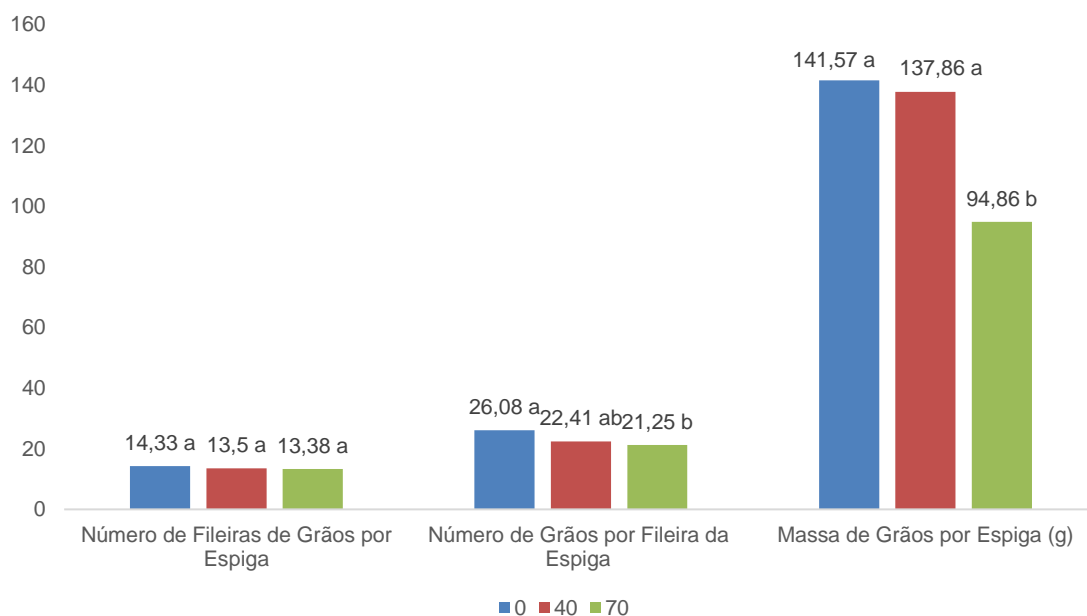
A massa de grãos por espiga apresentou valores médios variáveis ao utilizar as diferentes dosagens de P, sendo que a dosagem de 200 mg/vaso foi a que mais influenciou na produção de massa de grãos por espiga. O número de fileiras de grãos por espiga e número de grãos por fileira da espiga não sofreram alterações significativas nas dosagens utilizadas.

Rocha (2021) desenvolveu um experimento com o objetivo de identificar 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). Neste experimento, o autor verificou que o número de fileiras de grãos, no híbridos de milho analisados, tiveram desempenho diferentes, sendo que os cultivares que tiveram maiores diâmetros foram também os com maiores fileiras de grãos, sendo que o autor afirmou que esse fato ocorreu por estas duas características possuírem alta correlação. As cultivares que estavam no grupo com as maiores médias de peso de espiga sem palha em alto e baixo P tiveram também os maiores número de fileiras de grãos.

A figura 9 apresenta valores médios dos componentes de rendimento de

grãos, em relação a diferentes porcentagens de cascalho.

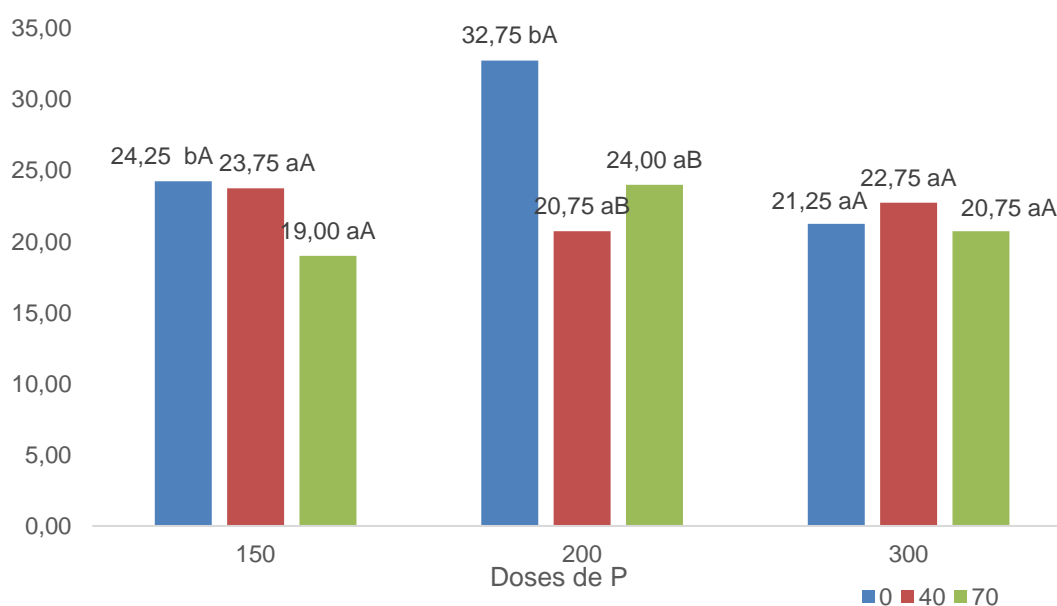
Figura 9 - Valores médios dos componentes de rendimento: número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira da espiga, massa de grãos por espiga (g), de plantas de milho cultivados em vaso com diferentes porcentagens de cascalho (% de cascalho), Palmas – TO, 2021.



Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Na porcentagem de cascalho, verificou-se que a massa de grãos por espiga foi influenciada nas porcentagens 0 e 40%, apresentando valores médios crescentes, assim obtendo diferença significativa na porcentagem de 70% de cascalho onde se obteve menor massa de grãos por espiga. O número de fileiras de grãos por espiga e o número de grãos por fileiras não apresentaram valores significativos.

Figura 10 – Desdobramento entre os fatores Doses de P x Porcentagem de Pedra para Número de Grãos por Fileira da Espiga, de plantas de milho cultivados em vaso com diferentes doses de Fósforo(P) (mg/vaso) e Porcentagem de cascalho (% de cascalho), Palmas – TO, 2021.



Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha diferem e maiúsculas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. As letras minúsculas devem ser analisadas com relação a % de cascalho e as letras maiúsculas as doses de P.

Verifica-se que, na dosagem de 150 mg kg⁻¹ de solo teve uma diferença significativa na porcentagem de 0% de cascalho em comparação as outras porcentagens. Na dose de 200 mg kg⁻¹ de solo foram onde se obteve a maior diferença significava na porcentagem de 0% de cascalho em comparação as outras porcentagem e as outras dosagens, assim tendo maior interação entre os fatores doses de P vs Porcentagem de cascalho para o número de grãos por fileira da espiga. Na dose de 300 mg kg⁻¹ de solo não teve diferenças significativas entre as porcentagens de cascalho.

Nascimento et al., (2014) desenvolveu um ensaio em um Cambissolo de textura Franco Argilo Arenosa, utilizando quatro doses de fósforo (0, 100, 200 e 300 mg kg⁻¹) e quatro fontes de fósforo (Fosfato Natural do Tocantins-FNT, Fosfato Natural Reativo-FNR, Fosfato Natural da Bahia-FNB e Superfosfato Triplo-SFT) e

constataram que o superfosfato triplo, em todas as doses, contribuiu para a obtenção de maiores alturas de plantas de milho em relação aos fosfatos naturais e que aplicações de fósforo acima de 300 com a fonte de superfosfato triplo, poderão reduzir o crescimento do milho.

Costa e Veloso (2018) desenvolveram um experimento para avaliar a eficiência da adubação fosfatada em relação à população de plantas na produtividade de plantas de milho sob sistema de plantio direto no município de Belterra, no estado do Pará, e constataram que o milho respondeu a dose de fosforo no parâmetro densidade, independente da dose de fosforo utilizada, sendo que conforme ocorreu o aumento das doses de fósforo, aumentou-se também o valor da produtividade de milho.

Com o objetivo de estudar as respostas do sorgo às aplicações de diferentes doses e fontes de fósforo a produção de matéria seca, além de avaliar a eficiência agrônômica, utilizando as dosagens 0, 100, 200 300 mg de P kg⁻¹ solo e quatro fontes de P (Fosfato Industrial Superfosfato Triplo - ST, Fosfato Natural da Bahia - FNB, Fosfato Natural do Tocantins - FNT e Fosfato Natural Reativo – Gafsa – FNR), verificou-se que o superfosfato triplo (ST) e fontes FNB foram responsáveis pelas respostas significativas mais elevadas das variáveis biométricas estudadas, enquanto FNT teve a menor resposta (LIMA et al., 2016).

De acordo com os dados da estatística foram observados que nas porcentagens de 70% de cascalho foi onde se obteve os piores resultados, ou seja, onde teve uma menor massa da espiga, menor comprimento. Com isso podemos dizer que nesse experimento o solo com uma porcentagem maior de cascalho atrapalha no desenvolvimento da cultura do milho.

6 CONCLUSÕES

Conclui - se que nas dosagens de P, 200 e 300 mg kg⁻¹ de solo proporcionou maior crescimento e produtividade das plantas. Em relação a porcentagem de cascalho, 70% de cascalho foi onde obteve o menor crescimento e produtividade da planta.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Danilo Silva. **Disponibilidade de fósforo em solo cultivado com braquiária em rotação de soja.** (Tese Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp. Botucatu, São Paulo, Brasil, 2014.

Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/110929/000800289.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 25 out. de 2021

ARAUJO, Rodrigo Estevam M.; UHIMANN, Alexandre; CAMPOS, Leonardo José Motta; COSTA, Rodrigo Véras. Anuário Brasileiro de tecnologia em nutrição vegetal. **Abisolo**. 2020

ARRUDA, Everton Martins; LANA, Regina Maria Quintão; PEREIRA, Hamilton Seron. Fósforo extraído por Mehlich I e Resina de Troca Aniônica em solos submetidos à calagem. **Bioscience Journal**, v. 31, p. 1107-1117, 2015.

Disponível em:

<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/22170>. Acesso em: 25 out. 2021

BONFIM-SILVA, Edna Maria; GUIMARÃES, Salomão Lima; FARIAS, Lorraine do Nascimento; OLIVEIRA, Jakeline Rosa; BOSA, Chistiane Kamila; FONTINELLI, Juliane Vieira. 2014. Adubação fosfatada no desenvolvimento e produção de feijão gandu em Latossolo Vermelho do Cerrado em primeiro cultivo. **BioscienceJournal**, v. 30, p. 1380-1388. Disponível em:

<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18019>. Acesso em: 21 set. 2021

CAMARGO, Monica Sartori; BARBOSA, Daniel Scalia; RESENDE, Rogério Henrique; KORNDÖRFER, Gaspar Henrique; PEREIRA, Hamilton Seron. Fósforo em solos de cerrado submetidos à calagem. **BioscienceJournal**, v. 26, n. 2, p. 187-194, Uberlândia, 2010. Disponível em:

<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7055>. Acesso em: 21 set. 2021

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra brasileira.** Grãos. Safra 2020/2021. Outubro de 2020. Disponível em: www.conab.gov.br/graos/item/download. Acesso em: 25 out. 2021

CONTINI, Elisio; MOTA, Mierson Martins; MARRA, Renner; BORGHI, Emerson et al. Milho-caracterização e desafios tecnológicos. **Embrapa**, fevereiro de 2019. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milho-caracterizacao.pdf>. Acesso em: 25 out. 2021

COSTA, Jessica Rayssa Reis; VELOSO, Carlos Alberto Costa. Manejo de adubação fosfatada em função da densidade populacional de plantas para a cultura de milho. **22º Seminário. PIBIC. Embrapa Amazônia Oriental.** 26-27 Novembro de 2018. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1105974/1/AnaisPIBIC20183237.pdf>. Acesso em: 13 Dez. 2021

EIRAS, Priscila Pixoline; COELHO, Fabio Cunha. Utilização de leguminosas na adubação verde para a cultura de milho. **Revista Científica Internacional**. Ano 4 - Nº 17 Abril /Junho – 2011. Disponível em: <http://www.interscienceplace.org/isp/index.php/isp/article/view/166/164>. Acesso em: 25 out. 2021

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed. Brasília, DF: **EMBRAPA**, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1107206/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>. Acesso em: 25 out. 2021

FREITAS, Aline Katiane Silva. **Fracionamento inorgânico de fósforo com dois tipos de solo tratados com biochar no cerrado**. (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, Mato Grosso, Brasil, 2017. Disponível em: <https://bdm.ufmt.br/handle/1/745>. Acesso em: 25 out. 2021

LANA, Maria do Carmo; RAMPIM, Leandro; SCHULZ, Loivo Rogério; KAEFER, João Edson; HARTMANN-SCHMIDT, Michele; RUPPENTHAL, Viviane. Disponibilidade de fósforo para plantas de milho cultivadas com fertilizante organomineral e fosfato monoamônico. **Scientia Agrária Paranaensis – SAP**. v.13, p.198-209, 2014. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/7659>. Acesso em: 25 out. 2021

LEITE, Rubson da Costa.; CARNEIRO, Jefferson Santana da Silva; FREITAS, Gilson Araujo; CASALI, Michel Elias; SILVA, Rubens Ribeiro. Adubação fosfatada na soja durante três safras consecutivas na nova fronteira agrícola brasileira. **Revista Scientia Agrária**.v. 18, p. 28-35, 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/50310/34312>. Acesso em: 21 set. 2021

LIMA, Izabel Maria Almeida; AQUINO, Boanerges Freire; NASCIMENTO, Bruno Lucio Meneses. Estudo da eficiência de diferentes fontes de fosfato na cultura do sorgo. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.25, n.1, p.25-38, 2016. Disponível em: <file:///C:/Users/Nat/Downloads/2339-14535-1-PB.pdf>. Acesso em: 13 Dez. 2021

MATOS, Carlos Henrique Lima; ZUBIATE, Kassia Lidia Rute Rios; PEREIRA, Raimundo de Almeida; AUGUSTI, Maurício Lorenzoni. Utilização de colunas de solo na avaliação da lixiviação do fósforo em Roraima. **Brazilian Journal of Development**, v.7, p.11051-11059, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/349014430_UTILIZACAO_DE_COLUNAS_DE_SOLO_NA_AVALIACAO_DA_LIXIVIACAO_DO_FOSFORO_EM_RORAIMA_USE_OF_SOIL_COLUMNS_IN_THE_EVALUATION_OF_PHOSPHORINE_LEACHING_IN_RORAIMA. Acesso em: 25 out. 2021

MAZUCATO, V. S. H.; SANTOS, V. B.; CAVALHERI, P. S.; MAGALHÃES FILHO, F. J. C. 2020. Comportamento de wetland construído de fluxo vertical

com fundo parcialmente saturado na remoção de matéria orgânica nitrogenada e fósforo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 56506-56520

MELO, Fabio Martins; MENDONÇA, Livia Peres Carneiro. Avaliação da disponibilidade de fósforo em solo argiloso com diferentes teores de matéria orgânica. **Revista Multidisciplinar-Humanidades & Tecnologia em Revista (FINOM)**. v. 18. p. 52-67, 2019. Disponível em: http://revistas.icesp.br/index.php/FINOM_Humanidade_Tecnologia/article/view/794. Acesso em: 25 out. 2021

MIGUEL, Pablo; DALMOLIN, Ricardo Simião Diniz; PEDRON, Fabrício de Araujo; FINK, José Rodrigues; MOURA-BUENO, Jean Michel. Caracterização de plintitas e petroplintitas em solos da Depressão Central do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.43, n.6, jun, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/YZ58Rvdk7DMwMnj8kCvv9MN/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 06 out. 2021

MOURA, Jadson Belém; VENTURA, Matheus Vinicius Abadia.; CABRAL, Juliana Silva Rodrigues; AZEVEDO, Watson Rogério. Adsorção de fósforo em latossolo vermelho distrófico sob vegetação de cerrado em Rio Verde-GO. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**. v.4, p. 199-208, 2015. Disponível em: <http://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/1121>. Acesso em: 25 out. 2021

MUMBACH, Gilmar Luiz; OLIVEIRA, Daniela Aparecida; WARMLING, Maria Izabel; GATIBONI, Luciano Colpo. Quantificação de fósforo por Mehlich 1, Mehlich 3 e Resina Trocadora de Ânions em solos com diferentes teores de argila. **Revista Ceres**, v. 65, p. 546-554, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/BHQM9R5KDtFSg5vfKnq8snx/?lang=pt>. Acesso em: 25 out. 2021

MUNIZ, Edgard Alves. **Efeitos de gesso agrícola e corretivos de acidez do abacaxizeiro cultivado em Latossolo e Plintossolo**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiania, 2015. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/5092>. Acesso em: 21 set. 2021

NASCIMENTO, Bruno Lucio Meneses; LIMA, Izabel Maria Almeida; IWATA, Bruna de Freitas; AQUINO, Boanerges Freire. Altura e diâmetro do milho cultivado em função de diferentes doses de fertilizantes fosfatados. **Scientia Plena** 10, 097201, 2014. Disponível em: <https://www.scienciaplena.org.br/sp/article/view/1776/1029>. Acesso em: 13 Dez. 2021

NIKKEL, Marcio; LIMA, Saulo de Oliveira. Distribuição espacial da matéria orgânica do solo sob o uso de diferentes pivôs centrais. **Acta Iguazu, Cascavel**, v. 6, n. 3, p. 56-64, 2017. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/17867>. Acesso em: 25 out. 2021

NIKKEL, Marcio; LIMA, Saulo de Oliveira. Crescimento inicial de algodão cultivado em Plintossolo Pétrico Concrecioário. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 35, n. 3, p. 360-369, julho-setembro, 2020. Disponível em: <https://energia.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/3772/2717>. Acesso em: 25 out. 2021

OLIVEIRA, Clovisson Menotti Boeira; GATIBONI, Luciano Colpo; MIQUELLUTI, David José; SMYTH, Thomas Jot; ALMEIDA, Jaime Antonio. Capacidadademaxima de adsorção de fósforo e constante de energia de ligação em Latossolo Bruno em razão de diferentes ajustes do modelo de Langmuir. **R. Bras. Ci. Solo**, 38:1805-1815, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/yGmdNjQwSd8nrNZGnS9TbZQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 set. 2021

PAVINATO, Paulo Sergio; SOLTANGHEISI, Amin; ROCHA, Gustavo Cassoni; CHERUBIN, Mauricio Roberto. Acúmulo de Fósforo no solo em áreas agrícolas no Brasil: diagnóstico atual e potencialidades futuras. **NPCT-Nutrição de Pinatas Ciência e Tecnologia**. n. 9, Março 2021. Disponível em: <https://www.npct.com.br/publication/IASite.nsf/pub/available/IA-2021-9?OpenDocument&toc=2021>. Acesso em: 22 out. de 2021

PELUCO, Rafael Gonçalves; MARQUES JÚNIOR, José; SIQUEIRA, Diego Silva; PEREIRA, Gener Tadeu; BARBOSA, Ronny Sobreira; TEIXEIRA, Daniel de Bortoli. Mapeamento do fósforo adsorvido por meio da cor e da suscetibilidade magnética do solo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.50, n.3, p.259-266, mar. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/JhVcCxQHSsHH4pnXmvkZCxB/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 set. 2021

PINTO, Flávio Araújo. **Sorção e dessorção de fósforo em solos de Cerrado**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2012. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/217/o/FI%C3%A1vio.pdf?1352468756>. Acesso em: 20 set. 2021

PINTO, Luiz Alberto da Silva Rodrigues; BEUTLER, Sidinei A.; ROSSI, C. Q.; GUARESCHI, R. F.; ZANDONÁ, S. R.; SANTOS, O. A. Q.; PEREIRA, M. G. Extração e quantificação das frações de fósforo orgânico no solo. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, p.34260-34278, 2020

REZENDE, Cristina Gonçalves Barbosa; BONFIM-SILVA, Edna Maria; SILVA, Tonny José Araujo; CABRAL, Carlos Eduardo Avelino; SCHLICHTING, Alessandra Franciele. Fosfato natural reativo na adubação do capim piatã em Latossolo Vermelho do Cerrado. **Revista Agrarian**, v.9, p.55 – 62, 2016. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/3583/3637>. Acesso em: 25 out. 2021

ROCHA, Gabriel Mesquita. **Eficiência e resposta ao uso do fósforo de cultivares de milho no clima tropical**. Monografia (Graduação em

Agronomia) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO, 2021. Disponível em:

<http://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/3129/1/Gabriel%20Mesquita%20da%20Rocha..pdf>. Acesso em: 13 Dez. 2021

ROSSI, Celeste Queiroz. **Dinâmica da matéria orgânica em área de soja cultivada sobre palhada de Braquiária eSorgo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/jspui/handle/tede/275>. Acesso em: 21 set. 2021

ROSSI, Celeste; PEREIRA, Marcos; GARCÍA, Andrés; PERIN, Adriano; GAZOLLA, Paulo; GONZÁLEZ, Antonio. Fósforo em Cronossequência de Cana-de-Açúcar Queimada no Cerrado Goiano-Análise de Ácidos Húmicos por RMN de 31P. **Química Nova**, v. 36, p. 1126-1130, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/313105893_Fosforo_em_Cronossequencia_de_Cana-de-Acucar_Queimada_no_Cerrado_Goiano-Analise_de_Acidos_Humicos_por_RMN_de_31P. Acesso em: 25 out. 2021

ROTTA, Leonardo Ricardo. **Fracionamento e disponibilidade de fósforo em uma cronossequência de cultivos sob plantio direto**. (Dissertação Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás-UFG. Jataí, Goiás, Brasil, 2012. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/217/o/Leonardo.pdf?1348175483>. Acesso em: 25 out. de 2021

SALDANHA, Eduardo César Medeiros; ROCHA, Maria Eunice Lima; ARAÚJO, José Leandro Silva; ALVES, José Darlon Nascimento; MARIANO, Daiane de Cinque; OKUMURA, Ricardo Shiguera. Adubação fosfatada na cultura do milho no nordeste paranaense. **Revista de CiênciasAgroveterinárias**, Lages, v.16, n.4, p.441-448, 2017. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/8512/pdf>. Acesso em: 21 set. 2021

SANTANA, Helena Maria de Paula; LACERDA, Marilusa Pinto Coelho. Solos representativos do Estado do Tocantins sob vegetação natural do cerrado. **IX Simpósio Nacional do Cerrado. II Simpósio Internacional Savanas Tropicais**. 12 a 17 de outubro de 2008. Brasília-DF. Disponível em: http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio_pc210/trabalhos_pdf/00510_trab1_a_p.pdf. Acesso em: 21 set. 2021

SOUZA, Renata Patrícia D.; PEGORARO, Rodinei Facco; REIS, Sidnei Tavares. Disponibilidade de fósforo e produção de biomassa de pinhão manso em solos com distintas texturas e doses de fósforo. **Revista Agro@ambiente**, v. 11, p. 1-10, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/317197957_Disponibilidade_de_fosforo_e_crescimento_de_Jatropha_curcas_L_apos_a_adubacao_fosfatada_em_La_tossolo_com_distintas_texturas. Acesso em: 25 out. 2021

SOUZA, Luiz Carlos Ferreira; LUIS, Afonso José; PILETTI, Ligia Maria

Maraschi da Silva. Características econômicas do milho em função da cultura antecessora em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.2, p. 272-280, 2016. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/640/1223>. Acesso em: 25 out. 2021

VELOSO, Carlos Alberto Costa; SILVA, Arystides Resende; CARVALHO, Eduardo Jorge Maklouf; SILVEIRA FILHO, Austrelino; SOUZA, Francisco Ronaldo Sarmanho. **Adubação fosfatada em cultivares de milho sob Latossolo Vermelho Distrófico da mesorregião sudeste paraense**. Belém, PA : Embrapa Amazônia Oriental, 2016. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1055401/1/BOLE_TIMPD109Ainfo.pdf. Acesso em: 096 Dez. 2021

VINHA, Ana Paula Carrara; CARRARA, Bruna Helena; SOUZA, Emanuella Farias Santos; SANTOS, Jussane Antunes Fogaça; ARANTES, Sayonara. Andrade C. Moreno. Adsorção de fósforo em solos de regiões tropicais. **Nativa**, v. 9, p. 30-35, 2021. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/10973>. Acesso em: 25 out. 2021