

DOSES E MODOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO NA SOJA EM ÁREA DE PRIMEIRO CULTIVO NO CERRADO

Gentil Cavalheiro Adorian¹, Marcos Weigand², Bruno Weigand (*in memoriam*)², Jéssica de Souza Cavalcante Carvalho³, Evelynne Urzêdo Leão⁴, Rogério Cavalcante Gonçalves⁵

RESUMO:

Nos solos de cerrado, a baixa disponibilidade de fósforo (P) é um dos fatores que mais limita a produtividade da soja e sua restrição causa danos irreversíveis à cultura. Por essa razão, o manejo adequado da adubação fosfatada é imprescindível para que se consigam produtividades satisfatórias. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar doses e modos de aplicação de fósforo na soja em área de primeiro cultivo no Cerrado. O experimento foi conduzido a campo em delineamento de blocos casualizados, com esquema fatorial 4 x 3, em que foram testadas quatro doses de fósforo (26, 52, 78 e 104 kg ha⁻¹ de P) em três modos de aplicação, no sulco de plantio, a lanço com incorporação rasa e combinada (50% no sulco e 50% à lanço), com três repetições. Foram avaliados a altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, diâmetro do caule, número de grãos por vagem, peso de mil grãos e produtividade. Independente da dose, o modo de aplicação do fósforo no sulco de plantio resultou em maiores médias em altura de planta (82,3 cm), altura de inserção da primeira vagem (23,9 cm) e diâmetro do caule (7,3 cm). Em relação direta, a produtividade, a aplicação no sulco e combinada não diferiram entre si, pois apresentaram valor médio aproximado de 1.800 kg ha⁻¹. A produtividade apresentou resposta quadrática em função das doses de P para os modos de aplicação no sulco (R² 99,6%) e combinada (R² 88,9%), com dose de maior resposta de 111,9 kg ha⁻¹ de P e produtividade estimada de 2.337,74 kg ha⁻¹ para aplicação no sulco; e de 97,4 kg ha⁻¹ de P, com produtividade estimada de 2.070,40 kg ha⁻¹, para aplicação combinada. O modo de aplicação à lanço apresentou resposta linear (R² 98,9%), com incremento de 16,18 kg ha⁻¹ em produtividade a cada 1 kg ha⁻¹ de P aplicado ao solo, conforme o modelo. Portanto, nas condições do atual experimento, o modo de adubação a lanço foi inferior aos modos de adubação no sulco e combinado. Desta forma, a adubação no sulco e combinada podem ser adotadas como adubação fosfatada em áreas de primeiro cultivo no Cerrado.

Palavras chaves: *Glycine max*, adubação fosfatada, aplicação no sulco, aplicação a lanço.

DOSES AND FORMS OF PHOSPHORUS APPLICATION IN SOYBEAN IN A FIRST CULTURE AREA IN THE CERRADO

RESUMO:

In cerrado soils, the low availability of phosphorus (P) is one of the factors that most limits soybean productivity and its restriction causes irreversible damage to the crop. For this reason, proper management of phosphate fertilization is essential to achieve satisfactory productivity. The primary objective of the study was to evaluate phosphorus doses and application methods in soybeans in a first cropping area in the Cerrado. The experiment was conducted in the field using a randomized block design, with a 4 x 3 factorial scheme, in which four doses of phosphorus (26, 52, 78, and 104 kg ha⁻¹ of P) were tested in three application modes, in the furrow planting, by broadcast with shallow coverage and combined incorporation (50% in the furrow and 50% by broadcast), with three replications. It measured - plant height, first pod insertion height, stem diameter,

¹Professor Doutor(a) do Centro Universitário do Tocantins (UniCatolica), Palmas-TO, gentil.ca@unitins.br, <https://orcid.org/0000-0002-0648-9615>; ²Engenheiro Agrônomo, weigandmarcos@gmail.com; ³Professora Mestre da Universidade Estadual do Tocantins, Palmas-TO, jessicascvt@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8581-7305>; ⁴Professora Doutora da Universidade Estadual do Tocantins, evelynne.ul@unitins.br, <https://orcid.org/0000-0002-1974-6043>. ⁵Doutorando da Universidade Federal do Tocantins, cavalcante.rcg@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7251-4807>

number of grains per pod, weight per thousand grains, and production. Regardless of the dose, the mode of phosphorus application in the planting furrow resulted in higher averages for plant height (82.3 cm), first pod insertion height (23.9 cm), and stem diameter (7.3 cm). Application in the furrow and combination had similar productivity levels, with an approximate average value of 1.800 kg ha⁻¹. Yield showed a quadratic response as a function of P doses for furrow (R² 99.6%) and combined (R² 88.9%) application modes, with the highest response dose of 111.9 kg ha⁻¹ of P and estimated productivity of 2,337.74 kg ha⁻¹ for furrow application, and 97.4 kg ha⁻¹ of P, with estimated productivity of 2,070.40 kg ha⁻¹, for combined application. The broadcast application mode showed a linear response (R² 98.9%), with an increment of 16.18 kg ha⁻¹ in productivity for each 1 kg ha⁻¹ of P applied to the soil, according to the model. Therefore, under the conditions of the current experiment, the broadcast fertilization mode was inferior to the furrow and combined fertilization modes. Thus, it is possible to use in-furrow and combined fertilization for phosphorus fertilization in areas of Cerrado's first cultivation.

Palavras-chave: *Glycine max*, phosphate fertilization, furrow application, broadcast application.

INTRODUÇÃO

A região do Matopiba, que compreende o bioma Cerrado em parte dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, é considerada uma grande fronteira agrícola nacional, com significativa produção de grãos e fibras (Pereira et al., 2018). A região, até pouco tempo sem tradição em agricultura, desperta o interesse dos agricultores pelos níveis de produtividade cada vez mais crescente nas safras (Batista et al., 2022).

No Tocantins, nos últimos dez anos, a área plantada com grãos teve crescimento de 132% e a produção de 159%, tornando o estado o maior produtor de grãos da região Norte do Brasil (SEAGRO, 2023). Na safra 2021/22, o Tocantins teve área plantada superior a 1,78 milhões de hectares e produção superior a 6,56 milhões de toneladas, representando um aumento em relação à safra passada de 9,6% e 18,8% para área e produção, respectivamente (CONAB, 2022).

Nos solos do Cerrado, a baixa disponibilidade de fósforo (P) é um dos fatores que mais limita a produtividade da soja (*Glycine max* L. Merrill) e a sua restrição pode causar danos irreversíveis à cultura (Vinha et al., 2021). Este nutriente desempenha papel importante em processos que envolvem transferência de energia, como na fotossíntese, na síntese de proteínas, na absorção de nutrientes, no transporte de solutos, bem como para o desenvolvimento radicular, florescimento e frutificação da planta. Por esta razão, o manejo adequado da adubação fosfatada é imprescindível para que se consiga produtividades agrícolas satisfatórias.

De modo geral, a eficiência da adubação fosfatada nos solos de cerrado é baixa em razão das reações de precipitação do fósforo com íons de alumínio, ferro e cálcio, e à sua fixação aos óxidos de ferro e alumínio (Souza e Lobato, 2004; Vilar et al., 2010). Estes problemas se intensificam quanto mais contato o nutriente estiver com os grupos funcionais dos argilominerais (Vilar et al., 2010). Isso compromete a resposta das culturas à adubação fosfatada, sendo necessário aplicar doses acima do requerido pelas plantas para compensar as limitações do fósforo no solo (Muindi, 2019).

No manejo da adubação fosfatada, é necessário que o fósforo esteja disponível próximo às raízes para sua absorção, pois este nutriente se move principalmente através da difusão, que é um processo lento e que ocorre a curtas distâncias (Novais et al.,

2007). Nesse sentido, a adubação feita de forma localizada no sulco de plantio favorece a difusão e possibilita menor contato do nutriente com os grupos funcionais dos argilominerais, reduzindo as limitações do nutriente (Resende et al., 2016). Porém, com o uso de elevadas doses de fertilizantes a aplicação atrasa e encarece a semeadura, pelos inúmeros reabastecimentos dos fertilizantes na semeadura. Por outro lado, a aplicação a lanço, seguida de incorporação do fertilizante ao solo, aumenta as chances de fixação e precipitação, que se acentuam em solos com baixos teores de fósforo (Vilar et al., 2010).

Em estudos avaliando o efeito de formas de aplicação do fertilizante fosfatado na produtividade da soja, em solo com teor adequado de P, Teixeira et al. (2013) observaram que a aplicação do fertilizante 100% a lanço apresentou os melhores resultados. Já Motomiya et al. (2004), avaliando o efeito de formas de aplicação do fertilizante fosfatado na produção de grãos de soja em sistema de plantio direto com solo de textura média e teor baixo de P, não observaram diferenças entre as aplicações no sulco e à lanço. Enquanto, Silva et al. (2010), em solo de textura média e teor baixo de P, observaram que a aplicação de fertilizante fosfatado no sulco de plantio, em dose acima de 57 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (24,9 kg de P), afetou negativamente a produtividade do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), porém, não diferiu da aplicação a lanço.

Embora não havendo um consenso entre adubação fosfatada a lanço e no sulco de plantio, como também a interação entre doses e modos de aplicação, este trabalho teve como objetivo avaliar doses e modos de aplicação do fósforo na cultura da soja em área de primeiro cultivo no Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo na safra 2018/2019, na Fazenda Bela Vista, localizada no município de Pugmil - TO, nas coordenadas geográficas 10°28'27"S e 48°51'03"O, em altitude de 284 m.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é classificado como C2wa'a' – Clima úmido subúmido, com pequena deficiência hídrica, evapotranspiração potencial média anual de 1.500 mm, distribuindo-se no verão, e em torno de 2400 mm ao longo dos três meses consecutivos com temperaturas mais elevadas, apresentando

temperatura e precipitação média anual de 27,5° C e 1.600 mm, respectivamente (Silva Neto et al., 2020).

A temperatura mínima, máxima e precipitação ao longo da condução do experimento estão

apresentados na Figura 1. Neste período, a precipitação acumulada na propriedade foi de 1.871 mm.

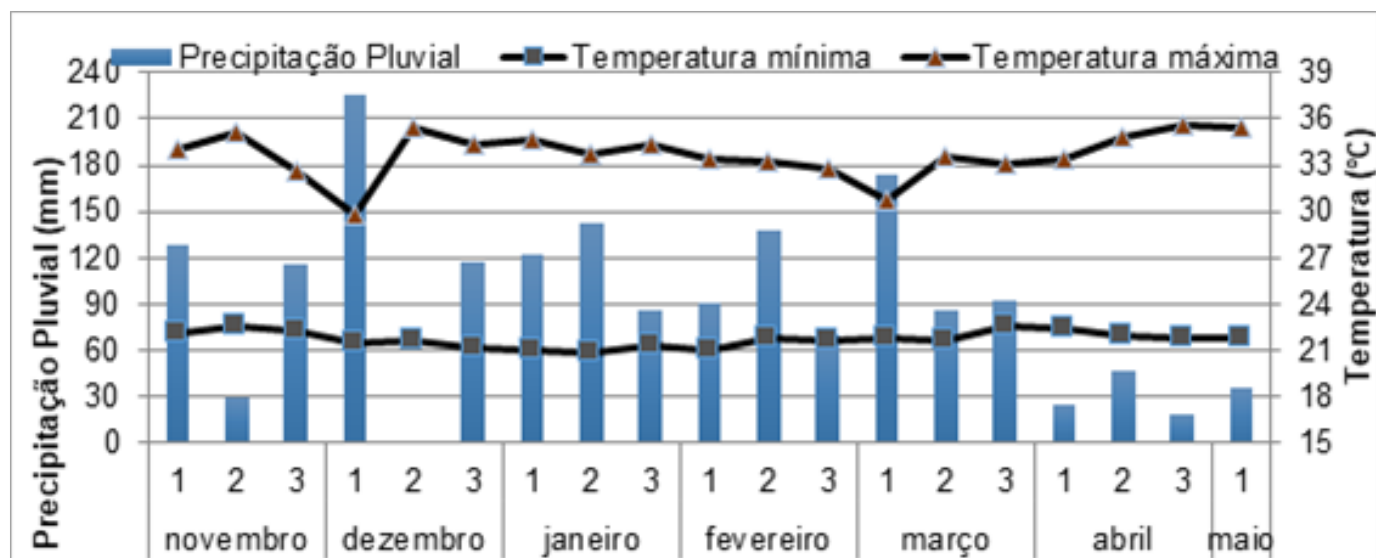


Figura 1. Precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima decendial na propriedade durante a safra 18/19. Fonte: Estação meteorológica da propriedade.

A área escolhida para a implantação do experimento foi desmatada em maio de 2018, em conformidade com as leis ambientais vigentes, e a partir de julho do mesmo ano realizou-se a gradagem com uso de grade aradora com disco de 36 polegadas, a uma profundidade de 32 cm, seguido de nivelamento com grade niveladora.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, de textura argilosa (Embrapa, 2018), e suas características físicas e químicas na profundidade de 0 – 20 cm estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise de solo do local do experimento antes da aplicação dos fertilizantes.

pH	MO	P-Mel ⁻¹	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ²⁺	H+Al	CTC	V	Areia	Silte	Argila
CaCl ₂	g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³		cmol.c.dm ⁻³					%	g kg ⁻¹		
4,4	17	0,2	0,07	0,8	0,3	0,2	3,4	4,57	25,6	398	160	442

Extratos: P, K, em Mehlich 1; Ca, Mg, e Al trocáveis em KCl – 1N; H+Al em solução SMP; MO por oxidação: Na₂Cr₂O₇4N+H₂SO₄10N.

Três meses antes do plantio fez-se a calagem, com a aplicação de 6 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 85%) e 3 Mg ha⁻¹ de calcário calcítico (PRNT 80%), seguindo o padrão da propriedade. O calcário foi incorporado com grade aradora de 36 polegadas a aproximadamente 32 cm de profundidade, seguido de nivelamento.

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com esquema fatorial 4x3, sendo quatro doses de fósforo (26, 52, 78 e 104 kg ha⁻¹ de P) e três modos de aplicação: no sulco de plantio a

lanço com incorporação rasa e aplicação combinada (50% no sulco e 50% a lanço), com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Cada unidade experimental possuía 900 m².

A adubação a lanço foi realizada quatro dias antes do plantio da soja, com auxílio de um distribuidor de fertilizantes. Após a distribuição realizou-se a incorporação com grade niveladora a aproximadamente 5 cm de profundidade. A adubação no sulco foi realizada a aproximadamente 8 cm de profundidade, no mesmo dia do plantio com o

distribuidor de fertilizantes integrado à semeadora. Antes da semeadura, fez-se também a aplicação a lanço de 130 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando cloreto de potássio.

A semeadura foi realizada no dia 8 de dezembro de 2018 através de uma semeadora com distribuição de sementes a vácuo, regulada para uma população aproximada de 177 mil plantas ha⁻¹. Utilizou-se sementes de soja da cultivar de ciclo médio Monsoy 8644 IPRO.

Aos cento e dez dias após o plantio, quando as plantas se encontravam em estágio R8 (final de ciclo), foram avaliadas as variáveis:

- altura de planta (AP, cm) – mensurada em 20 plantas por parcela, do nível do solo ao ápice da planta, com auxílio de uma régua graduada;

- altura de inserção da primeira vagem (AIV, cm) – mensurada em 20 plantas por parcela, do nível do solo até a inserção da primeira vagem, com auxílio de uma régua graduada;

- diâmetro do caule (DC, mm) – mensurado em 20 plantas por parcela na região entre o primeiro e o segundo nó da haste principal acima do solo, utilizando um paquímetro digital;

- número de grãos por vagem (GV) – avaliado por meio da coleta das vagens de 20 plantas por parcela, contagem do número total de grãos e, posteriormente, o resultado dividido pelo número total de vagens da planta;

- peso de mil grãos (PMG, g) – obtido por meio da contagem de 1000 grãos adquiridos de amostras homogêneas coletadas de cada parcela, seguido da pesagem em balança de precisão;

- produtividade (PROD, kg ha⁻¹) – avaliada pela pesagem do total de grãos colhidos manualmente das plantas presentes nos 50 m² centrais da parcela, com posterior debulha em trilhadeira e pesagem. Os valores de produtividade foram estimados em quilograma por hectare com umidade dos grãos de 14,6% na base úmida.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias qualitativas comparadas pelo teste de Tukey e as quantitativas pela análise de regressão, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR 5.6.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas diferenças significativas ($p \leq 0,001$) para doses e modos de aplicação do fósforo às variáveis altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIV), diâmetro do caule (DC) e produtividade (PROD) (Tabela 2). Observou-se também, interação significativa entre dose e modo de aplicação nas variáveis AIV ($p \leq 0,01$) e PROD ($p \leq 0,001$).

Tabela 2. Análise de variância, com valores de quadrado médio (QM) das variáveis altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIV), diâmetro do caule (DC), número de grãos por vagem (GV), peso de mil grãos (PMG) e produtividade (PROD) de soja submetida a doses e modos de aplicação do fósforo.

FV	GL	QM					
		AP	AIV	DC	GV	PMG	PROD
Dose	3	848,53***	27,16***	4,87***	0,006 ^{ns}	130,88 ^{ns}	2100592,75***
Modo	2	3961,33***	399,29***	8,8***	0,07 ^{ns}	0,44 ^{ns}	1721410,2***
Dose*Modo	6	60,84 ^{ns}	12,41**	0,16 ^{ns}	0,03 ^{ns}	17 ^{ns}	78776,55***
Bloco	2	15,87	0,91	0,05	0,013	146,19	591604,76
Erro	22	27,04	2,88	0,23	0,033	70,4	15288,79
CV (%)		7,74	8,8	7,4	8,91	8,52	7,83

** $P \leq 0,01$, *** $P \leq 0,001$ e ns – não significativo.

Não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) para número de grãos por vagem (NGV) e peso de mil grãos (PMG). Os valores médios de NGV e PMG foram de 2,06 e 98,44 g, respectivamente (Tabela 2).

Para as variáveis altura de planta (AP) e altura de inserção da primeira vagem (AIV), na média geral,

independentemente da dose avaliada, a aplicação no sulco foi superior aos demais modos de aplicação (Tabela 3). Para aplicação em sulco a AP foi em média 82 cm e a AIV foi em média 23,95 cm, já para a aplicação à lanço houve redução aproximada de 35 cm (42,7%) para AP e 11,11 cm (46,4%) para AIV, e combinada essa diferença foi de 10 cm (12,2%) para

AP e 2,85 cm (11,9%), comparados à aplicação em sulco (Figura 2). A altura de planta superior a 65 cm e altura da inserção da primeira vagem superior a 10

cm são desejáveis para colheita mecanizada (Bertolin et al. 2010), valores que são encontrados neste trabalho, com exceção do modo de aplicação à lanço.

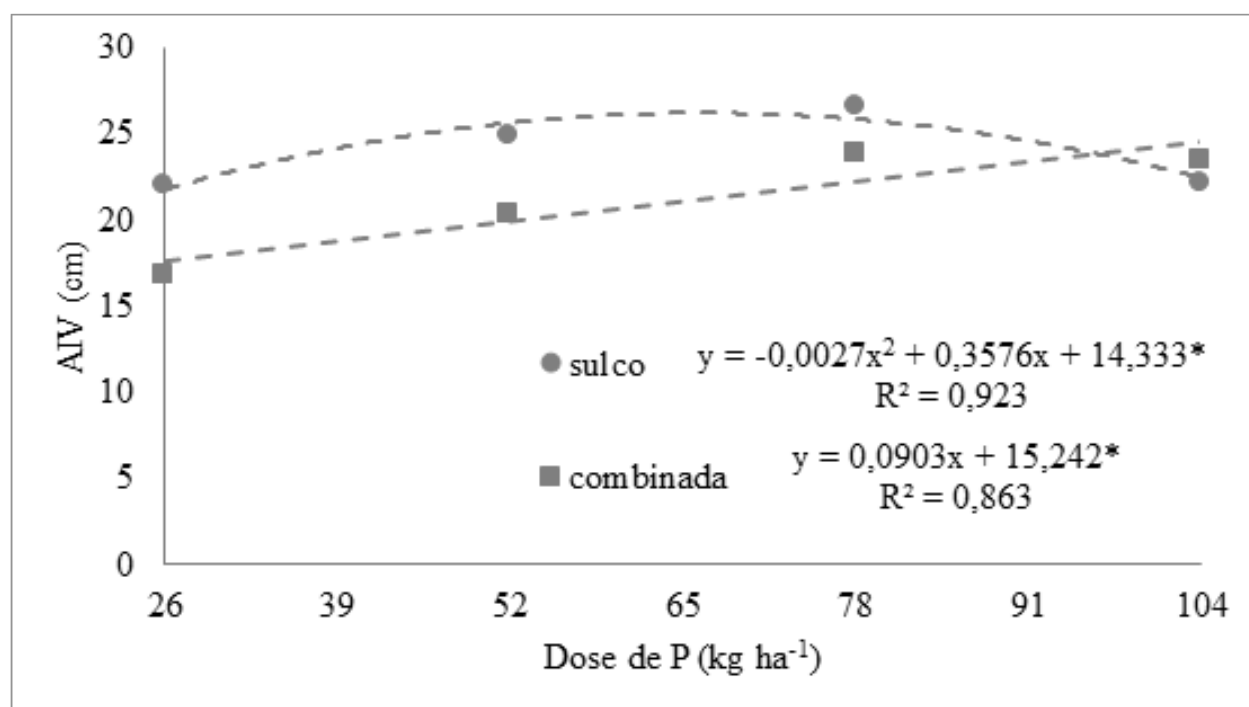


Figura 2. Altura de inserção da primeira vagem (AIV, cm) da soja em função de doses e modos de aplicação do fósforo. *($P < 0,05$)

Ao comparar os modos de aplicação dentro de cada dose de fósforo, a aplicação a lanço também teve menor AP e menor AIV quando comparada aos demais modos (Tabela 3). Já ao comparar as

aplicações no sulco e combinada, somente na dose de 52 kg ha⁻¹, para AP, e nas doses 26 e 52 kg ha⁻¹, para AIV, que a aplicação no sulco foi superior.

Tabela 3. Altura de plantas (AP, cm) e altura de inserção da primeira vagem (AIV, cm) da soja em função de doses de fósforo aplicadas no sulco, a lanço e de forma combinada.

Doses (kg ha ⁻¹)	AP (cm)			AIV (cm)		
	Sulco	À lanço	Combinada	Sulco	À lanço	Combinada
300	65,16 a	40,71 b	57,09 a	22,05 a	13,16 c	16,83 b
600	85,71 a	42,66 c	69,01 b	24,95 a	10,90 c	20,30 b
900	87,7 a	49,3 b	77,7 a	26,58 a	14,06 b	23,81 a
1200	90,58 a	55,38 b	85,03 a	22,21 a	13,25 b	23,48 a
Média	82,29 a	47,01 c	72,21 b	23,95 a	12,84 c	21,10 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre modos de aplicação do fósforo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Observou-se resposta quadrática de AIV em função das doses de fósforo para o modo de aplicação do fósforo no sulco, com $R^2 = 92,3\%$ e resposta máxima de altura de inserção de 26,17 cm na dose de 66,2 kg ha⁻¹, conforme o modelo matemático (Figura 2). A aplicação combinada se enquadrou ao modelo

linear, com $R^2 = 86,3\%$ e acréscimo de 0,09 cm a cada 1 kg ha⁻¹ de P aplicado. A aplicação a lanço não se enquadrou significativamente a nenhum modelo matemático testado.

Com o objetivo de avaliar a resposta de cultivares de soja à adubação fosfatada nas condições

do Cerrado roraimense, Araújo et al. (2005) também observaram resposta quadrática da altura de inserção da primeira vagem da soja em função de doses de fósforo, sendo 193,8 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (84,6 kg de P) a dose com maior resposta (21 cm), conforme o modelo matemático.

Para diâmetro do caule, independente da dose avaliada, a aplicação do fertilizante no sulco resultou em maior diâmetro, 7,2 cm, seguida da aplicação combinada, com 7 cm, e a aplicação à lanço, com 6 cm (Tabela 4).

Tabela 4. Diâmetro do caule (mm) e produtividade de grãos de soja (kg ha⁻¹) em função de doses de fósforo aplicadas no sulco, a lanço e de forma combinada.

Doses (kg ha ⁻¹)	-----Diâmetro do caule (mm)-----			-----Produtividade (kg ha ⁻¹)-----		
	Sulco	A lanço	Combinada	Sulco	A lanço	Combinada
300	6,00 a	4,68 b	5,72 a	1031,85 a	498,51 b	1269,62 a
600	7,56 a	5,35 b	6,71 a	1751,85 a	906,29 b	1898,14 a
900	7,60 a	5,78 b	6,75 ab	2093,70 a	1434,07 b	1880,74 a
1200	7,98 a	6,51 b	7,15 ab	2340,74 a	1725,18 b	2108,51 a
Média	7,28 a	5,58 c	6,58 b	1804,53 a	1141,01 b	1789,25 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre modos de aplicação do fósforo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em uma avaliação de modos de aplicação do fertilizante formulado NPK (00-25-25) em sulco, a lanço e combinado (sulco/lanço) na cultura da soja, não foram observadas diferenças entre os modos de aplicação para altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens e número de grãos por vagem (Peter et al., 2016). Com exceção do número de grãos por vagens, o resultado foi distinto do encontrado neste estudo, que apresentou a aplicação a lanço inferior aos demais modos avaliados. Possivelmente, a aplicação em sulco e combinada permitiu um maior contato das raízes com a fonte de P, e devido as condições de primeira safra e as características de solo (Tabela 1) essas formas de aplicação resultaram no aumento AP e AIV, comparada a aplicação a lanço, para as condições deste estudo.

A produtividade foi em média 1.796 kg ha⁻¹ para os modos de aplicação em sulco e combinada, sem haver diferença significativa entre estes. Já para a aplicação a lanço, houve redução de 36% da produtividade, diferindo-o significativamente dos demais modos (Tabela 4).

Rossi et al. (2018), Peter et al. (2016) e Teixeira et al. (2013), em trabalhos comparando modos de aplicação do fertilizante fosfatado na soja, em solos com teores médios e adequados de P, não observaram diferenças significativas na produtividade da cultura. Geralmente, quando o teor de fósforo no solo se encontra adequado, dificilmente ocorrem diferenças entre modos de aplicação do

fertilizante fosfatado (Prochnow et al., 2017), o oposto deste experimento, classificado como teor muito baixo (Souza e Lobato, 2004).

Sousa et al. (2016) sugere que para adubações corretivas de fósforo no solo com teor muito baixo de P, onde são necessárias doses superiores a 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (43,7 kg de P), a aplicação a lanço com incorporação promove sistema radicular mais bem distribuído e melhor acesso ao fertilizante diluído na camada arável do solo, resultando em melhor produção.

Entretanto, em caso de correção gradativa do fósforo no solo, utilizando doses menores que 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, a aplicação do fertilizante no sulco pode resultar em maior rendimento de grãos, por minimizar o contato dessas pequenas doses do fertilizante com os grupos funcionais dos argilominerais, mas principalmente, por permitir maior concentração de P na zona inicial de crescimento radicular (Sousa et al., 2016).

No atual experimento, independente da dose avaliada, tanto a aplicação no sulco quanto a combinada foram superiores à adubação a lanço. A baixa resposta da aplicação do fertilizante fosfatado a lanço, mesmo com altas doses, se explica ao fato do solo apresentar textura argilosa, com predomínio de argilas de baixa atividade (Tb) (Santos et al., 2018), que apresentam forte adsorção com o fósforo (Santos et al., 2008; Penn e Camberato, 2019).

A produtividade apresentou resposta quadrática em função das doses de P para os modos

de aplicação no sulco (R^2 99,6%) e combinado (R^2 88,9%), com dose de maior resposta de 111,9 kg ha⁻¹ de P e produtividade estimada de 2.337,74 kg ha⁻¹, para aplicação no sulco, e de 97,4 kg ha⁻¹ de P, com produtividade estimada de 2.070,40 kg ha⁻¹, para

aplicação combinada. O modo de aplicação a lanço apresentou resposta linear (R^2 98,9%), com incremento de 16,18 kg ha⁻¹ em produtividade a cada 1 kg ha⁻¹ de P aplicado ao solo, conforme o modelo (Figura 3).

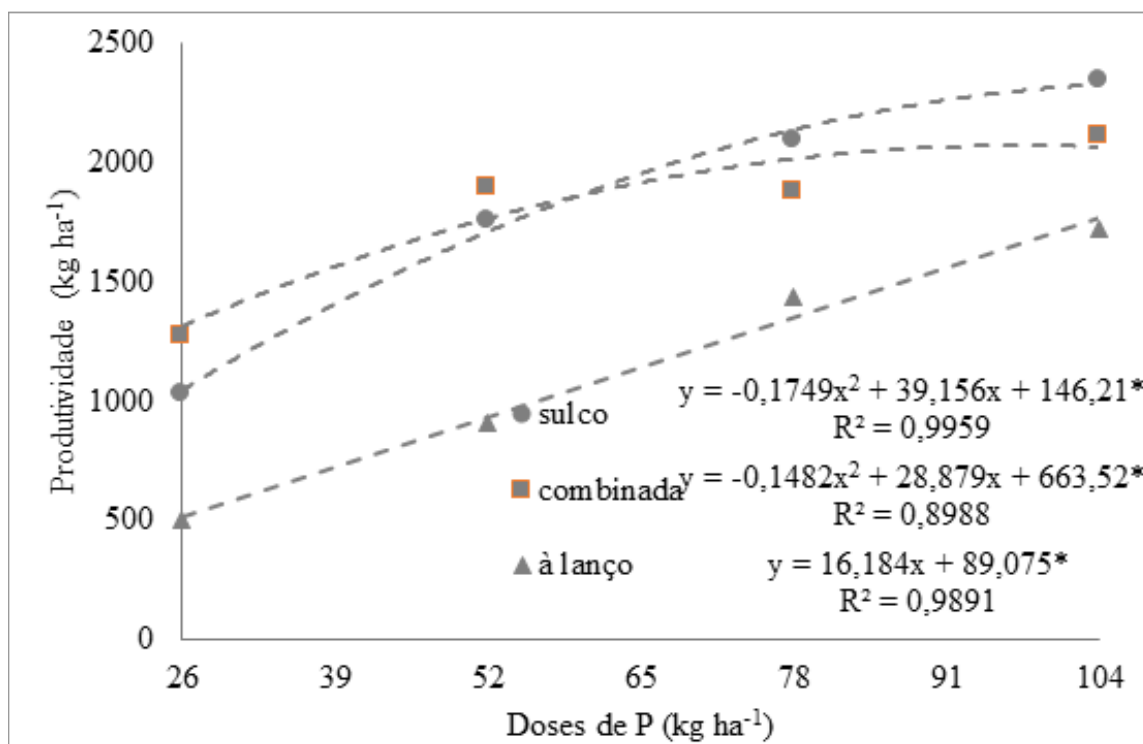


Figura 3. Produtividade de grãos de soja (kg ha⁻¹) em função de doses e modos de aplicação do fósforo. *($P < 0,05$)

Trabalhando em solo de textura média (23% de argila) com teor baixo de P, Alcântara Neto et al. (2010) observaram resposta quadrática da produtividade de grãos de soja às doses de fósforo, com rendimento máximo estimado de 2.614,7 kg ha⁻¹ para a dose de 94,8 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (41,4 kg de P).

Araújo et al. (2005) observaram resposta linear da produtividade da soja em função de doses de fósforo aplicadas em solo do Cerrado roraimense de textura média (26% de argila) com teor baixo de P. Respostas lineares em produtividade da soja também foram encontrados por Akter et al. (2013), Batistella Filho et al. (2013) e Marin et al. (2015) avaliando doses de fósforo em solos com baixos teores do nutriente.

CONCLUSÃO

Em áreas de primeiro cultivo de soja no Cerrado, conforme as condições deste estudo, pode-se concluir que:

As doses de maior resposta em produtividade, estimadas pelo modelo quadrático de regressão, foram 111,9 e 97,4 kg ha⁻¹ de P para os modos de aplicação no sulco e combinado (50% no sulco e 50% a lanço), respectivamente;

A aplicação de fósforo a lanço apresentou menores valores de altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, diâmetro do caule e produtividade;

Para produtividade, os modos de aplicação do fósforo no sulco de plantio e de forma combinada não tiveram diferenças, podendo ambos serem adotados como práticas de adubação fosfatada em área de primeiro ano de cultivo da soja.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akter, F.; Islam, N.; Shamsuddoha, A. T. M.; Bhuiyan, M. S. I.; Shilpi, S. (2013). Effect of phosphorus and sulphur on growth and yield of soybean (*Glycine max* L.). **International Journal of Bio-resource and stress Management**. v. 4, p. 555-560.
- Alcântara Neto, F.; Gravina, G, A.; Souza, N. O.; Bezerra, A.A.C. (2010). Adubação fosfatada na cultura da soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, p. 266-271.
- Araújo, W. F.; Sampaio, R.A.; Medeiros, R. D. (2005). Resposta de cultivares de soja à adubação fosfatada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 2, p. 129-134.
- Batista, M.L.B.; Alves, J.D.S.; Alves, C.L.B.; André, D.D.M. (2022). Análise fatorial e espacial da modernização agrícola no MATOPIBA. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, n.3, e261413.
- Batistella Filho, F.; Ferreira, M.E.; Vieira, R.D.; Cruz, M.C.P.D.; Centurion, M.A.P.D. C.; Sylvestre, T.D.B.; Ruiz, J.G.C.L. (2013). Adubação com fósforo e potássio para produção e qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 783-790.
- Bertolin, D.C.; Sá, M.E.D.; ARF, O.; Furlani Junior, E.; Colombo, A.D.S.; Carvalho, F.L.B.M.D. (2010) Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, v. 69, p. 339-347.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. (2022) **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasília, DF, v. 9, safra 2021/22, n. 12 décimo segundo levantamento, setembro.
- Souza, D.M.G.; Lobato, E. (2004) **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 416p.
- Marin, R.D.S.F.; Bahry, C.A.; Nardino, M.; Zimmer, P.D. (2015). Efeito da adubação fosfatada na produção de sementes de soja. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 62, p. 265-274.
- Motomiya, W.R.; Fabrício, A.C.; Marchetti, M.E.; Gonçalves, M.C.; Robaina, A.D.; Novelino, J.O. (2004). Métodos de aplicação de fosfato na soja em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 307-312.
- Muindi, E.M. (2019) Understanding Soil Phosphorus. **International Journal of Plant & Soil Science**, v. 31, n. 2, p. 1-18.
- Novais, R.F.; Jot Smyth, T.; Nunes, F.N. Fósforo. In: Novais, R.F.; Alvarez, V.H.; Barros, N.F.; Fontes, R.L.F.; Cantarutti, R.B.; Neves, J.C.L. (2007) **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 471 – 550.
- Penn, J.; Camberato, J. (2019) A critical review on soil chemical processes that control how soil pH affects phosphorus availability to plants. **Agriculture, Basel, Switzerland**, v. 9, n. 6, p. 120.
- Pereira, C.N.; Castro, C.N.; Porcionato, G.L. (2018) **Dinâmica econômica, infraestrutura e logística no Matopiba**, Texto para Discussão, No. 2382, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília.
- Peter, D.G.; Vilar, C.C.; Ushiwata, S.Y.; Rodrigues, O.L. (2016). Modos de aplicação de fertilizante formulado NPK na cultura da soja em sistema de plantio direto. **Global science and technology**. v. 9, n. 1.
- Prochnow, L.I.; Resende, A.V.; Oliveira Junior, A.D.; Francisco, E.A.B.; Casarin, V.; Pavinato, P.S. (2017). **Localização do fósforo em culturas anuais na agricultura nacional: situação importante, complexa e polêmica**. Informações agronômicas, n. 158, jun.
- Resende, A.V.; Fontoura, S.M.V.; Borghi, E.; Santos, F.C.; Kappes, C.; Moreira, S.G.; Oliveira Junior, A.; Borin, A.L.D.C. (2016). **Solos de fertilidade construída: características, funcionalidades e manejo**. Informações Agronômicas, Piracicaba: POTAFOS, v. 156, p. 1-19.

- Rossi, N.G.; Vilar, C.C.; Ushiwata, S.Y.; Reis, R.D.G.E.; Nabeiro, J.C.X. (2018). Influência do modo de aplicação de fertilizante fosfatado na produção de soja em sistema de plantio direto e convencional no cerrado. **Global Science and Technology**, Rio Verde-GO, v. 11, n. 2, p. 101-111.
- Santos, D.R.; Gatiboni, L.C.; Kaminski, J. (2008) Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v. 38, n. 2.
- Santos, H.G.; Jacomine, P.K.T.; Anjos, L.H.C.; Oliveira, V.A.; Lumberras, J.F.; Coelho, M.R.; Almeida, J.A.; Araujo Filho, J.C.; Oliveira, J.B.; Cunha, T.J.F. (2018). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa. 356 p.
- SEAGRO - Secretaria da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Agricultura. Disponível em: <https://www.to.gov.br/seagro/agricultura/4i8bn98apzb6> Acesso em: 21/03/2023.
- Silva, A. J.; Uchôa, S.C.P.; Alves, J.M.A.; Lima, A.C.S.; Santos, C.S.V.; Oliveira, J.M.F.; Melo, V.F. (2010). Resposta do feijão-caupi à doses e formas de aplicação de fósforo em Latossolo Amarelo do Estado de Roraima. **Acta Amazônica**, Manaus-AM, v. 40, p. 31-36.
- Silva Neto, V.L.; Viola, M.R.; Mello, C.R.; Silva, D.D.; Giongo, M.V. (2020). Precipitação máxima provável no estado do Tocantins: primeira aproximação pelo método estatístico de Hershfield. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba-PR, v. 27.
- Teixeira, R.B.; Roque, C.G.; Leal, A.J.F.; Minotto, V.A.; Freitas, U.C. (2013). Formas de aplicação da adubação fosfatada na cultura da soja em semeadura direta. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**. v.11, n.1, p. 9-15.
- Vilar, C.; Costa, A.C.S.; Hoepers, A.; Junior, I.G.S. (2010). Capacidade máxima de adsorção de fosforo relacionada a formas de ferro e alumínio em solos subtropicais. **Revista Brasileira de Ciências do solo**. v. 34, p. 1059-1068.
- Vinha, A.P.C.; Carrara, B.H.; Souza, E.F.S.; Santos, J.A.F.; Arantes, S.A.C. (2021). Adsorção de fósforo em solos de regiões tropicais. **Nativa**, v. 9, n.1, p. 30-35.