

AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM SOLO ARGILOSO COM DIFERENTES TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA

Fábio Martins de Melo¹
Livia Peres Carneiro de Mendonça²

Resumo: A disponibilidade de fósforo no solo é um fator que interfere diretamente na sua absorção pelas plantas. O trabalho teve como objetivo avaliar a influência do teor de matéria orgânica na disponibilidade de fósforo em relação a solos argilosos nos estágios iniciais da cultura do milho. O experimento foi conduzido no Laboratório de Análises de Fertilidade do Solo, localizado na cidade de Paracatu/MG. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em um esquema fatorial 4x4, constituído de tratamentos com teores de matéria orgânica no solo e quatro repetições, em um total de 48 unidades experimentais. Aplicaram-se doses crescentes de P₂O₅ (84; 120 e 156 kg/ha), utilizando como fonte de P₂O₅ o fertilizante fosfatado Monoamônico MAP. Os resultados obtidos demonstraram que os solos com altos teores de matéria orgânica tiveram melhor resposta na absorção de fósforo em relação aos solos com baixos teores de matéria orgânica, possivelmente devido aos sítios ativos dos compostos constituintes da matéria orgânica. Esse processo acontece pelo recobrimento desses sítios por radicais orgânicos, formação de complexo organofosforados, os quais são mais facilmente absorvidos pelas plantas.

Palavras-chave: Teor de Matéria Orgânica. Matéria Seca. Fósforo.

Abstract: The availability of phosphorus in the soil is a factor that directly interferes with its absorption by plants. The objective of this work was to evaluate the influence of the organic matter content on the availability of phosphorus in relation to clayey soils in the early stages of maize. The experiment was conducted at the Laboratory of Soil Fertility Analysis, located in the city of Paracatu / MG. The experimental design was completely randomized in a 4x4 factorial scheme, consisting of treatments with organic matter contents in the soil and four replications, in a total of 48 experimental units. Increasing doses of P₂O₅ (84, 120 and 156 kg / ha) were used, using as a source of P₂O₅ the phosphate fertilizer Monoamônico MAP. The results showed that the soils with high organic matter content had a better response in the phosphorus absorption than the soils with low levels of organic matter, possibly due to the active sites of the constituent compounds of the organic matter. This process is achieved by the coating of these sites by organic radicals, formation of organophosphorus complexes, which are more easily absorbed by plants.

Keywords: Organic Matter. Dry matter. Phosphor.

O milho (*Zea mays*) está entre as plantas de maior rendimento comercial. A história

¹ Aluno de Iniciação Científica do Curso de Agronomia Faculdade do Noroeste de Minas Finom/Faculdade Tecsoma-Paracatu – MG. fabiomello.fl@hotmail.com,.

² Professora Especialista do Curso de Agronomia da Faculdade do Noroeste de Minas Finom/Faculdade Tecsoma- Paracatu – MG. liviapcm@gmail.com

mostra que a produção deste cereal tem aumentado anualmente, devido, principalmente, às áreas de suinocultura e consumo de animais (MARCHI, 2008).

Assim como acontece mundialmente, no Brasil, o milho também é uma das culturas de maior importância, tanto com relação à área cultivada quanto a produção. Dentre as espécies produtoras de grãos, a cultura do milho só é superada pelo complexo da soja em termos de área cultivada, mas prevalece como a espécie com maior volume de produção, tendo papel indiscutível na economia brasileira (CONAB, 2017).

O Brasil se destaca como um dos principais países produtores de milho, considerado o terceiro maior produtor mundial, atrás dos EUA e China (USDA, 2017). Segundo estudos realizados pela Companhia Nacional de Abastecimento, a CONAB, a produção de milho na safra 2017/18 deve cair em relação ao mesmo período dos anos anteriores. A estimativa prevê uma safra de 92,2 milhões de toneladas, distribuídos em 25 milhões de toneladas na primeira safra de verão e 67,2 milhões de toneladas na segunda safra mais conhecida como safrinha. Na safra de 2016/17, o país produziu próximo de 98 milhões de toneladas. Outro ponto importante é que a área de milho deve diminuir 9,6 % comparado com anos anteriores, isso se deve ao fato da queda dos preços do grão principalmente pela alta da soja.

O progresso tecnológico dos últimos anos tem contribuído para o incremento da produção do milho, por exemplo, por permitir a antecipação da colheita, liberando terra para outras culturas; utilização de um sistema de armazenamento mais simples e econômico, evitando o ataque de roedores e carunchos nos grãos, diminuindo deste modo às perdas a campo; e conservação do valor nutritivo por um maior período de tempo, com isso, a comercialização do produto ganha um incentivo, possibilitando maior retorno econômico ao produtor (REIS *et al.*, 2001).

De acordo com Okumura *et.al* (2011) diversos fatores podem acarretar na redução da produtividade da lavoura de milho, tais como a própria cultivar, o solo, o clima, as práticas culturais, as pragas e as doenças. Outro fator limitante do potencial produtivo do milho, diz respeito à nutrição mineral adequada.

O milho é uma planta de metabolismo C4, o que significa que em condições de boa luminosidade, água, nutrientes e temperatura, a eficiência fotossintética é alta e a discriminação isotópica do carbono é baixa. Seu ciclo dura entre 105 e 180 dias nas condições ambientais em que é cultivada no Brasil. A planta do milho é composta por sistema radicular axial, folhas paralelinérveas, colmo, pendão e espiga (PINHO *et al* ,SANTO).

O sistema radicular exerce uma das funções mais importantes para o desenvolvimento das plantas, pois é responsável pela sustentação, nutrição e absorção de água e nutrientes. A

folha é responsável por 50% dos fótons assimilados necessários para o enchimento dos grãos, se tornando essencial em todas as etapas de desenvolvimento do milho. O colmo possui função estrutural e de reserva, dando o suporte para as demais estruturas da planta se desenvolver, além de contribuir com cerca de 5 a 50% dos fótons assimilados para o enchimento dos grãos (PINHO *et al* ; SANTO).

O crescimento e desenvolvimento da cultura do milho compreendem dois estágios fenológicos: Estágio vegetativo e estágio reprodutivo. O conhecimento dos estágios fenológicos permite compreender as diferentes necessidades da cultura em relação à quantidade de água, luz e nutrientes, bem como estabelecimento de estratégias de manejo. Para que ocorra incremento na produtividade é essencial que a planta tenha todas as suas necessidades fisiológicas e nutricionais supridas. O uso de cultivares adaptadas, o manejo correto da cultura e da fertilidade, e manejo adequado dos solos pode resultar em aumento significativo da produtividade (COELHO, 2006).

Coelho (2006) afirma que as necessidades nutricionais de qualquer planta são definidas pela quantidade de nutrientes que ela extrai durante o seu ciclo. A extração dos nutrientes do solo, não se faz nas mesmas quantidades durante seus vários estágios de crescimento. Ela aumenta linearmente com o aumento da produtividade, sendo que as maiores exigências da cultura referem-se ao nitrogênio (N) e potássio (K), seguidos do cálcio, magnésio e fósforo (VORPAGEL, 2010).

Segundo Freire (2009) o nitrogênio (N) é um dos nutrientes minerais absorvidos em maior quantidade e também o que mais limita o crescimento das plantas de milho. Desta forma implica na produtividade aumentando os custos com o manejo da cultura. O Nitrogênio é um macro nutriente que influencia diretamente a produtividade, pois é constituinte de aminoácidos, enzimas, proteínas, nucleotídeos e clorofila (MARENCO e LOPES, 2009), estando dessa forma, associado a processos fisiológicos da fotossíntese e respiração (VERGÜTZ e NOVAIS, 2015), além de exercer papel importante no estabelecimento e duração da área foliar e formação de espigas (SANGOI *et al.*, 2014).

O nitrogênio caracteriza-se por possuir um dos maiores índices de perdas, as quais podem acontecer por lixiviação, volatilização e desnitrificação no solo e, como consequência, a sua eficiência de utilização pelas plantas dificilmente ultrapassa os 60% (BROCH; RANNO, 2012).

Vergütz e Novais (2015) descrevem que o potássio (K) é essencial em quase todos os processos necessários para sustentar o crescimento das plantas e sua reprodução. Este elemento exerce função importante no transporte de carboidratos e no potencial osmótico das células,

apresentando grande impacto na qualidade da cultura tendo influência positiva na massa individual de grãos e no número de grãos por espiga. Depois do nitrogênio, o fósforo é o elemento absorvido em maiores quantidades pelo milho, sendo que 30% da quantidade absorvida é exportada para os grãos (RODRIGUES *et al.*, 2014).

Os solos do cerrado são geralmente solos intemperizados que apresentam como características elevada acidez, baixa capacidade de troca de cátions e alta saturação por alumínio. Os solos do cerrado começaram a ser cultivados no Brasil na década de 1980, quando, por meio de um programa de governo denominado PRODECER, houve uma política para incertivar o uso e ocupação da região central do país.

Assim como os solos do cerrado, estudos indicam que metade das áreas agricultáveis do mundo apresenta problemas de deficiência de P, aliado a não absorção dos fertilizantes pelas plantas, fato comum no cerrado brasileiro (VENDRAME *et al.*, 2007).

Sousa e Lobato (2004) afirmaram que a qualidade dos fertilizantes, época de aplicação e o tipo de solo são fatores que associados à umidade do solo, tipo de espécie vegetal cultivada e manejo da lavoura interferem na eficiência da adubação, isso pode levar a perda de nutrientes e desperdícios de recursos financeiros e diminuição da produtividade.

O elemento fósforo pode apresentar baixa mobilidade no solo (MARSCHNER, 2002; COSTA *et al.*, 2009) ele é frequentemente o fator que restringe o desenvolvimento e crescimento das plantas (HINSINGER, 2001). O mesmo desenvolve papel crucial no metabolismo das plantas, desempenha papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese. É um importante componente estrutural dos ácidos nucleicos de genes e cromossomos, como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolídeos.

A fertilidade do solo está estreitamente relacionada com a produtividade das plantas, se mantidos os demais fatores de produção em níveis limitantes. Para o fósforo este comportamento não é exceção. Este nutriente é talvez o mais investigado na literatura, em função da sua grande importância para as culturas, da frequência que limita a produção das culturas, sobretudo nas regiões intemperizadas, pelo fato de ser um nutriente finito e insubstituível (MALAVOLTA, 2006).

O fósforo é imprescindível ao crescimento e a produção das plantas, as quais não alcançam seu máximo potencial produtivo sem um adequado suprimento nutricional (Marschner, 1995). Ele é constituinte de importantes compostos das células vegetais, incluindo fosfato presente nas moléculas de açúcares intermediários da respiração e fotossíntese.

Frequentemente, mais de 90% do fósforo aplicado no solo é adsorvido na primeira hora

de contato com o mesmo, formando, primeiramente, o P-lábil e, posteriormente, com o passar do tempo, o P não lábil. Segundo Moreira & Siqueira (2006), mais de 75% do fósforo aplicado ao solo está indisponível para a planta, permanecendo retido em suas partículas.

Castro *et al.* (2016) afirmaram que para a cultura do milho, o fósforo é o nutriente menos requerido em termos de quantidade quando comparado ao N e K, porém é um elemento que está associado à máxima produção econômica de grãos de milho, sendo que, de 80 a 90% do seu total absorvido pelas plantas de milho são exportados para os grãos, o que indica a necessidade de reposição constante desse nutriente.

De acordo com os autores o bioma cerrado ocupa uma área de 207 milhões de hectares, o que representa 24% do território nacional.

Aproximadamente 50 milhões de hectares do Bioma Cerrado é ocupado com pastagens, das quais entre 70 e 80% apresentam baixa produtividade. Calagem e adubações podem reduzir estes problemas, mas, devido ao alto custo ou mesmo às questões culturais, o manejo é geralmente extrativista (VILELA *et al.*, 2004).

Segundo Coelho (2006), plantas de intenso desenvolvimento, de ciclo curto como o milho, requer maior nível de Fósforo em solução e reposição mais rápida do P-adsorvido que as plantas de culturas perenes.

Outro ponto a ser considerado quando a aplicação de fósforo é o fator disponibilidade. O fator disponibilidade é definido pela razão de equilíbrio entre a quantidade de fósforo no solo e a quantidade de fósforo na solução do solo. Representa uma medida da capacidade do solo em manter um nível determinado deste nutriente em solução. As características e o teor dos constituintes minerais da fração argila são responsáveis pela velocidade do processo de passagem do P-lábil para o P-não-lábil (GONÇALVES *et al.*, 1989).

Segundo Costa; Silva e Ribeiro (2013) a matéria orgânica (MO) é um dos principais componentes do solo que influencia a formação e a estabilização dos agregados. A matéria orgânica do solo provém em quase sua totalidade, dos resíduos de organismos vegetais, biomassa microbiana, e animais existentes no solo e matéria orgânica ligada intimamente aos argilominerais do solo (STEVENSON, 1994).

A quantidade de matéria orgânica do solo depende da entrada de material orgânico, da sua taxa de mineralização, da textura do solo e do clima, entre outros fatores. As transformações da matéria orgânica até a formação das frações humificadas mais estáveis (húmicas) compreendem a evolução da matéria orgânica nos solos (GUERRA *et al.*, 2008).

O processo de transformação da matéria orgânica do solo ocorre na seguinte ordem cronológica: decomposição de moléculas compostas e moléculas simples, humificação das

moléculas amorfas e de alta estabilidade, translocação de substâncias húmicas, interação entre as argilas e metais do solo, estabilização da matéria orgânica no solo depois de perdas por lixiviação, erosão e oxidação e fase final que é mineralização da matéria orgânica do solo em compostos inorgânicos SO_4^{2-} , NH_4^+ , HPO_4^{2-} e NO_3^- (FONTANA, 2009).

O teor de matéria orgânica do solo é muito importante para a manutenção de boa disponibilidade de macro e micronutrientes para as plantas, principalmente de boro, em razão de sua complexidade pelos radicais orgânicos evitando assim sua lixiviação (FONTANA, 2009).

De acordo com Zandonad et al. (2014) a matéria orgânica do solo é constituída por compostos de carbono originados a partir da decomposição de resíduos vegetais e animais. Além de ser fonte de nutrientes, a matéria orgânica do solo apresenta cargas de superfícies que contribuem para o aumento da capacidade de trocas de cátions do solo. A presença de MO no solo melhora a eficiência da adubação fosfatada pela liberação de ácidos orgânicos, os quais “competem” com o P pelos sítios de fixação, deixando-o mais disponível às plantas (BOT e BENITES, 2005).

Desta forma, considerando o potencial de influência da matéria orgânica na disponibilidade de fósforo no solo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do teor de matéria orgânica na disponibilidade de fósforo em relação a solos argilosos nos estágios iniciais da cultura do milho.

1. Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análises de Solo da Campo Análises, situado na Rua Lindolfo Garcia Adjunto, bairro Alto do Córrego, município de Paracatu – MG.

Utilizaram-se amostras de solo classificado como Latossolo vermelho, de acordo com a metodologia proposta pela EMBRAPA (2006), com textura argilosa. As amostras foram coletadas na região do Mundo Novo, município de Paracatu-MG, em três profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm. De acordo com cada profundidade foi amostrado cerca de 20 kg de terra fina seca ao ar (TFSA). O material foi todo homogeneizado e separado uma parcela de aproximadamente 200 g de solo, que foi peneirado em peneira de abertura de 2,00 mm e encaminhado para o Laboratório de Análises Agrícolas.

Os resultados da composição química estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1- Caracterização química do solo utilizado no experimento.

	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
--	-----------	-----------	-----------

Parâmetros	(0-10 cm)	(10-20 cm)	(20-40 cm)
pH em Água	5,1	4,9	4,94
pH em CaCl ₂	4,2	4,1	4,2
Matéria Orgânica (g/dm ³)	48	25	17
Classificação M.O	Muito Bom	Bom	Médio
Carbono Orgânico Total (g/dm ³)	27,76	14,46	9,83
Fósforo Solo (mg/dm ³)	0,56	0,44	0,39
Potássio Solo (mg/dm ³)	20	17	15
Kcmol (cmol _c /dm ³)	0,051	0,044	0,038
Cálcio Solo (cmol _c /dm ³)	0,146	0,094	0,075
Magnésio Solo (cmol _c /dm ³)	0,089	0,078	0,064
Sódio Solo (cmol _c /dm ³)	-	-	-
Alumínio Solo (cmol _c /dm ³)	0,2782	0,2671	0,1979
Acidez Potencial (cmol _c /dm ³)	5,7	5,44	5,11
CTC (cmol _c /dm ³)	6	5,7	5,3
%V (%)	4,7	3,7	3,4
m (%)	49	56	53

Tabela 2- Caracterização física do solo utilizado no experimento.

Parâmetros	Amostra 1 (0-10 cm)	Amostra 2 (10-20 cm)	Amostra 3 (20-40 cm)
Argila (g/kg)	680,0	680,0	680,0
Silte (g/kg)	290,6	285,8	292,0
Areia (g/kg)	29,4	34,2	28,0
Classificação	Argiloso	Argiloso	Argiloso

Em todos os tratamentos realizou-se a calagem do solo de acordo com a expressão

$$NC \text{ (t/ha)} = (V2-V1) \times T \times f / 100$$

Onde,

NC: Necessidade de Calagem

V2 - é o valor que queremos

e elevar; V1 - é valor

encontrado na análise;

T = capacidade de troca de cátions a pH 7,0;

f - fator de correção do PRNT do calcário a ser

utilizado. $f = 100 / \text{PRNT do calcário usado}$.

Seja um calcário com PRNT de 80% que vai ser usado para a

calagem. Logo, $f = 100/80 = 1,25$.

Aplicando na fórmula, para elevar o **V2 = 60%**, teremos.

Cálculo de Calagem

Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
$\text{NC t/ha} = (60 - 4,4) \times 6,0 \times 1,25 / 100$	$\text{NC t/ha} = (60 - 3,7) \times 5,7 \times 1,25 / 100$	$\text{NC t/ha} = (60 - 3,4) \times 5,3 \times 1,25 / 100$
NC = 4,17 t/ha.	NC = 4,01 t/ha.	NC = 3,75 t/ha.

Foram utilizados 20 kg de amostras de solo, que foram colocadas em sacos plásticos para realização da calagem. O calcário foi incorporado em todo o volume do solo, sendo este umedecido até capacidade de campo, incubando-se por 90 dias e, posteriormente, secado ao ar, até atingir umidade suficiente. Foram coletadas amostras das unidades experimentais e determinada o teor de P, K, pH, H+Al, teores de Cálcio, Magnésio e Alumínio trocáveis segundo metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

Para permitir o manuseio, e posterior transporte para os potes plásticos com 0,5 L de volume de solo, nos quais foram aplicados os tratamentos. Utilizando a seguintes dosagens de adubo fosfatado MAP de acordo com manual 5º Aproximação - Recomendação Para o Uso e Corretivos e Fertilizante em Minas Gerais 120 kg/ha de adubo e recomendado para solos com baixos teores de fósforo, como o solo utilizado no experimento apresenta-se baixos teores desses elementos utilizou a dosagem de 120 kg/ha. Com intuito de avaliar os efeitos da dosagem recomendada pela literatura, foi feito um acréscimo e um decréscimo de 30% à recomendação total, de modo a disponibilizar as dosagens de 84 kg/ha e 156 kg/ha. O adubo foi peneirado em malha de 0,2 mm a fim de homogeneizar sua granulometria. Após pesado foi incorporado ao

solo.

Semearam-se em cada vaso 4 sementes de milho marca DKB 310 PRO2 semente de alto potencial produtivo com excelente sanidade foliar, ciclo semiprecoce, depois de emergida foi realizado desbaste, retirando as plantas que não apresentavam características desejáveis visualmente deixando apenas uma planta por unidades experimentais, foram mantidas a capacidade de campo de acordo com o peso, sendo então, feita a reposição com água.

O experimento foi conduzido por 20 dias após esse período retirou-se a amostra dos tratamentos para avaliação de matéria seca e fósforo no tecido vegetal da gramínea.

A determinação de matéria seca do tecido vegetal foi realizada conforme metodologia proposta pela EMBRAPA, onde foi deixado por 24 horas por 55°C sobre circulação forçada.

2. Resultados e Discussão

Os Resultados dos ensaios realizados estão apresentados na Tabela 3 e Gráfico 1 para o Percentual de Produção de Massa Seca e Tabela 4 e Gráfico 2 para o teor de Fósforo na planta.

Como pode ser observado nos resultados obtidos, o aumento no teor de fosfato aplicado no solo resultou em uma maior produção de massa seca nas amostras, conforme pode ser observado em cada uma das linhas da Tabela 3. Nesta mesma Tabela é possível observar que para a amostra com 1,0% de matéria orgânica, o percentual de massa seca foi de 19,43% para os testes com aplicação de 84 kg P₂O₅/ha, enquanto que este percentual aumentou de 20,76% e 21,83% para os testes com aplicação de 120 e 156 kg P₂O₅/ha, respectivamente, sendo todos os valores estatisticamente diferentes.

Tabela 3: Percentual de Massa seca nas amostras de milho para as diferentes dosagens de fosfato em solos com diferentes teores de matéria orgânica.

Dose de P₂O₅ aplicada

		84 kg/ha P ₂ O ₅	120 kg/ha P ₂ O ₅	156 kg/ha P ₂ O ₅
Teor de Matéria Orgânica no	Testemunha (1,0%)	16,28 a1 b1	16,89 a1 b1	16,40 a1 b1
	1,0%	19,43 a2 b1	20,76 a2 b2	21,83 a2 b3
	1,70%	21,33 a2 b1	21,76 a3 b2	22,11 a3 b3
	2,5%	21,69 a2 b1	22,65 a4 b2	23,32 a4 b3

OBS: Número nas colunas seguidas da letra a e mesmo número e números nas colunas seguidos da letra b e mesmo número são estatisticamente iguais ao nível de confiança de 95% conforme teste de Tukey.

Quando se avalia os testes realizados com o solo contendo 1,7% de Matéria

Orgânica, o percentual de massa seca foi de 21,33% para os testes com aplicação de 84 kg P_2O_5 /ha, enquanto que este percentual aumentou de 21,76% e 22,11% para os testes com aplicação de 120 e 156 kg P_2O_5 /ha, respectivamente, sendo todos os valores estatisticamente diferentes. Do mesmo modo, quando se avalia os testes realizados com o solo contendo 2,5% de Matéria Orgânica, o percentual de massa seca foi de 21,69% para os testes com aplicação de 84 kg P_2O_5 /ha, enquanto que este percentual aumentou de 22,65% e 23,32% para os testes com aplicação de 120 e 156 kg P_2O_5 /ha, respectivamente, sendo todos os valores estatisticamente diferentes (Gráfico 1).

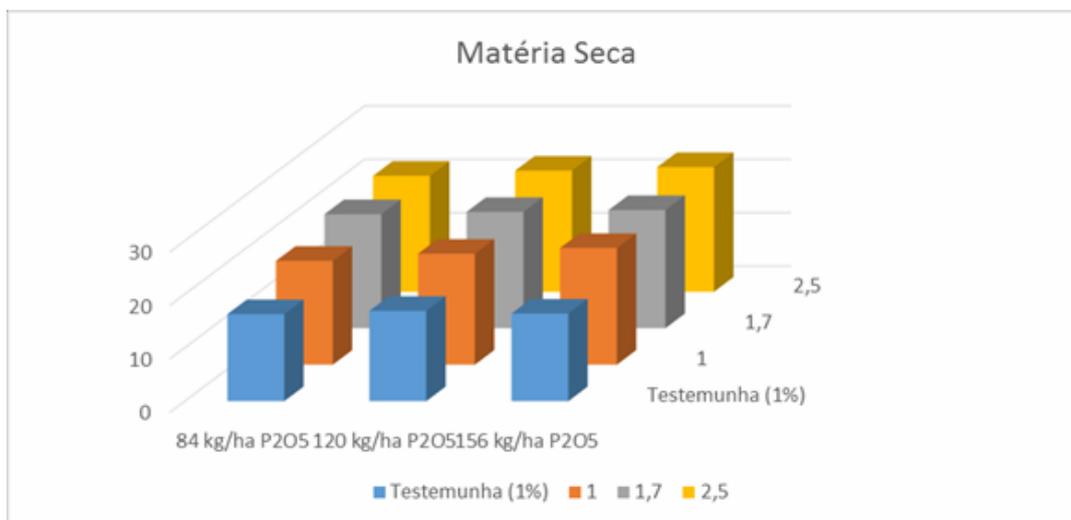


Gráfico 1: Percentual de Massa Seca nas amostras em função da dosagem de fósforo e diferentes teores de matéria orgânica no solo.

Estes resultados demonstraram que, nas condições do experimento realizado, aumentando-se a dosagem de aplicação de P_2O_5 , aumentou-se o teor de matéria seca nas plantas de milho. Este resultado colabora com o proposto por Corrêa; Mauad e Rosolem (2004) constataram que o incremento das doses de P no solo favoreceu o aumento da massa de matéria seca da parte aérea da soja, assim como estudos de Zanini et al. (2009), que observaram os efeitos de doses crescentes de fósforo (P) sobre a produção de matéria seca de três forrageiras tropicais e evidenciaram que a aplicação de fósforo foi eficiente para aumentar a produção de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular das forrageiras até a dose máxima estudada de 150 mg kg^{-1} de fósforo.

Ainda observando os dados apresentados na Tabela 3, é possível avaliar a produção de massa seca para cada uma das dosagens de fosfato em função do teor de matéria orgânica no solo. Quando se avalia a dosagem de 84 kg P_2O_5 /ha, observa-se que o teste com 1,0% de matéria orgânica apresentou 19,43% de massa seca, quanto o teste com 1,7% de matéria orgânica apresentou 21,33% de massa seca e o teste com 2,5% de matéria orgânica 21,69% de massa

seca, sendo os três valores estatisticamente diferente da amostra Testemunha com 1,0% de matéria orgânica, porém, todos estatisticamente iguais entre si.

Quando se avalia a dosagem de 120 kg P₂O₅/ha, observa-se que o teste com 1,0% de matéria orgânica apresentou 20,76% de massa seca, quanto o teste com 1,7% de matéria orgânica apresentou 21,76% de massa seca e o teste com 2,5% de matéria orgânica 25,65% de massa seca, sendo os três valores estatisticamente diferentes da amostra Testemunha com 1,0% de matéria orgânica, porém, todos estatisticamente diferentes entre si.

Já quando se avalia a dosagem de 156 kg P₂O₅/ha, observa-se que o teste com 1,0% de matéria orgânica apresentou 21,83% de massa seca, quanto o teste com 1,7% de matéria orgânica apresentou 22,11% de massa seca e o teste com 2,5% de matéria orgânica 23,32% de massa seca, sendo os três valores estatisticamente diferentes da amostra Testemunha com 1,0% de matéria orgânica, porém, todos estatisticamente diferentes entre si. Estes resultados corroboram com o proposto por Janegitz et al. (2015) que verificaram que a presença de maior teor de matéria orgânica no sistema de semeadura direta aliado a aplicação de corretivos resulta em maiores quantidades de Ca, Mg e P disponível e conseqüentemente resultam em uma maior produção de massa seca.

Analisando os resultados apresentados na Tabela 4, observa que o aumento da dosagem de fosfato no solo resultado em um maior teor de fósforo no tecido vegetal planta. Este comportamento foi observado para os testes com teores de matéria orgânica de 1,0%,

1,7% e 2,5%. Porém, para a amostra Testemunha com 1,0% de matéria orgânica, observou que o aumento da dosagem de fosfato de 120 para 156 kg P₂O₅/ha não resultou em uma maior concentração de fósforo no tecido vegetal, indicando que, solos com baixa teor de matéria orgânica e com baixa CTA, apresentam uma limitação da disponibilidade de fósforo para as plantas, muito possivelmente devido à limitação de sítios de adsorção.

Tabela 4: Teor em g/kg de Fósforo nas plantas de milho para as diferentes dosagens de fosfato em solos com diferentes teores de matéria orgânica.

Dose de P₂O₅ aplicada

		84 kg/ha P ₂ O ₅	120 kg/ha P ₂ O ₅	156 kg/ha P ₂ O ₅
Teor de Matéria Orgânica no Solo	Testemunha (1,0%)	4,42 a1 b1	5,24 a2 b2	5,25 a1 b2
	1,0%	4,6 a1 b1	6,27 a2 b2	6,67 a2 b3
	1,70%	5,26 a2 b1	6,87 a2 b2	7,78 a3 b3
	2,5%	5,53 a2 b1	7,45 a3 b2	7,71 a3 b3

Número nas colunas seguidas da letra a e mesmo número e números nas colunas seguidos da letra b e mesmo número são estatisticamente iguais ao nível de confiança de 95% conforme teste de Tukey.

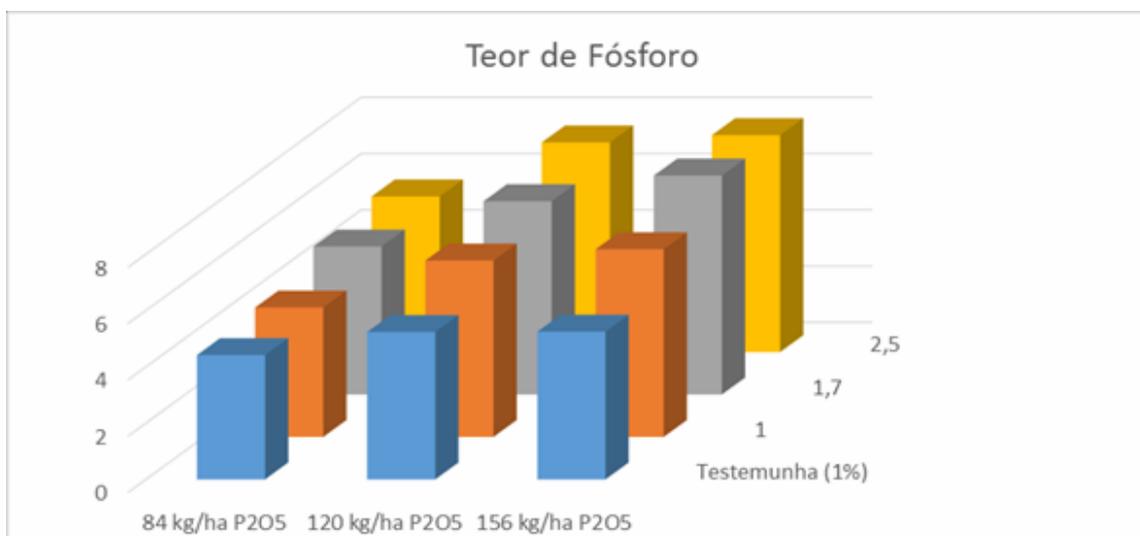


Gráfico 2: Teor de Fósforo (g/Kg) nas plantas em função da dosagem de fósforo e diferentes teores de matéria orgânica no solo.

Já quando se avalia o efeito do teor de matéria orgânica no solo para uma mesma dosagem, observa-se que, o aumento da quantidade de matéria orgânica no solo resultou em uma maior quantidade de fósforo no tecido vegetal. Para os testes realizados com 84 kg P₂O₅/ha observou-se que o teor de fósforo no tecido vegetal foi de 4,42 g/kg para a amostra testemunha com 1% de matéria orgânica, 4,6 g/kg para a amostra com 1,0% de matéria orgânica e 5,26 e 5,53 g/kg para as amostras com 1,7 e 2,5% de matéria orgânica, respectivamente, sendo que as amostras testemunhas e solo com uma 1,7% de MO diferentes entre si.

Do mesmo modo, quando se avalia os testes realizados com 120 kg P₂O₅/ha observou-se que o teor de fósforo no tecido vegetal foi de 5,4 g/kg para a amostra testemunha com 1% de matéria orgânica, 2,27 g/kg para a amostra com 1,0% de matéria orgânica e 6,87 e 7,45 g/kg para as amostras com 1,7 e 2,5% de matéria orgânica, respectivamente.

Já para os testes realizados com 156 kg P₂O₅/ha observou-se que o teor de fósforo no tecido vegetal foi de 5,25 g/kg para a amostra testemunha com 1% de matéria orgânica, 6,67 g/kg para a amostra com 1,0% de matéria orgânica e 7,78 e 7,71 g/kg para as amostras com 1,7 e 2,5% de matéria orgânica, respectivamente. Estes resultados demonstram que, o aumento no teor de matéria orgânica no solo resulta em uma maior disponibilidade de fósforo para as

plantas, devido principalmente ao aumento no número de sítios e conseqüentemente o aumento da fração de fósforo lábil.

Janegitz *et al.* (2015) verificaram que a presença de maior teor de matéria orgânica no sistema de semeadura direta aliado a aplicação de corretivos resulta em maiores quantidades de Ca, Mg e P disponível na camada de 0-10 cm.

Resultados obtidos por Machado *et al.* (2011), demonstraram que a disponibilidade de P diminui ao longo do tempo, sendo mais pronunciado em solos de textura média, seguido pelo argiloso e, por último, pelo arenoso. Desta forma o solo arenoso apresentou a maior disponibilidade de P em função da dose aplicada.

Corrêa; Mauad e Rosolem (2004) constataram que o incremento das doses de P no solo favoreceu o aumento da massa de matéria seca da parte aérea da soja.

Zanini *et al.* (2009), ao estudarem os efeitos de doses crescentes de fósforo (P) sobre a produção de matéria seca de três forrageiras tropicais, comprovaram que a aplicação de fósforo foi eficiente para aumentar a produção de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular das forrageiras até a dose máxima estudada de 150 mg kg⁻¹ de P.

Aumentos nos níveis de P disponível no solo em função de doses do fertilizante fosfato foram também observados por Rosolem *et al.* (1994), Büll *et al.* (1998) e Rosolem & Marcello (1998).

3. Conclusão

A produção de massa de matéria seca nas plantas de milho aumenta tanto em função dos maiores teores de P no solo quanto á maior concentração de matéria orgânica no solo.

A disponibilidade de P no solo argiloso aumentou conforme a presença de maiores teores de matéria orgânica no solo.

4. Referências

BOT, A.; BENITES, J. **The importance of soil organic matter, Key to drought- resistant soil and sustained food production.** FAO Soils Bulletin, 2005. 80p.

BONSER, A. M.; LYCH, J. P.; SIEGLINDE, S. Effect of phosphorus deficiency on growth angle of basal roots in *Phaseolus vulgaris*. **New Phytologist**, v. 132, p. 281- 288, 1996.

BROCH, D. L.; RANNO, S. K. **Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura do milho.** Fundação Mato Grosso. Tecnologia e Produção: Soja e Milho 2011/2012.

BÜLL, L.T.; FORLI, F.; TECCHIO, M.A.; CORRÊA, J.C. Relação entre fósforo

extraído por resina e resposta da cultura do alho vernalizado à adubação fosfatada em cinco solos com e sem adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.459-470, 1998.

CANTARELLA, H. **Calagem e adubação do milho**. In: BÜLL, L.T. & CANTARELLA, H., eds. Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, POTAFOS, 1993. p.147-196.

CASTRO, L. R. et al. **Doses e formas de aplicação de fósforo na cultura do milho**. Revista Agrarian, v.9, n.31, p.47 - 54, Dourados, 2016.

COELHO, A.M. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. p. 1-10. (Circular técnica 78).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos- safra 2017/18**. V.5, n. 1, Primeiro levantamento, Brasília, p. 1-114 outubro 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, 2018. v.1.n.3.

CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.39, n.12, p.1231-1237, dez. 2004.

COSTA, J. P. V.; BASTOS, A. L.; REIS, L. S.; MARTINS, G. O.; SANTOS, A. F. Difusão de fósforo em solos de Alagoas influenciada por fontes do elemento e pela umidade. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 229- 235, 2009.

COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopedia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p. 2013.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FONTANA, A. **Fracionamento da matéria orgânica e caracterização dos ácidos húmicos e sua utilização no sistema brasileiro de classificação de solos** [Tese doutorado]. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós Graduação em Agronomia. 2009. 81f.

GONÇALVES, J. L. M.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C .L.; RIBEIRO, A.C. Cinética de transformação de fósforo-lábil em não-lábil, em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 13, p. 13-24, 1989.

GRANT, C. A. et al. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. POTAFOS, Piracicaba, 2001, 16 p. Informações Agronômicas.

GUERRA, J.G.M. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**:

ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.19-25.

HINSINGER, P. Biology availability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: A review. **Plant and Soil**, v. 237, p. 173-195, 2001.

JANEGITZ, M. C. et al. **Disponibilidade de fósforo, cálcio e magnésio no solo em função da aplicação de corretivos e sistema de manejo**. In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Natal/RN. 2015.

LÓPEZ-BUCIO, J. L.; M. de la VEJA, O. M. de la; GUEVARA-GARCÍA, A.; HERRERA-ESTRELLA L. Enhance phosphorus uptake in transgenic tobacco plants that overproduce citrate. **Natural Biotechnology**, v. 18, p. 450-453, 2000.

MACHADO, V. J. et al. Curvas de disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 70-76, Jan./Feb. 2011.

MARCHI, S. L. **Interação entre desfolha e população de plantas na cultura do milho na Região Oeste do Paraná**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná [Dissertação de mestrado]. 2008, 54p.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas, nutrição mineral. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009. 486 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 2002. 889p.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. C.; ZACCHEO, P. V. C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia** v.4, n.2, Mai/Ago (2011).

PINHO, R. G.V; SANTO, A.O; PINHO, I.V. Botânica. In: BORÉM, A.; GALVÃO, J.C.C.; PIMENTEL, M.A. (Ed.) **Milho**: do plantio a colheita. Viçosa: UFV, 2015. p.26- 49.

RAIJ, B. van; et al., **A. Gesso na produção de cultivares de milho com tolerância diferencial a alumínio em três níveis de calagem**. R. Bras. Ci. Solo, 22:101-108, 1998.

REIS, W. dos. et al. Características da carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo grãos de milho conservados em diferentes formas. **Rev. bras. zootec.** Viçosa, 2001. vol.30, n.4.

REIS, R. **Kim Coat: uma nova ferramenta para otimização do uso de fertilizantes**. Simpósio sobre Informações Recentes para Otimização da Produção Agrícola. IPNI. Piracicaba. 2007.

ROCHA, A. T.; DUDA, G. P.; NASCIMENTO, C. W. A.; RIBEIRO, M. R. Fracionamento de fósforo e avaliação de extratores de P-disponível em solos da ilha de Fernando de Noronha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 178-184, 2005.

RODRIGUES, M. A. C. et al. Adubação com KCl revestido na cultura do milho no cerrado. **R.**

Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.18, n.2, p.127–133, 2014.

ROSOLEM, C.A.; ASSIS, J.S.; SANTIAGO, A.D. Root growth and mineral nutrition of corn hybrids as affected by phosphorus and lime. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.25, p.2491-2499, 1994.

ROSOLEM, C.A.; MARCELLO, C.S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. **Scientia Agrícola**, v.55, p.448-455, 1998.

SANGOI, L. *et al.* Desempenho agrônômico do milho em razão do tratamento de sementes com *Azospirillum spp.* e da aplicação de doses de nitrogênio mineral. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, p. 1-10, mar.2014.

SANO, E. E.; BARCELLOS, A. O.; BEZERRA, H. S. **Área e distribuição espacial de pastagens cultivadas no Cerrado Brasileiro**. Boletim de Pesquisa, Brasília, n.3, p.1-21, 1999.

SOUSA, D. M. G., LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2a ed. Brasília: Embapa, 2004. 416p.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry. genesis, composition, reactions**. 2. ed. New York. John Wiley & Sons, 496p. 1994.

USDA- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World Agricultural Production**. 2017. Disponível em:

<

<http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/worldagproduction/worldag-production-03-09-2017.pdf>>. Acesso em: 28 de out. de 2018.

VERGÜTZ, L.; NOVAIS, R.F. de. Recomendação de corretivos e adubação. In: BORÉM, A.; GALVÃO, J.C.C.; PIMENTEL, M.A. (Ed.) **Milho: do plantio a colheita**. Viçosa: UFV, 2015. p.108-136.

VENDRAME, P. R. S. et al. Caracterização da solução de solos do Bioma Cerrado sob pastagens. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.28, n.2, p.167-178, abr/jun. 2007.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR., G. B.; BARIONI, L. G.; BARCELLOS, A. O. **Adubação na recuperação e na intensificação da produção animal em pastagens**. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fealq, 2004. p. 425-472.

VORPAGEL, A. G. **Inoculação de *Azospirillum*, isolado e associado a bioestimulante, em milho, no noroeste do RS** [Trabalho de conclusão de curso]. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí- RS. 56 f. 2010.

ZANINI, F. H. et al. Adubação fosfatada sobre a produção de matéria seca de forrageiras tropicais. **Synergismus scyentific**, UTFPR, Pato Branco, 04 (1). 2009.

ZANDONADI, D. B. et al. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Hortic. bras.**, v. 32, n. 1, jan. - mar. 2014.