



Eficiência Agronômica e Produtividade Soja em resposta à Fontes e Doses de Fósforo

Rafael Umbelino Bento⁽¹⁾; Daniel Guimarães Venâncio⁽¹⁾; Lucas Guilherme Gomes de Oliveira⁽¹⁾; Rodrigo Teles Mendes⁽²⁾; Adilson Pelá⁽³⁾; Roberto dos Anjos Reis Jr⁽⁴⁾

⁽¹⁾Graduando em Agronomia UEG-Câmpus Ipameri; ⁽²⁾Eng. Agrônomo – Universidade Estadual de Goiás; ⁽³⁾Prof. Dr. Universidade Estadual de Goiás – Campus Ipameri; ⁽⁴⁾Eng. Agrônomo, D.Sc.; Wscst; roberto@wscst.com.br

RESUMO: Os objetivos deste trabalho foram avaliar estado nutricional, características morfológicas, produtividade da soja e avaliar a eficiência agronômica de fertilizante fosfatado em resposta à doses e fontes de fósforo. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, arranjado em esquema fatorial incompleto $(4 \times 2) + 1$, com quatro repetições, sendo quatro doses de fósforo (20, 40, 80 e 120 kg P_2O_5 ha⁻¹), duas fontes de fósforo (MAP e MAP revestido por Policote_B) e Controle (sem fósforo). Os tratamentos foram aplicados no sulco de semeadura em 07/11/2014. No florescimento foram avaliados os teores foliares de fósforo e boro. Na colheita (12/03/15) foram avaliadas a altura de plantas, números de entrenós/planta, grãos por vagem e de vagens por planta, produtividade de soja, massa seca de 1000 grãos, massa seca de parte aérea de plantas e Índice de Eficiência Agronômica do fósforo (IEAP). Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão. Os teores foliares de fósforo e boro, a altura de plantas, os números de entrenós/planta e de vagens/planta e as massas de 1000 grãos e de matéria seca de parte aérea das plantas não foram influenciadas pelos tratamentos. A produtividade de soja e o índice de eficiência agronômica de fósforo foram significativamente influenciados pelos tratamentos. A adubação fosfatada aumentou a produtividade de soja. A produtividade média com o uso do MAP revestido com Policote_B foi superior à média observada com o uso do MAP. O uso do MAP revestido com Policote_B aumentou o IEAP, mostrando-se mais eficaz que o MAP convencional.

Termos de indexação: fertilizante de eficiência aumentada, fixação, Policote

INTRODUÇÃO

O fertilizante fosfatado é um importante recurso para agricultura atender à crescente demanda por alimentos da população mundial. O fertilizante (mineral) fosfatado tem sua produção dependente de fontes não renováveis (rochas fosfatadas), representa um percentual cada vez maior do custo de produção agrícola e apresenta baixa eficiência de utilização na agricultura, uma situação insustentável. A baixa eficiência da adubação fosfatada tem sido relatada por diferentes pesquisadores (Dorahy *et al.*, 2008; Takashi & Anwar, 2007; Murphy & Sanders, 2007). As perdas acumuladas de fósforo desde a etapa de lavra até a assimilação pelas culturas podem chegar a 98% (Cekinski, 1990). Rodrigues (1980), em estudo com

100 solos, determinou que a fixação de fósforo pode chegar até 72% da quantidade aplicada. Esta baixa eficiência é frequente em solos cultivados na região dos Cerrados, que possuem elevada acidez, alta saturação de alumínio e baixa saturação por bases. O baixo aproveitamento dos fertilizantes pelas lavouras também resulta em problemas de contaminação do meio-ambiente, os quais devem ser evitados para preservação ambiental. Devido à importância de segurança alimentar, econômica e ambiental dos fertilizantes, é necessário a realização de estudos visando o aumento da eficiência de sua utilização na agricultura. Várias estratégias têm sido utilizadas para aumentar a eficiência da adubação fosfatada. Dentre estas, o uso de fertilizantes de eficiência aumentada tem sido estudado com mais frequência recentemente. Aumento de eficiência da adubação fosfatada com uso do revestimento com Policote (polímeros com afinidade por Fe e Al) tem sido constatado por diferentes pesquisadores (Santini *et al.*, 2009; Kaneko *et al.*, 2010; Zanão & Reis Jr, 2010; Cruz & Friedrich, 2011; Zanão *et al.*, 2011; Arf *et al.*, 2012; Scudeler *et al.*, 2012; Fageria *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2013a; Silva *et al.*, 2013b). Os objetivos deste trabalho foram avaliar o estado nutricional, as características morfológicas e a produtividade da soja em resposta à doses e fontes de fósforo e avaliar a eficiência agronômica de fertilizante fosfatado revestido com Policote Phós.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na fazenda experimental da Universidade Estadual de Goiás, Campus Ipameri, utilizando Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (Embrapa, 2006), cuja análise físico-química deste na camada de 0 a 20 cm de profundidade apresentou os seguintes valores: argila = 57,5%; silte = 5,0 %; areia = 37,5 %; pH = 5,2 ; P-Mehlich = 1,2 mg dm⁻³; K = 38 mg dm⁻³; Al = 1,0 mmolc dm⁻³; Ca = 7,0 mmolc dm⁻³; Mg = 2,0 mmolc dm⁻³; H + Al = 28 mmolc dm⁻³; Co = 1,2 mg dm⁻³; Zn = 0,2 mg dm⁻³; B = 0,33 mg dm⁻³; Cu = 0,5 mg dm⁻³; Fe = 20 mg dm⁻³; Mn = 1,3 mg dm⁻³; CTC = 38 mmolc dm⁻³; V = 26 %; M.O. = 29 g dm⁻³. Foi realizada calagem do solo para elevar a saturação de bases para 60%, com aplicação e incorporação de calcário dolomítico (1,7 t/ha, PRNT 75%, 17/10/14) com grade aradora na camada de 0,2 m e posterior preparo do solo com duas gradagens e nivelamento da área. O delineamento experimental foi blocos ao acaso,



arranjado em esquema fatorial incompleto (4x2)+1, com quatro repetições, sendo quatro doses de fósforo (20, 40, 80 e 120 kg P₂O₅ ha⁻¹), duas fontes de fósforo (MAP e MAP revestido por Policote_B) e Controle (sem fósforo). A parcela experimental foi formada por quatro linhas, espaçadas de 0,50 m, com cinco metros de comprimento. A área útil da parcela foi constituída pelas duas fileiras centrais, descartando-se 0,50 m de cada extremidade, perfazendo 4,0 m². A variedade NS 3730 IPRO (240.000 pls/ha) foi semeada em 07/11/2014, com a aplicação no sulco de plantio dos adubos fosfatados de cada tratamento, sendo o restante da adubação de semeadura composta por 20 kg ha⁻¹ de N e 60 kg ha⁻¹ K₂O. O controle de doenças e pragas foi realizado de forma preventiva, utilizando inseticida a base de Triflumuron 480 g/L (48% m/v) e Flubendiamida 480 g/L (48% m/v), já no controle de doenças, foi utilizado Protiocanazol 175,0 g/L (17,5% m/v) e Trifloxystrobin 150,0 g/L (15,0% m/v) em três aplicações, sendo a primeira com 45 DAE, segunda com 60 DAE e a terceira aos 75 DAE. A fim de evitar matocompetição, aplicou-se o herbicida glifosato em pós-emergência das plantas daninhas, na fase de V3 (terceiro trifólio totalmente expandido). No florescimento (estádio R1) foi realizada amostragem foliar (3º trifólio, com pecíolo) para determinação do teor de fósforo e boro. Após maturação fisiológica dos grãos (12/03/15), foram avaliadas a altura de plantas, números de entrenós/planta, grãos por vagem e de vagens por planta (média de 10 plantas/parcela), produtividade (com umidade corrigida para 14%), massa seca de 1000 grãos e massa seca de parte aérea de plantas (média de duas plantas/parcela). Para obtenção de massa seca, o material vegetal foi submetido à secagem em estufa (70°C) até peso constante. Com os dados de produtividade foi calculado o Índice de Eficiência Agronômica do P (IEAP) observado nas fontes avaliadas, utilizando a equação descrita por Fageria (2005). Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os teores foliares de fósforo e boro, a altura de plantas, os números de entrenós/planta e de vagens/planta e as massas de 1000 grãos e de matéria seca de parte aérea das plantas não foram influenciadas pelos tratamentos (**Tabela 1**), apresentando valores médios de 3,21 g/kg, 51,98 mg/kg, 59,4 cm, 15,3, 51,7, 175,5 g e 61,2 g/planta, respectivamente. Estes teores foliares médio de fósforo e boro são classificados como “suficiente” e “alto”, segundo os critérios propostos pela Embrapa (2011).

A produtividade de soja foi significativamente influenciada pelos tratamentos (p<0,01). A produtividade de soja observada entre as doses e fontes de fósforo foram estatisticamente diferentes entre si (**Tabela 1**). A produtividade média com o uso do MAP revestido com Policote_B (3374,6 kg/ha) foi

21,1% superior à média observada com o uso do MAP (2785,9 kg/ha). Ao utilizar o MAP como fonte, a produtividade de soja aumentou de 2277,1 kg/ha, no Controle, até 3038,4 kg/ha, com a dose de 120 kg P₂O₅/ha, enquanto que ao utilizar o MAP revestido com Policote_B, a produtividade aumentou de 2519,6 kg/ha, no Controle, até o valor de 3611,5 kg/ha, com a dose de 102,9 kg P₂O₅/ha (**Figura 1**). A máxima produtividade observada com o MAP revestido com Policote_B foi 18,6% maior que a máxima produtividade observada com o MAP. O

Os tratamentos influenciaram significativamente o índice de eficiência agronômica de fósforo (IEAP), que diminuiu com o aumento das doses de fósforo (**Figura 2**). Maiores IEAP foram observados com o uso do MAP revestido com Policote_B como fonte (**Tabela 1**).

CONCLUSÕES

Os teores foliares de fósforo e boro, a altura de plantas, os números de entrenós/planta e de vagens/planta e as massas de 1000 grãos e de matéria seca de parte aérea das plantas não foram influenciadas pelos tratamentos.

A produtividade de soja e o índice de eficiência agronômica de fósforo foram significativamente influenciados pelos tratamentos. A adubação fosfatada aumentou a produtividade de soja. A produtividade média com o uso do MAP revestido com Policote_B foi superior à média observada com o uso do MAP. O uso do MAP revestido com Policote_B aumentou o índice de eficiência agronômica de fósforo, mostrando-se mais eficaz que o MAP convencional.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri, professores e funcionários, pelo apoio.

Aos colegas do grupo de pesquisa “Produz+”

REFERÊNCIAS

- ARF, M. V.; REIS JR, R. A.; PEREIRA, L. R. Adubação Nitrogenada com Ureia revestida por Policote na Cultura do Algodão. In: FERTBIO, 2012, Maceió. Anais... Maceió: SBCS, 2012. CD-ROM.
- CEKINSKI, E. Fertilizantes fosfatados. In: CEKINSKI, E.; CALMANOVICI, C.E.; BICHARA, J.M.; FABIANI, M.; GIULIETTI, M.; CASTRO, M.L.M. M.; SILVEIRA, P.B.M.; PRESSINOTTI, Q.S.H.C.; GUARDANI, R. (Ed.) Tecnologia de produção de fertilizantes. São Paulo: IPT, 1990. p.95-129.
- CRUZ, F. A. B.; FRIEDRICH, M. E. Adubação Fosfatada Na Cultura da Soja no Oeste Baiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2011, Uberlândia. Anais... Uberlândia: SBCS, 2011. CD-ROM.
- DORAHY, C. G. et al. Phosphorus Use-Efficiency by Cotton Grown in an Alkaline Soil as Determined Using 32 Phosphorus and 33 Phosphorus Radio-Isotopes. Journal of Plant Nutrition, v. 31, n. 11, p. 1877–1888, 15 out. 2008. Embrapa, 2006
- EMBRAPA. Cultivares de soja – regiões sul e central do Brasil. Londrina, Embrapa Soja. 62 p. 2010. (Acessado em 05/06/2011)
[http://www.cnpso.embrapa.br/download/Folheto Soja.pdf](http://www.cnpso.embrapa.br/download/Folheto%20Soja.pdf)



- FAGERIA, N. K. Soil fertility and plant nutrition research under controlled conditions: basic principles and methodology. *Journal of plant nutrition*, 28: 1975 – 1999. 2005.
- FAGERIA et al. Comparação da Eficiência de Fontes de Fósforo na Produção de Arroz de Terras Altas In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2013, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBSCS, 2013. CD-ROM.
- KANEKO, F. H.; LEAL, A.; SILVA, D. C.; REIS JR, R. A. Experimento de longa duração sobre adubação fosfatada com MAP revestido por Policote – Ano II. In: FERTBIO, 2010, Guarapari. Anais... Guarapari: INCAPER, 2010. CD-ROM.
- MURPHY, L.; SANDERS, L. 2007. Improving N and P use efficiency with polymer technology. T. Vyn (ed.) 2007 Indiana CCA Conference Proceedings, pp. 1-13. http://www.agry.purdue.edu/CCA/2007/2007/Proceedings/Larry%20MURPHY-CA_KLS.pdf
- RODRIGUES, M. R. Fatores que afetam a fixação de fosfatos nos solos do estado de São Paulo. Piracicaba, 1980. 88p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- SANTINI, J. M. K.; PERIN, A.; GAZOLLA, P. R.; GUARESCHI, R. F. REIS JR, R. A. Adubação Antecipada na Cultura da Soja com Superfosfato Triplo e Cloreto de Potássio Revestidos por Polímeros em Condições Edafoclimáticas de Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2009, Fortaleza. Anais... Fortaleza: SBSCS, 2011. CD-ROM
- SANTOS, R. R.; ÁVILA, M. O. T.; PEREIRA, H. M. B.; MATTIELLO, E. M.; REIS JR, R. A. Absorção de P e crescimento do milho fertilizado com superfosfato triplo revestido com Policote. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2013, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBSCS, 2013. CD-ROM.
- SCUDELER, F. ; FRANCO, G. ; PRADA NETO, I. ; PEREIRA, L. R. ; REIS JR, R. A. Adubação fosfatada na cultura da soja com MAP revestido com Policote. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2012, CUIABÁ. Anais... CUIABÁ: EMBRAPA SOJA, 2012. CD-ROM.
- SILVA et al. Eficiência agrônômica da adubação fosfatada com fertilizantes de eficiência aumentada na cultura da alface: I. Solo Argiloso In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2013, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBSCS, 2013. CD-ROM.
- SILVA et al. Eficiência agrônômica da adubação fosfatada na cultura da alface com fertilizante de eficiência aumentada: II. Solo Arenoso In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2013, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBSCS, 2013. CD-ROM.
- TAKASHI, S.; ANWAR, M. R. Wheat grain yield, phosphorous uptake and soil phosphorous fraction after 23 years of annual fertilizer application to an Andosol. *Field Crops Research*, 101(2):160-171. 2007.
- ZANÃO Jr, L. A.; DALCHIAVON, F.; ZAGATTO, M. R.; SANTOS, C. Eficiência agrônômica do revestimento da uréia com polímero aplicada em cobertura na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2011, Uberlândia. Anais... Uberlândia: SBSCS, 2011. CD-ROM.
- ZANÃO JR, L. A.; REIS JR, R. A. R. Produtividade da Soja em Função de Doses e Fontes de Adubação Fosfatada In: FERTBIO, 2010, Guarapari. Anais... Guarapari: INCAPER, 2010. CD-ROM.

Tabela 1 – Resultados do teste F para teor foliar de fósforo (TP) e boro (TB) altura de plantas (AP), números de entrenós/planta (NEP) e de vagens (NVP) por planta, produtividade de soja (Prod), massa seca de 1000 grãos (M1000) e de parte aérea de plantas (MSPA) e Índice de eficiência agrônômica de fósforo (IEAP), bem como respectivas médias e coeficientes de variação observados na análise de variância do experimento.

	TP	TB	AP	NEP	NVP	Prod	M1000	MSPA	IEAP
Controle (000 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	3,06	51,75	57,8	15,2	49,0	2265,2	173,5	56,4	-
MAP (020 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	3,41	53,67	60,6	15,4	56,3	2594,2	172,0	59,7	16,45
MAP (040 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	3,22	50,05	58,0	14,6	48,8	2518,4	167,6	57,9	6,33
MAP (080 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	3,38	60,77	57,5	15,8	52,6	3018,2	167,8	68,7	9,41
MAP (120 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	2,93	48,30	60,7	14,9	49,3	3012,9	167,0	59,8	6,23
MAP+Policote B (020 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	3,02	48,90	59,7	16,4	61,4	3221,5	172,5	59,8	47,82
MAP+Policote B (040 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	3,42	49,47	58,6	14,5	41,5	3368,8	169,1	65,7	27,59
MAP+Policote B (080 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	2,97	53,37	60,0	15,4	51,5	3192,5	171,0	64,9	11,59
Média MAP+Policote B (120 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	3,47	51,57	63,0	15,4	57,0	3715,8	174,7	61,6	12,09
MAP	3,24	53,20	59,2	15,2	51,7	2785,9	168,6	61,5	9,6
MAP+Policote B	3,23	50,83	60,3	15,4	52,8	3374,6	171,8	63,0	24,8
000 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹	3,06	51,75	57,8	15,2	49,0	2265,2	173,5	56,4	-
020 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹	3,22	51,28	60,2	15,9	58,8	2907,8	172,2	59,8	32,1
040 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹	3,34	49,76	58,3	14,6	45,2	2943,6	168,3	61,8	17,0
080 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹	3,18	57,07	58,7	15,6	52,0	3105,3	169,4	66,8	10,5
120 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹	3,20	49,93	61,8	15,1	53,2	3364,3	170,8	60,7	9,2
Média Geral	3,21	51,98	59,4	15,3	51,9	2989,7	170,5	61,2	17,9
CV (%)	14,31	1,42	8,85	7,17	18,3	5,96	4,42	63,0	20,5
Fcalc (ANOVA)									
Tratamento	0,92 ^{ns}	0,6292 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,14 ^{ns}	1,47 ^{ns}	26,3 ^{**}	0,56 ^{ns}	1,91 ^{ns}	64,3 ^{**}
Tratamento Adicional	0,51 ^{ns}	0,0027 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,44 ^{ns}	74,4 ^{**}	0,70 ^{ns}	3,61 ^{ns}	-
Fonte	0,0018 ^{ns}	0,489 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,10 ^{ns}	87,3 ^{**}	1,46 ^{ns}	0,53 ^{ns}	147,6 ^{**}
Dose	0,20 ^{ns}	1,032 ^{ns}	0,73 ^{ns}	2,21 ^{ns}	2,79 ^{ns}	10,9 ^{**}	0,41 ^{ns}	2,31 ^{ns}	71,1 ^{**}
Fonte*Dose	2,08 ^{ns}	0,481 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,66 ^{ns}	1,00 ^{ns}	5,35 ^{**}	0,35 ^{ns}	1,39 ^{ns}	29,7 ^{**}
Dose/F1	-	-	-	-	-	26,9 ^{**}	-	-	7,38 ^{**}
Dose/F2	-	-	-	-	-	21,8 ^{**}	-	-	93,5 ^{**}

ns – não significativo; * - p<0,05; ** - p<0,01.

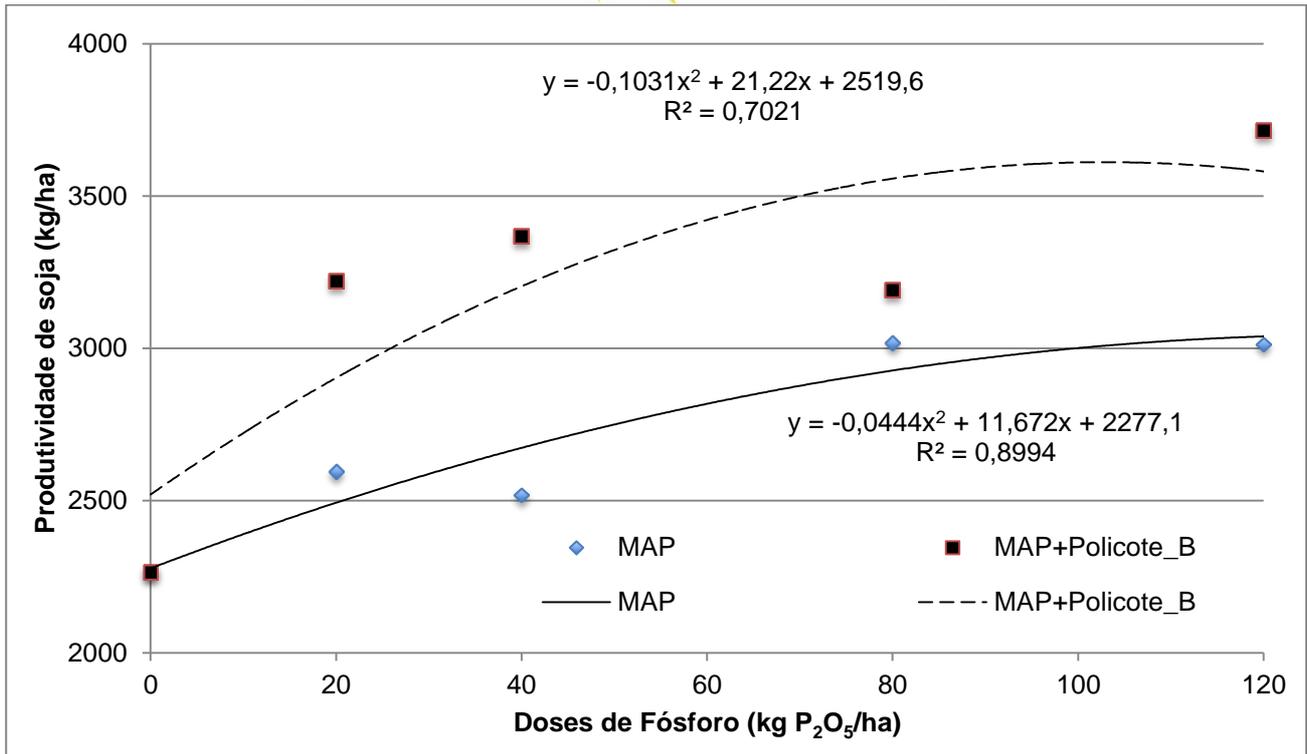


Figura 1 – Produtividade de soja em resposta às doses e fontes de fósforo.

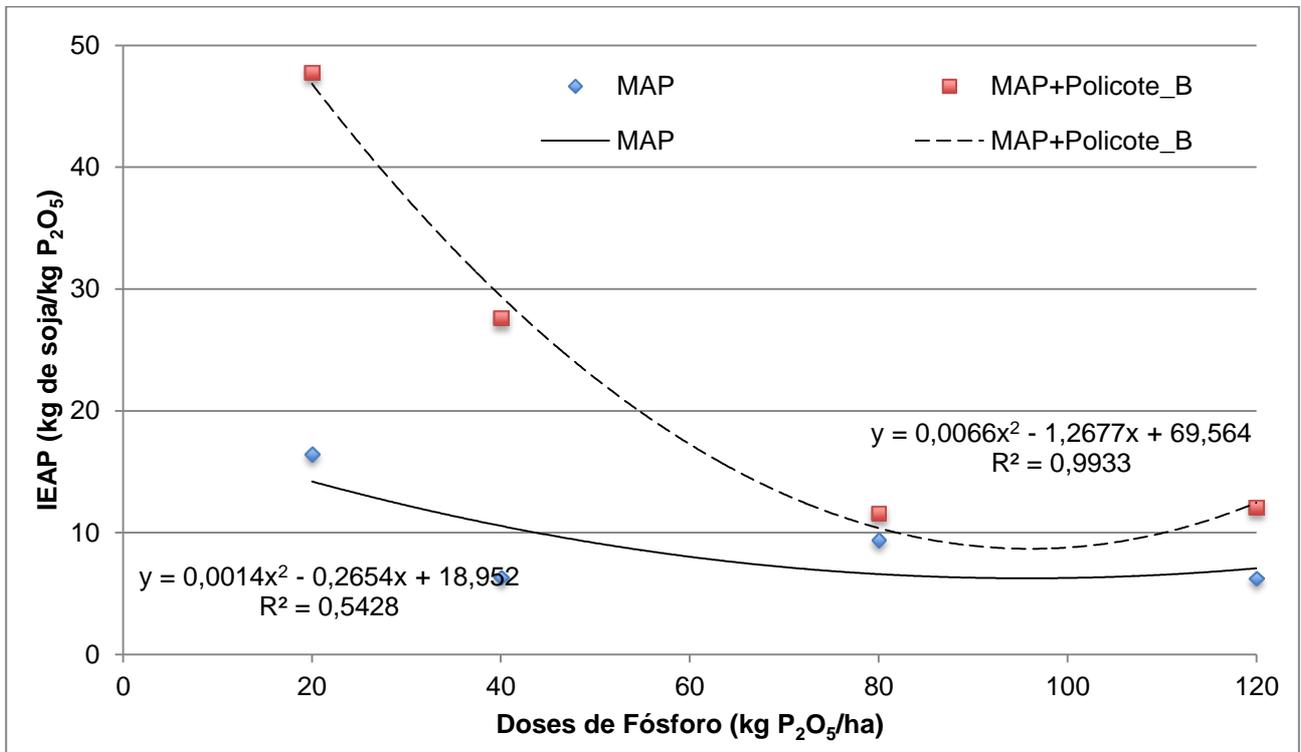


Figura 2 – Índice de eficiência agrônoma de fósforo (IEA) em resposta às doses e fontes de fósforo.