

## **EFEITO RESIDUAL DE FERTILIZANTES FOSFATADOS NO SISTEMA SOJA E MILHO**

Sarah Christofolli Parisenti,<sup>1</sup>  
Thiago Silva de Pierre<sup>2</sup>  
Debora Curado Jardim<sup>3</sup>

### **RESUMO**

O fósforo apresenta limitações em se manter na solução do solo, dificultando o aproveitamento pelas plantas, os fertilizantes revestidos auxiliam no processo de liberação gradativa do elemento para o solo. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito residual de fontes de adubos fosfatados no sistema de sucessão soja- milho. O experimento foi conduzido na Fazenda Hervalense localizada no município de Diamantino – MT, entre outubro de 2020 a julho de 2021. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com sete tratamentos e quatro repetições, totalizando 28 parcelas. Os tratamentos foram constituídos de diferentes fontes fosfatadas sendo, três fontes revestidas com polímeros (MicroEssentials, TopPhos, NP Plus), três fontes convencionais (PK Plus, Superfosfato Simples, 02-30-06 Amaggi) e a testemunha (sem aplicação de fertilizante fosfatado). As avaliações na cultura da soja e do milho foram: teor de P foliar ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e no solo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) e produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). A produtividade e o teor foliar da cultura da soja não foram influenciados pelas fontes de adubos fosfatados. Para a cultura do milho houve diferença significativa somente em relação ao teor foliar de P ( $\text{mg dm}^{-3}$ ). A prática da adubação fosfatada realizada somente na cultura da soja não interfere nos teores de P no solo para o milho. Assim como, também não interferem na produtividade de ambas as culturas e nos teores foliares da soja. Os tratamentos TopPhos, MicroEssentials, 02-30-06 Amaggi e NP Plus proporcionaram maiores teores foliares de P na cultura do milho.

**Palavras-chave:** *Zea mays*; *Glycine max* (L.) Merril; polímeros; fósforo residual.

## **RESIDUAL EFFECT OF PHOSPHATE FERTILIZERS IN THE SOYBEAN AND CORN SYSTEM**

### **ABSTRACT**

Phosphorus has limitations in remaining in the soil solution, making it difficult for plants to use it. Coated fertilizers help in the process of gradual release of the element into the soil. The objective of the present work was to evaluate the residual effect of sources of phosphate fertilizers in the soybean-corn succession system. The experiment was conducted at Fazenda Hervalense located in the municipality of Diamantino - MT, between October 2020 and July 2021. The experimental design used was randomized blocks, with seven treatments and four replications, totaling 28 plots. The treatments consisted of different phosphate sources, three sources coated with polymers (MicroEssentials, TopPhos, NP Plus), three conventional sources (PK Plus, Simple Superphosphate, 02-30-06 Amaggi) and the control (no fertilizer application phosphate). The evaluations in the soybean and corn crops were: P content in the leaf ( $\text{g kg}^{-1}$ ) and in the soil ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) and productivity ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Yield and leaf content of the soybean crop were not influenced by the sources of phosphate fertilizers. For the corn crop there was a significant difference only in relation to the leaf P content ( $\text{mg dm}^{-3}$ ). The practice of phosphate fertilization carried out only in the soybean crop does not interfere with the levels of P in the soil for corn. As well as, they also do not interfere in the productivity of both cultures and in

<sup>1</sup> Discente do curso de Agronomia do Univag

<sup>2</sup> Discente do Curso de Agronomia do Univag

<sup>3</sup> Doutra em Agricultura Tropical, docente do Univag

the foliar contents of soybean. TopPhos, MicroEssentials, 02-30-06 Amaggi and NP Plus treatments provided higher foliar P levels in maize.

**Keywords:** *Zea mays*; *Glycine max* (L.) Merrill; polymers; residual phosphorus.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de soja e milho, com uma produção nacional de 123,8 e 112,8 milhões de toneladas, respectivamente (CONAB, 2022). Grande parte dessa produção se concentra na Região dos Cerrados, com destaque o Estado de Mato Grosso, atualmente o maior produtor nacional dos respectivos grãos, produzindo 39,9 e 43,8 milhões de toneladas, respectivamente, na safra 2021/2022 (IMEA, 2022). São culturas que possuem grande demanda por conta da sua ampla utilização na produção e consumo de alimentos humanos e rações animais (SMANIOTTO et al., 2014).

Os solos do cerrado se constituem, maioritariamente, por argilas de grade 1:1 e oxihidróxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al), sendo caracterizados pela alta adsorção de P (BERNARDES e ORIOLI JÚNIOR, 2018). O fósforo é um macronutriente essencial para as plantas, sendo ele pouco solúvel, podendo ficar retido facilmente no solo e indisponível para os vegetais. Atua diretamente no sistema radicular, incrementando resistência aos caules, contribuindo para a floração, fecundação e formação dos grãos (BARROS e CALADO, 2014).

De acordo com a United States Geological Survey (2017), a estimativa das reservas mundiais de rochas apatíticas, ricas em fósforo, é que se esgotem em 260 anos, caso seja mantido o ritmo atual de consumo, com isso haverá um aumento dos preços. Visando utilizar o efeito cumulativo do P no solo, Barrow (2015) afirmou que aplicações sucessivas decrescem a capacidade tampão deste nutriente, com eventual cessão do movimento difusivo de fosfato para dentro dos coloides.

Pavinato et al. (2020), relatam que aplicações excessivas de fertilizantes fosfatados solúveis têm proporcionado um acúmulo de P no solo, formas menos lábeis, isto é, não prontamente disponíveis para as plantas. Da mesma forma, Rowe et al. (2016) afirmam que muitas áreas brasileiras de agricultura intensiva permitem redução ou até interrupção no aporte de P, sendo utilizado a eficiência do P residual.

A adubação fosfatada é preferencialmente escolhida pelos agricultores a ser aplicada à lanço na primeira safra antecedendo a semeadura da soja, segundo Oliveira (2018), os produtores optam por essa aplicação por ser mais prática e ágil, sendo o rendimento das máquinas geralmente mais limitados em relação a adubação no sulco de semeadura, pela maior

necessidade de reabastecimento com fertilizantes do que com sementes, e também para garantir melhores produtividades pelo melhor aproveitamento do período chuvoso pela cultura da segunda safra.

De acordo com Cruz (2015), a adsorção do P pode ser reduzida com o uso de fontes de liberação lenta ou intermediária, favorecendo a absorção pelas plantas dos nutrientes na solução, reduzindo a competitividade entre solo e planta. Com a polimerização dos fertilizantes é formado uma camada protetora contra os agentes causadores da perda de nutrientes, onde a proteção não interfere na disponibilização do nutriente à planta (GAZOLA et al., 2013).

Estudos realizados por Oliveira (2018) mostram que a utilização do fósforo residual no sistema de plantio direto na cultura do milho é uma alternativa de redução do consumo de fósforo. Almeida et al. (2016), verificaram que fontes de adubos fosfatados revestidos apresentaram um melhor resultado de produtividade comparado a fontes convencionais. Além disso, Gazola et al. (2013), observaram que fertilizantes revestidos por polímeros proporcionam menores perdas e maiores disponibilidades de P no solo e que ao longo do tempo, esse nutriente se torna passível de absorção pelas plantas.

Com isso, objetivou-se nesse trabalho avaliar o efeito residual de fontes de adubos fosfatados no sistema de sucessão soja- milho.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado na Fazenda Hervalense, localizada no município de Diamantino – MT, sob as coordenadas de latitude e longitude 14°11'20''S, 56°37'42''O, durante o período de outubro de 2020 a julho de 2021.

Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso, com sete tratamentos e quatro repetições, totalizando 28 parcelas. Os tratamentos foram constituídos de diferentes fontes fosfatadas sendo, três fontes revestidas com polímeros (MicroEssentials – 44% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), TopPhos – 44% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, NP Plus – 40% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), três fontes convencionais (PK Plus – 29% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Superfosfato Simples – 18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 02-30-06 Amaggi – 30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e, a testemunha (sem aplicação de fertilizantes fosfatado). As parcelas foram de 6,5 x 15 m (97,5 m<sup>2</sup>), totalizando uma área de 2.670 m<sup>2</sup>.

Primeiramente, foi realizado a semeadura mecânica da soja, cultivar Juruena 84I85 RSF IPRO, com densidade populacional de 270 mil plantas/ha, espaçamento de 0,5 m e 95% de germinação. Em seguida, oito dias após a semeadura, foram realizadas as demarcações das parcelas, e posterior aplicação manual dos fertilizantes, com dosagens baseadas na interpretação

da análise química do solo, apresentada na Tabela 1, para uma expectativa de produção de 5 ton/ha.

**Tabela 1.** Análise química do solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade da área experimental antes da implantação do experimento.

Prof. cm	pH	P mg dm <sup>-3</sup>	K mg dm <sup>-3</sup>	Ca cmolc dm <sup>-3</sup>	Mg mg dm <sup>-3</sup>	Al mg dm <sup>-3</sup>	H mg dm <sup>-3</sup>	MO %	m	V	Areia g kg <sup>-1</sup>	Silte g kg <sup>-1</sup>	Argila g kg <sup>-1</sup>
0-20	5,0	32,3	65	2,8	0,3	0	1,6	2,8	0	67	645	75	280

O controle fitossanitário foi realizado de acordo com o monitoramento da lavoura, atendendo as necessidades que surgiram para controle de pragas, doenças e plantas daninhas, utilizando-se do controle químico, com uso de inseticidas, fungicidas e herbicidas, respectivamente.

As avaliações na cultura da soja foram: teor de P foliar (g kg<sup>-1</sup>) e no solo (mg dm<sup>-3</sup>) e produtividade (kg ha<sup>-1</sup>). O teor de P foliar foi obtido a partir da amostragem foliar realizada no estágio reprodutivo (início do florescimento – R1). Para isso, foram coletadas 30 folhas por parcela, sendo retirado o 3º trifólio com pecíolo da haste principal e, em seguida, as amostras foram devidamente acondicionadas e, encaminhadas para análise laboratorial para realização da análise química.

A colheita da soja foi realizada 130 dias após a semeadura, de forma manual, onde foram colhidos 20 metros lineares de cada parcela, posteriormente as plantas colhidas foram trilhadas, passadas em uma peneira para retirada das impurezas, pesadas para obtenção da massa de grãos. Posteriormente, foi determinada a umidade dos grãos, a fim de corrigir a umidade dos grãos para 13%, em seguida, extrapolados para kg ha<sup>-1</sup>.

Após a colheita da soja foi realizada a amostragem do solo de cada parcela, para posterior análise química. A amostragem de solo foi realizada após a colheita da soja, sendo coletados 15 amostras simples na profundidade de 0 a 20 cm, por parcela, para obtenção de uma amostra composta, em seguida, encaminhadas para o laboratório para análise química.

Em seguida, foi realizada a adubação com o formulado NPK 20-00-20, de forma mecânica, à lanço, como padrão da propriedade, com doses baseadas na expectativa de produção para a cultura do milho de 10 ton/ha.

Posteriormente, realizou-se a semeadura mecânica do milho cv. P3858 PWU com espaçamento de 0,5 m entre linhas e densidade populacional de 60 mil sementes/ha. O controle

fitossanitário também foi realizado de acordo com o monitoramento e necessidade de controle.

As avaliações na cultura do milho foram: teor de P foliar ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Foi realizado a amostragem foliar para determinação do teor de P foliar, para isso foram coletadas 30 folhas/parcela, sendo coletada a folha oposta e abaixo da espiga, em seguida, as amostras foram devidamente acondicionadas e encaminhadas para análise laboratorial para realização da análise química.

A colheita do milho foi realizada 130 dias após a semeadura, de forma manual, sendo retiradas 20 espigas por parcela, posteriormente foram debulhadas manualmente, pesadas e determinada a umidade dos grãos, a fim de corrigir a umidade dos grãos para 13%, em seguida, extrapolados para  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativo, foi realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o programa estatístico SISVAR.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade e o teor foliar da cultura da soja não foram influenciados pelas fontes de adubos fosfatados testados (Tabela 2).

**Tabela 2.** Valores de F calculados para análise de variância para produtividade ( $\text{kg/ha}$ ) e teor foliar de fósforo ( $\text{mg/dm}^3$ ) na cultura da soja em função das fontes de adubos fosfatados.

Fator de variação	Produtividade ( $\text{kg/ha}$ )	P_foliar ( $\text{mg/dm}^3$ )
Repetição	2.510 <sup>ns</sup>	6,274 <sup>ns</sup>
Tratamento	0,711 <sup>ns</sup>	2,230 <sup>ns</sup>
Média geral	4.165,3	3,1
CV (%)	6,4	3,4

<sup>ns</sup> Não significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Uma explicação para tal resultado deve-se a concentração inicial de P no solo que se encontrava em nível adequado (Tabela 1), ou seja, não havia restrição no fornecimento desse elemento para as plantas, sendo as adubações fosfatadas realizadas no experimento somente de manutenção. Segundo a Embrapa Soja (2010), solos com percentuais entre 21 a 40% de argila, considera-se teores de  $\text{P} > 14,0 \text{ mg dm}^{-3}$  como nível “bom”, o solo em questão se enquadra em tal resultado, apresentando 28% de argila e  $32,3 \text{ mg dm}^{-3}$  de P.

De acordo com a Embrapa Soja (2021), a produtividade média de soja no Brasil e no estado de Mato Grosso na safra 2020/21 foram, respectivamente, de  $3.517 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $3.492 \text{ kg ha}^{-1}$ .

ha<sup>-1</sup>, sendo assim, os tratamentos em questão apresentaram produtividade acima das médias nacionais e estaduais, ou seja, não houve limitação química para a cultura.

Os teores foliares de P nas plantas de soja estão dentro dos valores considerados adequados para a cultura que, segundo Carmello e Oliveira (2006) é de 2,5 a 5,0 g kg<sup>-1</sup> MS.

Para a cultura do milho não houve diferença estatística em relação a produtividade (kg/ha) e ao teor de fósforo no solo (mg dm<sup>-3</sup>) (Tabela 3), porém houve diferença significativa em relação ao teor foliar de fósforo (mg dm<sup>-3</sup>) (Tabela 4).

**Tabela 3.** Valores de F calculados para análise de variância para produtividade (kg/ha) e teor de fósforo no solo (mg/dm<sup>3</sup>) na cultura do milho em função do efeito residual da adubação fosfatada.

Fator de variação	Produtividade (kg/ha)	P solo (mg dm <sup>-3</sup> )
Repetição	0,754 <sup>ns</sup>	0,613 <sup>ns</sup>
Tratamento	0,702 <sup>ns</sup>	1,166 <sup>ns</sup>
Média geral	6.825,5	37,5
CV	8,57	27,7

<sup>ns</sup>Não significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Não houve diferença estatística para a produtividade uma vez que os teores de P no solo já se encontravam adequados para a cultura, que de acordo com Coelho et. al. (2000), solos com características argilosas entre 15 e 35% que apresentarem teores de fósforo >20,0 mg dm<sup>-3</sup> são considerados solos com níveis adequados de P, sendo necessária somente adubação de manutenção para a cultura. Sendo assim, o solo em análise enquadra-se nos níveis adequados, apresentando 37,5 mg dm<sup>-3</sup> de P.

Segundo a Conab (2021), a produtividade média de grãos de milho no Brasil e no estado do Mato Grosso foram de, respectivamente, 4.371 kg.ha<sup>-1</sup> e 5.713 kg.ha<sup>-1</sup>, na safra 2020/21, sendo assim, os tratamentos em questão apresentaram produtividade acima das médias nacionais e estaduais.

Houve uma diferença significativa entre os fertilizantes fosfatados em relação ao teor foliar na cultura do milho, onde destacaram-se o Top Phos, o MicroEssentials, NP Plus e o 02-30-06 Amaggi (Tabela 4).

**Tabela 4.** Teor foliar de fósforo ( $\text{g kg}^{-1}$  MS) na cultura do milho em função do efeito residual da adubação fosfatada.

Tratamento	Teor Foliar de P ( $\text{g kg}^{-1}$ MS)
Testemunha	2,75 a2
PK+	2,92 a2
Superfosfato Simples	3,00 a2
NP Plus	3,05 a1
02-30-06 Amaggi	3,17 a1
Microessentials	3,20 a1
Top Phos	3,20 a1

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os fertilizantes revestidos com polímeros apresentam um processo de liberação mais lenta, permitindo com que o efeito residual do P no solo seja maior. Este fato pode ser justificado pelo fato que os fertilizantes fosfatados protegidos evitam a complexação do fósforo pelos óxidos e hidróxidos de ferro e de alumínio do solo e o torna disponível por mais tempo no solo para absorção pelas plantas (ALMEIDA et al., 2016). Esses materiais polimerizados vêm ganhando força no mercado como uma nova opção para a redução da adsorção de P pelos colóides do solo (FIGUEIREDO et al., 2012).

De acordo com Silva et al. (2012), uma característica desejada nesses fertilizantes é que apresentem um comportamento diferente das fontes solúveis convencionais, ou seja, que o revestimento provoque uma disponibilização gradativa e não uma liberação total de P. Isto foi possível ser observado no presente estudo para todos os fertilizantes revestidos com polímeros, uma vez que proporcionaram um maior teor de P foliar nas plantas de milho.

O Top Phos é um produto com tecnologia CSP (Complexo Super Fosfato) que tem como função proteger o fósforo contra a fixação de ferro e alumínio presentes no solo, promovendo um alto efeito residual para a safra seguinte. Além de estimular o desenvolvimento radicular, fazendo com que amplie a área de contato com os nutrientes, promovendo maior absorção (TIMAC AGRO, 2017).

O MicroEssentials se destaca por sua tecnologia que promove a liberação gradativa dos nutrientes, fazendo com que o efeito residual no solo seja maior e que as plantas recebam a quantidade necessária de P em todas as suas fases de desenvolvimento, através dessa liberação gradativa é possível observar um efeito residual maior no solo, podendo ser tanto durante a

safrá, quanto durante a safrinha também (MOSAIC, 2018).

O formulado 02-30-06 Amaggi apresenta três fontes solúveis de P, sendo elas Superfosfato Simples, MAP (Fosfato Monoamônico) e Superfosfato Triplo, essa composição tripla de fosfatados auxiliou no processo residual e, conseqüentemente, nos teores foliares de P para as plantas.

O NP Plus possui uma tecnologia exclusiva que estimula o desenvolvimento do sistema radicular ampliando assim a área de contato com nutrientes promovendo sua maior absorção. Promove alto residual de nutrientes no solo para as próximas safras e promove a atividade dos microrganismos benéficos do solo (TIMAC AGRO, 2019).

Mesmo apresentando diferença significativa nos teores foliares entre os tratamentos, todos eles estão dentro dos valores considerados adequados para a cultura, pois segundo Martinez et. al. (1999) os teores foliares de P adequados para a cultura do milho são entre 2,5 a 3,5 g kg<sup>-1</sup> MS.

## **CONCLUSÃO**

A prática da adubação fosfatada realizada somente na cultura da soja não interfere nos teores de P no solo para o milho. Assim como, também não interferem na produtividade de ambas as culturas e nos teores foliares da soja.

Os tratamentos TopPhos, MicroEssentials, 02-30-06 Amaggi e NP Plus se destacaram em relação ao teor foliar de P na cultura do milho, porém todos os tratamentos apresentam valores considerados adequados para a cultura.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, T. et al. Eficiência de fertilizante fosfatado protegido na cultura do milho. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 17 n. 1, p. 29-35, 2016.

BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A cultura do milho**. Universidade de Évora, 52 p. 2014.

BARROW, N. J. Soil phosphate chemistry and the P-sparing effect of previous phosphate applications. **Plant and Soil**, v. 397, n. 2, p. 401-409, 2015.

BERNARDES, J. V. S.; ORIOLI JÚNIOR, V. Efeito residual de fertilizantes fosfatados associados a substâncias húmicas na cultura do milho. **Anais do II Seminário de Pesquisa e Inovação Tecnológica**, Uberaba, MG, v.2, n.1, 2018.

CARMELLO, Q. A. C.; OLIVEIRA, F. A. Nutrição de lavouras de soja: situação atual e perspectivas. **Visão agrícola**, n. 5, p. 8-11, 2006.

COELHO, A. M. et. al. **Adubação Mineral**. Embrapa, Brasília, 2000.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento safra brasileira de grãos - Safra 2020/21**, Brasília, v. 8, n. 10, p. 55, 2021.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira safra 2022/2023**. 1º Levantamento. v. 10, n.1, 2022.

CRUZ, C. V. Efeito residual de fontes de fósforo e adubação fosfatada no crescimento do milho. 2015. 43f. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2015.

EMBRAPA SOJA. **Exigências minerais e adubação**. Londrina, 2010. 261p.

EMBRAPA SOJA. **Soja em números (Safra 2020/21)**. Londrina, 2021.

FIGUEIREDO C. C. et al. Adubo fosfatado revestido com polímero e calagem na produção e parâmetros morfológicos de milho. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p.446-452, 2012.

GAZOLA, R. N., et al. Efeito residual da aplicação de fosfato monoamônio revestido por diferentes polímeros na cultura de milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.6, p. 876-884, 2013.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA (IMEA). 2ª Estimativa da Safra de milho – 2022/23. Outubro, 2022. Disponível em: <https://imea.com.br/imea-site/arquivo-externo?categoria=relatorio-de-mercado/22-23&arquivo=esf-milho&numeropublicacao=69>. Acesso em: 28/10/22.

MARTINEZ et. al. **Valores de referência dos teores foliares de nutrientes considerados adequados para a cultura do milho**. 1999.

MOSAIC. MicroEssentials. 2018. Disponível em:  
<<https://nutricaoadesafras.com.br/microessentials/>> Acesso em: 30 maio 2022.

OLIVEIRA, L. E. Z. **Biodisponibilidade de fósforo residual em diferentes manejos de solo e adubação**. 2018. 83f. Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2018.

PAVINATO, P. S.; CHERUBIN, M. R.; SOLTANGHEIS, A.; ROCHA, G. C.; CHADWICK, D. R.; JONES, D. L. Revealing soil legacy phosphorus to promote sustainable agriculture in Brazil. **Scientific Reports**, v. 10, 15615, 2020.

ROWE, H. et al. Integrating legacy soil phosphorus into sustainable nutrient management strategies for future food, bioenergy and water security. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 104, p. 393-412, 2016.

SILVA A. A., SILVA T. S., VASCONCELOS A. C. P., LANA R. M. Q. Influência da aplicação de diferentes fontes de MAP revestido com polímeros de liberação gradual na cultura do milho. **Bioscience Journal**, v.28, p.240-250, 2012.

SMANIOTTO, T. A. S., et al. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.4, p.446– 453, 2014.

TIMAC AGRO. TopPhos. 2017. Disponível em:  
<<https://www.timacagro.com.br/tecnologia/top-phos/>> Acesso em: 30 maio 2022.

TIMAC AGRO. NP Plus. 2019. Disponível em:  
<<https://www.timacagro.com.br/tecnologia/npplus/>> Acesso em: 20 junho 2022.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY - USGS. **Mineral commodity summaries**. Reston, USGS, 2017. 202p.