

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

RENAN JOÃO MARAFON BERRIA

**ADUBAÇÃO SISTÊMICA E MODOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO
NA PRODUTIVIDADE DE SOJA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2019

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

RENAN JOÃO MARAFON BERRIA

**ADUBAÇÃO SISTÊMICA E MODOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO
NA PRODUTIVIDADE DE SOJA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2019

RENAN JOÃO MARAFON BERRIA

**ADUBAÇÃO SISTÊMICA E MODOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO
NA PRODUTIVIDADE DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Luís César Cassol

PATO BRANCO

2019

Berria, Renan João Marafon
Adubação sistêmica e modos de aplicação de fósforo na
produtividade de soja / Renan João Marafon Berria.
Pato Branco. UTFPR, 2019
37 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Luís César Cassol
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade
Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco,
2019

Bibliografia: f. 33 – 35

1. Agronomia. 2. Agricultura. 3. Fertilidade. 4. Nutrição-Mineral. I.
Cassol, Luís César, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do
Paraná. Curso de Agronomia. III. Título.

CDD: 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias
Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO
Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

**ADUBAÇÃO SISTÊMICA E MODOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO NA
PRODUTIVIDADE DE SOJA**

por

RENAN JOÃO MARAFON BERRIA

Monografia apresentada às 14 horas 00 min. do dia 16 de julho de 2019 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus Pato Branco*. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo-assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Ricardo Beffart Aiolfi

Faculdade Mater Dei

Eng. Agr. M.Sc. Anderson Camargo de Lima

PPGAG-PB UTFPR - Mestrando

Prof. Dr. Luís César Cassol

UTFPR *Campus Pato Branco*

Orientador

Prof. Dr. Jorge Jamhour

Coordenador do TCC

A "Ata de Defesa" e o decorrente "Termo de Aprovação" encontram-se assinados e devidamente depositados na Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR *Campus Pato Branco-PR*, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

Dedico esse trabalho aos meus avós Carlito e Teresa Marafon (*in memoriam*). Nada nessa vida será grande o suficiente para retribuir a altura toda a importância que eles tiveram e têm na minha existência. Dedico também para minha mãe Rozani e meu pai Nerci, duas pessoas que não mediram esforços para me proporcionar este momento.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelas oportunidades da vida e pela força e coragem a mim concedidas para que pudesse alcançar mais um objetivo. Agradeço de maneira muito especial e também, aos já citados anteriormente na dedicatória. Agradeço aos professores André Brugnara Soares e Luís César Cassol pelas orientações, sugestões e conselhos fornecidos durante a execução desse trabalho. Agradeço minha namorada Emily pela motivação durante todo o trabalho. Agradeço copiosamente aos amigos Wagner, Eduardo, Luan, Gustavo, Rui, Alberto, Jean e a todos que de alguma forma me ajudaram na execução desse trabalho, em especial ao grande e nobre colega de TCC, Sr. Gabriel Bonetti.

“Chegou o tão sonhado momento”.

(Fernando Lúcio da Costa, o eterno Capitão)

RESUMO

BERRIA, Renan João Marafon. ADUBAÇÃO SISTÊMICA E MODOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO NA PRODUTIVIDADE DE SOJA. 37 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2019.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a possibilidade de inversão de adubação, conciliando com a adubação fosfatada a lanço na cultura da soja, bem como a melhor combinação da dose de P_2O_5 entre os cultivos de inverno e verão, num solo muito argiloso com baixo teor de fósforo. Os tratamentos foram quatro parcelamentos da dose total (120 kg de P_2O_5) recomendada de P para a cultura da soja (0, 25, 75 e 100%), aplicados no inverno e/ou no verão, combinados com duas formas de aplicação do mesmo (linha e lanço), numa sucessão aveia / soja. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições, totalizando 24 parcelas. Os parcelamentos da dose do P foram aplicados a lanço nas 24 parcelas na aveia (inverno). No verão, em 12 parcelas o P foi aplicado no sulco antes do plantio da soja e as 12 parcelas restantes receberam as respectivas doses de P a lanço. Para a adubação fosfatada foram utilizados os seguintes parcelamentos da dose de P (120 kg P_2O_5 ha⁻¹): (0% - 100%), (25% - 75%), (75% - 25%) e (100% - 0%), na forma de Super Fosfato Simples, sendo o primeiro valor aplicado no inverno e o segundo no período do verão. Os componentes de rendimento avaliados na soja foram: Estande final de plantas, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, número de grãos por planta, massa de mil grãos (g) e produção total de grãos (kg ha⁻¹). Não foram obtidas diferenças significativas entre os tratamentos para todos os componentes de rendimento, com exceção da produção total de grãos. A produção de soja foi maior no tratamento com 100% da dose de P no sulco, evidenciando que em solos de baixa fertilidade não é recomendável fazer a inversão de adubação ou a adubação fosfatada a lanço. Recomenda-se a inversão de adubação apenas em solo de fertilidade corrigida.

Palavras-chave: Agricultura. Fertilidade. Nutrição-Mineral

ABSTRACT

BERRIA, Renan João Marafon. SYSTEMIC FERTILIZER AND APPLICATION MODES OF PHOSPHORUS IN SOYBEAN PRODUCTIVITY. 37 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology – Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2019.

The objective of this work was to evaluate the possibility of fertilization inversion, reconciling with phosphate fertilization to launch into soybean crop, as well as the best combination of the P_2O_5 dose between winter and summer crops, in a very clayey soil with low phosphorus content. The treatments were four installments of the total dose (120 kg of P_2O_5) recommended p for soybean crop (0, 25, 75 and 100%), applied in winter and/or summer, combined with two forms of application of the same (line and pitch), in an oat/soybean succession. The experimental design used was randomized blocks, with three replications, totaling 24 plots. The portionings of the P dose were applied to launch in the 24 plots in oats (winter). In the summer, in 12 plots the P was applied in the groove before soybean planting and the remaining 12 plots received the respective doses of P to throw. For phosphate fertilization, the following portions of the p dose (120 kg P_2O_5 ha⁻¹) were used: (0% - 100%), (25% - 75%), (75% - 25%) and (100% - 0%), in the form of Super Simple Phosphate, being the first value applied in winter and the second in the summer period. The yield components evaluated in soybean were: final plant stand, insertion height of the first pod, number of pods per plant, number of grains per plant, mass of 1,000 grains (g) and total grain production (kg ha⁻¹). No significant differences were obtained between treatments for all yield components, except for total grain production. Soybean production was higher in treatment with 100% of the P dose in the groove, evidencing that in low fertility soils it is not recommended to inversion fertilization or phosphate fertilization to toss. It is recommended to inversion fertilization only in corrected fertility soil.

Keywords: Agriculture. Fertility. Nutrition-Mineral

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Dinâmica do fósforo no solo.....	19
Figura 2 – Precipitação média e médias das temperaturas máximas e mínimas no período de Abril/2018 à Abril/2019.....	24
Figura 3 – Produtividade de soja em resposta a diferentes estratégias de adubação.....	28

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
PR	Unidade da Federação – Paraná
SBCS/NEPAR	Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/ Núcleo Estadual Paraná
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE ABREVIATURAS

Al	Alumínio
cm	Centímetro
Dr.	Doutor
Fe	Ferro
ha	Hectare
Kg	Quilograma
m	Metro
MO	Matéria Orgânica
P	Fósforo
SFS	Super Fosfato Simples

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 GERAL.....	15
2.2 ESPECÍFICOS.....	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1 A CULTURA DA SOJA.....	16
3.2 FÓSFORO.....	17
3.2.1 Dinâmica do P no solo.....	18
3.2.2 Formas de aplicação do fósforo.....	20
3.3 INVERSÃO DE ADUBAÇÃO.....	21
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
6 CONCLUSÕES.....	31
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

Entre os vários fatores que determinam o sucesso dos cultivos agrícolas, o manejo da fertilidade do solo é sempre um tema relevante. Essa importância se dá devido a relação direta entre a fertilidade do solo com a produtividade de uma determinada cultura agrícola.

Por muitos anos, e ainda até os dias atuais, a prática da adubação se faz diretamente relacionada a um determinado cultivo, de acordo com o quê o solo disponibiliza e o quê o cultivo extrairá. Ainda são poucos os trabalhos que consideram o sistema de produção como um todo. Pela evolução dos sistemas produtivos na agricultura, é de fundamental importância cada vez mais compreendê-los da maneira mais ampla possível, a fim de se dinamizar e otimizar todos os processos envolvidos. Dito isso, surge um conceito que relaciona o manejo da fertilidade do solo com essa nova forma de se entender a cadeia produtiva, qual seja, a adubação sistêmica ou de sistemas.

Esse conceito de se adubar o sistema de cultivo caracteriza-se por analisar o solo como bem maior e realizar a adubação pensando na manutenção da fertilidade do mesmo e não apenas em benefício de uma determinada cultura. No entanto, a inversão da lógica da adubação onde, via de regra, se prioriza a cultura de verão em detrimento à de inverno, gera alguma incerteza ao produtor e o questionamento sobre a possibilidade e a viabilidade de se fazer a total ou parcial adição dos nutrientes no cultivo de inverno, uma aveia em cobertura por exemplo, e não se fazer ou apenas fazer uma adubação parcial no cultivo de verão, soja por exemplo.

Nos últimos anos a ocorrência de adversidades climáticas nas janelas de plantio, associadas a problemas de ordem econômica nas balanças comerciais mundo afora e que interferem diretamente nos preços dos fertilizantes, fizeram com que a prática da adubação de sistemas ganhasse força.

Em resumo ocorre que no cultivo de verão, seja ele de soja ou de milho, a operação de semeadura, realizada sem a adição de fertilizantes, otimiza e acelera o rendimento operacional, o que se torna ideal em momentos de adversidades climáticas. Por sua vez e historicamente constatado, o preço dos

fertilizantes durante o inverno é mais baixo em relação ao verão, devido a baixa demanda do mesmo. Assim, adquirindo e aplicando os fertilizantes na cultura de inverno, além do ganho operacional no plantio da cultura de verão, se têm um ganho econômico real com os preços mais baixos na compra dos adubos no inverno, além de beneficiar o desenvolvimento desta espécie sem prejuízo ao cultivo de verão.

Também nos últimos anos, mais especificadamente na região do cerrado brasileiro, vêm sendo mais frequente a prática da adubação fosfatada a lanço, seja ela momentos antes ou pós plantio da cultura da soja. Isso está fortemente relacionado ao fato comentado anteriormente, da otimização do processo de plantio. Tudo isso devido as condições da região, com áreas cultivadas com declive quase nulo e com o uso de máquinas de grande capacidade operacional.

As dúvidas que pairam sobre o uso dessa nova forma de se fazer a agricultura são compreensíveis e pertinentes. Em sua maioria estão relacionadas as fontes, doses e épocas de aplicação dos fertilizantes. Por se tratar de um nutriente de baixa mobilidade no solo e que apresenta forte interação com as partículas coloidais do solo, formando compostos de alta estabilidade, o fósforo, nos sistemas de inversão de adubação, é o macronutriente que se têm mais receio em adotar tal estratégia nutricional.

Na busca de se ter mais entendimento sobre essa dinâmica do P nos sistemas de adubações, o presente trabalho visa determinar a viabilidade da adubação fosfatada a lanço no cultivo da soja, bem como a melhor dose, através da inversão de adubação.

2 OBJETIVOS

Almejando uma cadeia produtiva onde se otimize a produção por área e se faça um melhor uso dos recursos disponíveis, busca-se novas estratégias para uso dos nutrientes, relacionada diretamente a isso estão ligadas as doses de P e as formas de aplicação desse macronutriente no sistema.

2.1 GERAL

Avaliar o efeito da inversão da adubação fosfatada aplicada a lanço e no sulco sobre a produtividade da cultura da soja.

2.2 ESPECÍFICOS

- Verificar entre lanço e na linha de cultivo, qual a melhor forma de se realizar a adubação fosfatada.

- Identificar qual a combinação da dose de fertilizante fosfatado solúvel inverno/verão possibilita maiores produtividades de soja.

- Avaliar qual combinação entre forma de aplicação do adubo + dose do mesmo, reflete em uma maior produtividade de soja.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A CULTURA DA SOJA

A soja, *Glycine max* (L.) Merrill, figura entre as mais importantes oleaginosas produzidas do mundo, sendo registrada, na safra 2017/2018, produção de 336,699 milhões de toneladas em 124,580 milhões de hectares cultivados, com uma produtividade média mundial de 2703 kg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2018).

No Brasil, é a cultura que possui maior área destinada para o cultivo por parte dos agricultores. De acordo com levantamento registrado pela Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB no ano de 2019, na safra 2018/2019 foram destinados 35,80 milhões de hectares, que geraram uma produção de 114,31 milhões de toneladas do grão e, portanto, uma produtividade média de 3193 kg ha⁻¹. O estado do Paraná, por sua vez, na safra 2018/2019, por problemas hídricos (seca), perdeu o segundo lugar no ranking de produção em relação à safra anterior para o estado do Rio Grande do Sul (o Mato Grosso é o estado maior produtor de soja), ficando com a terceira colocação a nível nacional, com área cultivada de 5,43 milhões de hectares que geraram uma produção de 16,25 milhões de toneladas, sendo assim com uma produtividade média abaixo da média nacional, com 2989 kg ha⁻¹ (CONAB, 2019).

A soja é a principal fornecedora/fonte de proteína e ácidos graxos usadas na alimentação de animais, logo ocupa uma posição de destaque na produção mundial de alimentos. Nos processos industriais, a soja origina o óleo bruto e o farelo, esses são os principais derivados da soja. O farelo é usado na produção de rações, caracterizando-se como a principal fonte proteica das dietas na nutrição animal (BLACK, 2000).

Segundo Alliprandini *et al.* (1994), a expressão fenotípica de uma planta de soja é resultado da interação dos fatores genéticos com os fatores ambientais. O fator genético possui pequena influência na variação do potencial de produção de grãos por parte da cultura. Já o fator ambiente, por sua vez, é considerado fator limitante na expressão da máxima potencialidade genética (crescimento e produtividade). Dentre os fatores descritos como ambientais, alguns

são manejados pelo homem, o controle de doenças, o controle de plantas daninhas, o controle de pragas, a irrigação e a nutrição das plantas.

De acordo com Pauletti e Motta, (2017), no manual de adubação e calagem para o estado do Paraná, para cada tonelada de soja produzida são extraídos 66,1 kg de nitrogênio, 6,1 kg de fósforo, 30,1 kg de potássio, 9,5 kg de cálcio, 6,3 kg de magnésio e 13,4 kg de enxofre. Os valores que são exportados para a mesma produção de uma tonelada de soja são de 47,1 kg de N, 4,5 kg de P, 14,2 kg de K, 2,3 kg de Ca, 1,8 kg de Mg e 4,7 kg de S. Em resumo a ordem de nutrientes exportada é $N > K > S > P > Ca > Mg$. Os mesmos autores definem extração como quantidade do nutriente em toda a parte aérea da planta para cada tonelada de grãos produzidas e exportação é definida como quantidade de nutriente nos grãos para cada tonelada de grão de soja produzida.

Com exceção do N, que pode e é fornecido através da fixação biológica, nota-se que o potássio é o elemento mais extraído pela planta, seguido pelo enxofre, cálcio, magnésio e fósforo. O cálcio e o magnésio são comumente fornecidos via calagem, logo as atenções devem ser voltadas para o fornecimento do K e do P, estes os macronutrientes aplicados via adubação de base ou em cobertura na cultura da soja (SFREDO, 2008).

3.2 FÓSFORO

No solo o P ocorre nas formas inorgânicas e orgânicas, estas em diferentes proporções contribuem para o P disponível. De acordo com Gatiboni *et al.* (2013) o P inorgânico compreende o íon fosfato na solução do solo, todas as formas precipitadas com Al^{3+} , Fe^{2+} e Ca^{2+} e adsorvidas aos oxi-hidróxidos de Fe e de Al da fração argila e, ainda, as formas estruturais dos minerais fosfatados. O fósforo orgânico provém dos restos vegetais, dos microrganismos e dos produtos de sua decomposição variando entre 5 a 80% do P total do solo (MARTINAZZO *et al.*, 2007).

Segundo Sfredo (2008), o fósforo é absorvido, em sua maioria, na forma iônica como $H_2PO_4^-$. O ácido fosfórico, H_3PO_4 , dá, por dissociação, três espécies iônicas $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} e PO_4^{3-} . A primeira é a forma predominante na faixa

de pH 4,0 a 8,0, na qual vivem a maioria das plantas. O P, absorvido na forma mineral, é rapidamente incorporado aos compostos orgânicos, pois 80% são encontrados como fosfohexases e difosfato de uridina, logo após a absorção, a qual é fortemente influenciada pela concentração de Mg^{2+} no meio, que exerce efeito sinérgico. Os principais compostos que possuem o P são ésteres de carboidratos, nucleotídeos (síntese de proteínas, código genético), RNA e DNA, fosfolipídeos, ácido fítico e seus sais de Ca e Mg (reserva de P na semente) e os fosfatos de adenosina (AMP, ADP, ATP) (CÂMARA; HEIFFIG 2000).

O principal papel do P, na fisiologia da planta, é fornecer energia para reações biossintéticas e para o metabolismo vegetal. Na sua falta, o P não metabolizado no vacúolo pode sair da célula, sendo direcionado para os órgãos mais novos da planta. Esse nutriente apresenta fácil mobilidade no interior da planta e, por isso, os sintomas de deficiência aparecem, em primeiro lugar, nas partes mais velhas, que apresentam coloração verde azulada e menor crescimento. É um nutriente móvel no floema e, juntamente com o nitrogênio e o potássio, é o mais prontamente redistribuído, via floema, para outras partes da planta, em particular aos órgãos novos em crescimento, vegetativos ou reprodutivos, que são drenos preferenciais no desenvolvimento das plantas (BINGHAM, 1966).

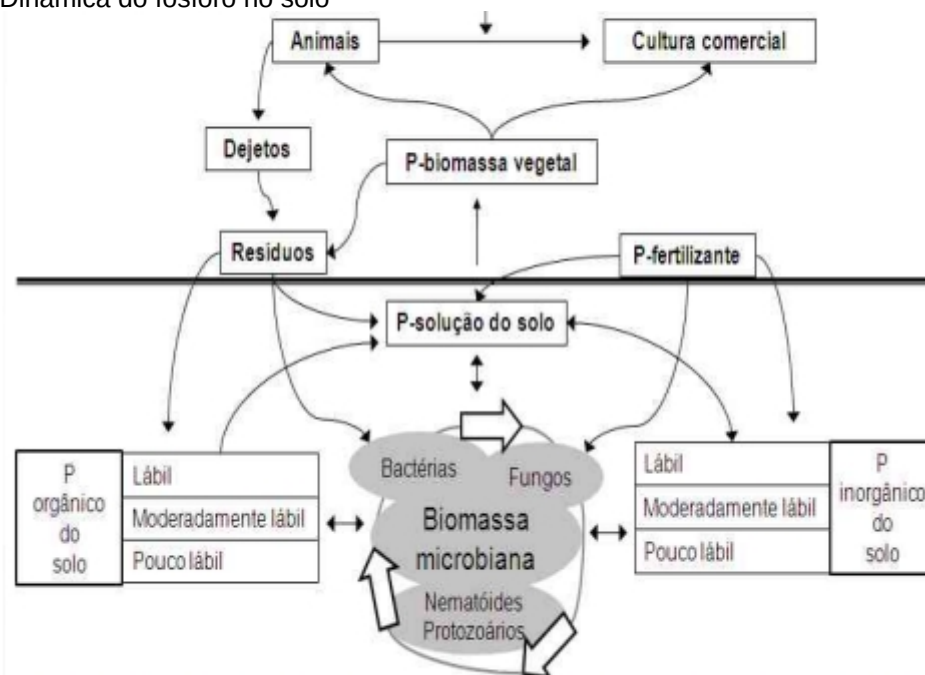
Segundo Novais *et al.* (2007), do ponto de vista da fertilidade do solo, independentemente da natureza química, a disponibilidade de P é classificada de acordo com a facilidade de reposição dos íons fosfato na solução do solo. Assim, o conjunto de compostos capazes de repor P rapidamente na solução do solo representam a fração lábil de P. Os compostos de baixa solubilidade, precipitados ou fixados, formas muito pouco ou nada reversíveis, representam a fração não-lábil de P.

3.2.1 Dinâmica do P no solo

A baixa mobilidade no perfil do solo é a principal característica da dinâmica do fósforo. De modo geral, todo o P na forma solúvel vem de processos de aplicação do mesmo ou da decomposição de resíduos orgânicos, e em pouco tempo esse P é transformado em formas insolúveis no solo (HANSEL, 2013).

Como a concentração de P no solo é muito baixa, o solo deve ser continuamente reabastecido com este nutriente a partir dos fertilizantes minerais e da matéria orgânica do solo para repor o P absorvido pelas plantas. O P presente na matéria orgânica do solo não se torna disponível para a absorção pelas plantas até que os microrganismos convertam os compostos orgânicos em fosfatos inorgânicos simples (MALAVOLTA, 2006). A figura 1 apresenta a dinâmica do P no solo, seus componentes, formas de entrada e formas de saída do elemento no sistema.

Figura 1 – Dinâmica do fósforo no solo



Fonte: Anghinoni *et al.*, 2007

Os fertilizantes fosfatados sob a forma de fosfato solúvel em água, em contato com a solução do solo, solubilizam-se, tornando o P disponível. Uma fração do P fica diluído na solução do solo e outra fração fica adsorvida aos complexos coloidais (argilas), por troca iônica. Em solos ácidos com altos teores de ferro e/ou alumínio, parte do P disponível é “fixada”, formando compostos de ferro e alumínio, dessa forma não disponibilizando o P para as plantas (MALAVOLTA, 1984).

Um dos maiores benefícios indiretos da calagem é que as hidroxilas (OH⁻) geradas pela reação do calcário, substituem os íons de P fixados, consequentemente liberando os mesmos para a solução do solo. Uma fração do P disponível é absorvida pelos vegetais e pelos microrganismos do solo, sendo que

esta última torna-se a parte do P imobilizada no solo. Com o passar do tempo e com a morte dos microrganismos e a decomposição dos restos de culturas no solo, o P imobilizado se torna novamente disponível para as plantas via processo da mineralização da MO (SOUSA *et al.*, 2016)

Em resumo, a dinâmica das formas de P inorgânico e orgânico no solo vai depender do sistema de manejo, do quanto de P é exportado na colheita, do quanto de P é repostado no sistema e da habilidade das plantas em usar as formas menos lábeis do fósforo (TIECHER *et al.*, 2012; TIECHER; RHEINHEIMER, 2012).

3.2.2 Formas de aplicação do fósforo

As formas mais utilizadas para adicionar P ao solo são: a lanço, na superfície, com ou sem incorporação, no sulco de plantio, em cova e em faixas (SOUSA; LOBATO, 2004). A adubação a lanço não tem maiores inconvenientes entre os nutrientes Nitrogênio e Potássio, mas se tratando de Fósforo é uma prática ainda controversa e as opiniões divergem, faltam estudos mais recentes sobre a aplicação a lanço em diferentes condições de solo, clima e sistemas de produção (TOMÉ, 2015).

Conforme Chueri (2005), a aplicação a lanço antecipada pode ser total ou parcial, numa cultura antecedente seja ela de verão ou inverno, permitindo um processo de semeadura de maneira mais rápida; a forma mais conhecida, a adubação no sulco, é feita geralmente junto com a semeadura.

Uma das opções para aumentar a eficiência de fertilizantes fosfatados é sua aplicação de modo adequado no solo. A escolha dessa prática dependerá do solo, da fonte de P, da espécie a ser cultivada, do sistema de preparo e do clima. Dos adubos fosfatados solúveis, os mais usados na agricultura são geralmente comercializados na forma de grânulos. A granulação, além de facilitar sua aplicação na lavoura, limita a quantidade de solo que entra em contato com o adubo, diminuindo a insolubilização de P no solo, sendo uma forma de localizá-lo mesmo em aplicações feitas a lanço (SOUSA; LOBATO, 2004).

De acordo com Broch e Chueri (2005) a aplicação do fertilizante no sulco, abaixo e ao lado da semente, é a prática de adubação fosfatada mais comum.

Tal prática se tornou tradicional devido ao crescimento das raízes ser para baixo em função do geotropismo positivo, logo, localizando o fertilizante na trajetória de crescimento das mesmas.

Em solos com baixos teores de P e que possuem alta capacidade de “fixação” do nutriente, a aplicação em sulco reduz o contato do nutriente liberado dos fertilizantes com os sítios de adsorção nos componentes do solo, desta forma, tornando o P proveniente destes, mais disponível favorecendo assim a absorção pelas plantas (NOVAIS *et al.*, 1999).

O fósforo é um nutriente que apresenta efeito residual baixo, dessa forma, o efeito de práticas de manejo envolvendo este nutriente não pode ser plenamente compreendido pelo desempenho das lavouras no curto prazo. De acordo com Nunes *et al.* (2011), precisa-se evitar conclusões imediatistas e pensar um pouco mais sobre formas eficientes de manejar este nutriente na agricultura moderna. No entanto, ainda existem discussões sobre a variabilidade levada ao solo com adubação no sulco, devido a doses diferentes exigidas pelas culturas e espaçamentos diferentes entre as culturas plantadas no mesmo talhão.

A aplicação do P a lanço ocasiona impactos diretos no solo, na água e na planta. No solo, a concentração do nutriente em superfície aumenta a possibilidade de contato com calcário, tornando o P menos solúvel. Também a sua difusão é dificultada pois necessita de umidade e por via de regra, a superfície, é o local onde o solo é menos úmido. Na água, o P aplicado em superfície pode ser carregado pelo escoamento superficial ocasionado por situações erosivas, chegando aos mananciais de água. Essa contaminação da água pelo fósforo causa a eutrofização dos corpos hídricos (NUNES *et al.*, 2011).

Por fim, na planta, o P aplicado em superfície pode fazer com que ocorra concentração de raízes superficiais, ocasionando redução da produtividade das culturas em anos com baixos índices pluviométricos (TOMÉ, 2015).

3.3 INVERSÃO DE ADUBAÇÃO

Segundo Duarte e Cantarella (2007), a exigência de cada cultura por nutrientes se dá a partir da extração total e da marcha de absorção dos nutrientes,

ou seja, da ordem e quantidade em que os nutrientes são extraídos pela planta, com influência também dos picos de absorção de cada nutriente em determinadas fases do ciclo de cada cultura. Os nutrientes em sua maioria são fornecidos para as plantas via as práticas de adubação. As adubações são realizadas geralmente em sulco junto do processo da semeadura, principalmente os macronutrientes NPK. Em algumas culturas como o milho se necessita e se realiza a adubação em cobertura de Nitrogênio e de Potássio. Para a soja, que através dos mecanismos de fixação de N, dispensa aplicações de N na base ou em cobertura, restam o K e o P.

Os atrasos durante a operação de semeadura resultam em decréscimos na produtividade. Uma das razões dessa problemática é a necessidade de se aplicar grandes quantidades de adubos no momento da implantação da cultura. Essas grandes quantidades implicam em maior tempo e número de abastecimentos da semeadora, influenciando na sua capacidade operacional. Portanto, de acordo com Matos *et al.* (2006), uma das alternativas para contornar o problema é antecipar a adubação. Neste sistema, a adubação é aplicada antes da semeadura, gastando um menor tempo nas paradas para o abastecimento da semeadora, reduzindo o número de conjuntos de maquinários e dos custos totais, obtendo-se desta forma, melhores resultados econômicos.

Nos últimos anos, de acordo com Segatelli (2004), têm-se intensificado a prática da adubação antecipada a lanço do potássio, principalmente, e a ideia de também fazer isso com o P vêm ganhando força nesse mesmo contexto, tudo isso objetivando otimizar o processo da semeadura, realizando esta prática em menor tempo e de maneira mais eficiente. Além disso, a estratégia que sustenta a realização da antecipação da adubação, é a ciclagem de nutrientes.

A ciclagem de nutrientes é realizada através da utilização de culturas na entressafra com o objetivo de cobertura do solo, visando à diversificação da produção agrícola com sustentabilidade. A ciclagem dos nutrientes é uma estratégia para melhoria da qualidade ambiental e manutenção da fertilidade do solo (CHAVES; CALEGARI, 2001).

Conforme Rosolem *et al.* (2003), os resíduos culturais na superfície do solo constituem importante reserva de nutrientes, cuja disponibilização pode ser rápida e intensa, ou lenta e gradual, conforme a interação entre os fatores

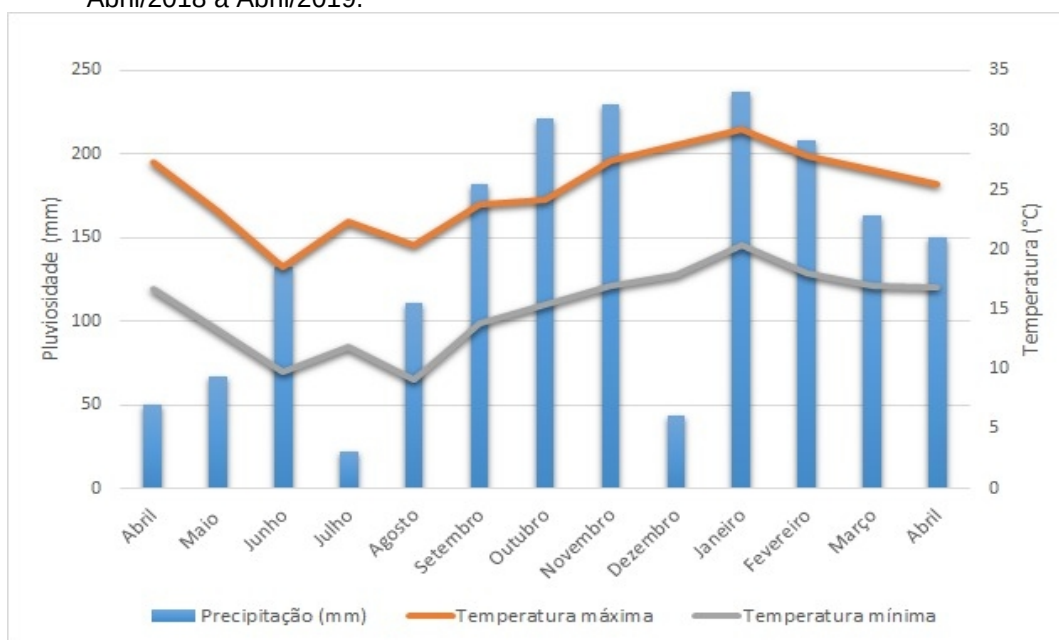
climáticos, principalmente precipitação pluvial e temperatura, atividade macro e microbiológica do solo e qualidade e quantidade do resíduo vegetal. Essa ciclagem e mineralização dos nutrientes de um cultivo para o outro, é a teoria que embasa o conceito de inversão de adubação ou também conhecido como adubação de sistemas.

A adubação de sistemas consiste em práticas onde se busca, ao realizar o manejo nutricional, não se restringir somente às exigências nutricionais de uma cultura específica, mas sim atender as exigências, demandas e peculiaridades do sistema de produção (solo), como um todo, ou seja, em que todos os cultivos estejam envolvidos. Na adubação de sistemas alguns pilares devem ser observados: a adubação de sistemas não significa somente antecipar/postergar a adubação de determinado nutriente, mas sim, deve-se analisar o sistema produtivo como um todo; para se realizar com sucesso a adubação de sistemas, o nutriente em questão deverá estar em nível alto no solo, caso contrário o solo deverá ser corrigido para que então se possa realizar tal prática de manejo; deve-se optar pelo aproveitamento dos resíduos culturais (processo de reciclagem, mineralização e imobilização dos nutrientes) (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.* 2010).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco, com localização a 26°10'32" S e 52°41'16" O, e altitude média de 750 m. O solo da área experimental é descrito como Nitossolo Vermelho Distrófico latossólico, textura muito argilosa, com 750 g kg⁻¹ de argila, 1,4 g kg⁻¹ de areia e 248,6 g kg⁻¹ de silte. A análise inicial do solo apontou a seguinte composição química: MO = 40,21 g dm⁻³, K = 0,13 cmol_c dm⁻³; P = 4,81 mg dm⁻³; Ca = 2,3 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,6 cmol_c dm⁻³; Al = 0,77 cmol_c dm⁻³; CTC = 13,03 cmol_c dm⁻³; V% = 32% e pH (CaCl₂) = 4,3. Para efeitos de correção do solo, no dia 06/09/2018 foi realizado a prática da calagem na dosagem de aproximadamente 6 ton ha⁻¹. O clima da região é caracterizado como Cfa, pela classificação de Köppen. Durante o período do experimento as temperaturas se comportaram dentro do esperado, mantendo-se entre as médias dos últimos anos e os índices de precipitação foram de aproximadamente 800 mm no acumulado, com destaque para o mês de dezembro, onde um período de seca fez o acumulado do mês não ultrapassar os 50 mm, conforme a figura 2.

Figura 2 – Precipitação média e médias das temperaturas máximas e mínimas no período de Abril/2018 à Abril/2019.



Fonte: SIMEPAR, 2019.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições, totalizando 24 parcelas. Os tratamentos avaliados foram quatro parcelamentos da dose total recomendada de P_2O_5 para a cultura da soja (120 kg de P_2O_5), quais sejam: 0, 25, 75 e 100% aplicados no inverno e/ou no verão, combinados com duas formas de aplicação do mesmo (linha e lanço), numa sucessão aveia / soja.

Os parcelamentos da dose do P foram aplicados a lanço nas 24 parcelas na aveia (inverno). No verão, 12 parcelas (4 por bloco) o P foi aplicado no sulco antes do plantio da soja e as 12 parcelas restantes receberam as respectivas doses de P a lanço. Para a adubação fosfatada foram utilizados os seguintes parcelamentos da dose de P (120 kg de P_2O_5 ha⁻¹): 0 – 120 (0% - 100%), 30 – 90 (25% - 75%), 90 – 30 (75% - 25%) e 120 – 0 (100% - 0%), na forma de SFS – Super Fosfato Simples (18% de P, 16% de Ca e 8% de S), sendo o primeiro valor aplicado no período do inverno e o segundo no período do verão. A adubação fosfatada foi feita a lanço na aveia preta no inverno logo após a sua semeadura, a qual foi realizada no dia 09/04/18. No cultivo de verão, a adubação fosfatada foi feita no sulco no momento da semeadura da soja e a lanço quando a cultura estava entre os estágios V2 e V4. Neste mesmo estágio da cultura da soja foi realizado a adubação potássica, também a lanço na forma de cloreto de potássio (KCl), que contem 60% de K_2O , de forma a aplicar 90 kg de K_2O ha⁻¹, de maneira homogênea na área total do experimento.

As parcelas possuíam dimensões de 4 m x 9,3 m, totalizando 37,2 m². A dessecação da aveia foi realizada no dia 06/09/18 com o herbicida glifosato Atanor, numa dosagem de 3 L de produto por hectare, diluídos em 200 L de calda/ha-1. No dia 06/11/18 foi realizada a semeadura da soja. A cultivar utilizada foi a PIONNER 95R90 IPRO, com densidade de semeadura de 320.000 sementes ha⁻¹. A soja foi semeada manualmente, com auxílio de enxadas para abertura dos sulcos de plantio e espaçamento entre linhas de 0,45 m. Para o controle das plantas daninhas foram realizadas duas capinas manuais com o auxílio de enxada. Foram realizadas quatro aplicações de defensivos agrícolas, com intervalos médios de 20 dias, para o controle de pragas e doenças em geral. As aplicações eram feitas de maneira homogênea em toda a área do experimento.

A colheita foi feita de forma manual no dia 22/03/2019. Foram colhidos 5 m²/parcela, as plantas de soja foram trilhadas com auxílio de um batedor de cereais acoplado ao trator. Para a determinação dos componentes de rendimento efetuou-se as seguintes avaliações:

– Estande final: Foram feitas contagens na área útil colhida da parcela (10 m lineares) e determinado o número de plantas restantes após o cultivo;

– Altura de inserção da primeira vagem: Foram obtidos com auxílio de uma régua delimitada de 30 cm através da medição de plantas em número representativo na área colhida;

– Número de vagens por planta: Foram contadas o número de vagens por planta em número representativo e posteriormente extrapolado para hectare;

– Número de grãos por planta: Foram contados o número de grãos totais produzidos por planta em número representativo posteriormente foi extrapolado para hectare.

– Massa de mil grãos (g): Obtido pela pesagem de 1000 grãos;

– Produtividade total de grãos (kg ha⁻¹): Determinada pela pesagem da massa de grãos colhida na área útil da parcela e posteriormente trilhada, corrigida para a umidade relativa de 13%.

Após a coleta, os dados foram tabulados e posteriormente submetidos à análise da variância (ANOVA) e comparação das médias pelo teste de Tukey com o auxílio do programa estatístico ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2002).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Não foram constatadas diferenças significativas nos parâmetros avaliados, quais sejam o estande final de plantas ($P=0,3437$), a altura de inserção da primeira vagem ($P=0,1284$), o número de vagens por planta ($P=0,3184$), o número de grãos por planta ($P=0,4242$) e a massa de mil grãos (g) ($P=0,1754$). No entanto, a produtividade total de grãos (kg ha^{-1}) ($P=0,0239$) foi influenciada pelos tratamentos.

Ao avaliar a produtividade e os componentes de rendimento da soja sob diferentes doses de fósforo, potássio e zinco, em Palotina – PR, Gonçalves Júnior *et al.* (2010), verificaram aumento significativo na produtividade da soja nos tratamentos com as maiores doses de P_2O_5 (160 kg ha^{-1}). No mesmo trabalho, não verificaram diferenças significativas nos componentes de rendimentos número de grãos por planta e peso de mil grãos para os tratamentos com maiores doses de P, porém o componente de rendimento número de vagens por planta foi superior nos mesmos tratamentos. O componente de rendimento número de vagens por planta também foi superior quando a adubação foi feita em sulco, no trabalho de Bergamin *et al.* (2008), onde foram avaliados a resposta de duas cultivares de soja com adubações a lanço e em sulco no município de Rolim de Moura – RO.

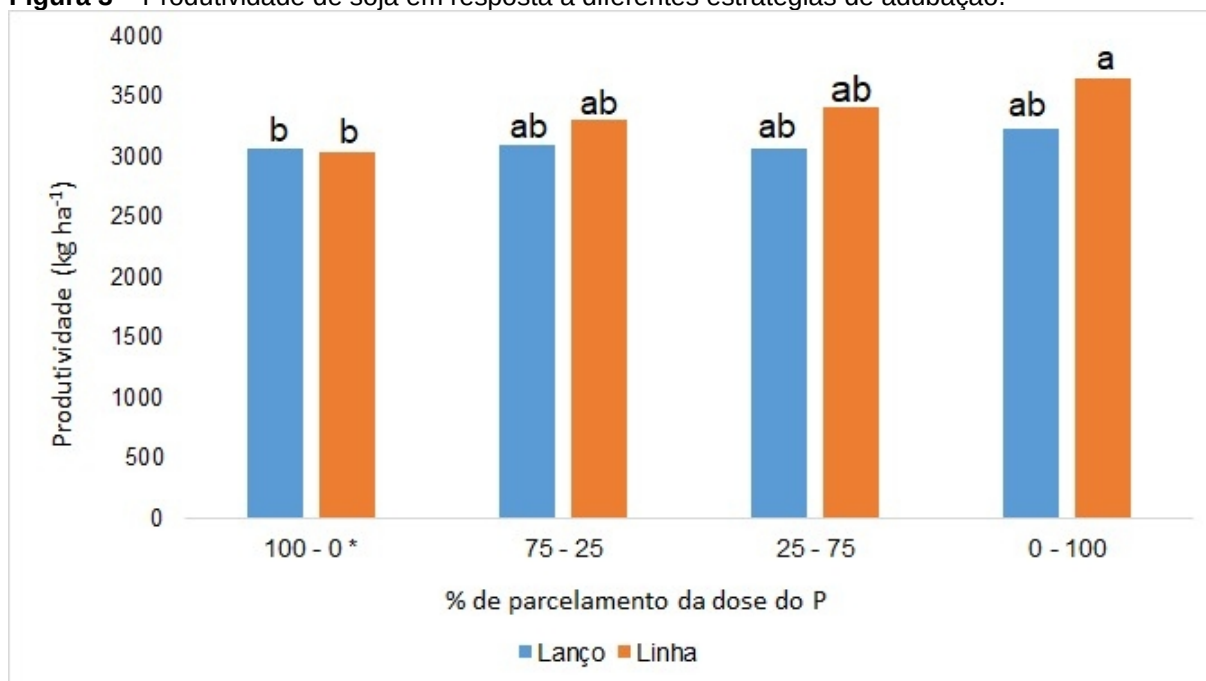
A diferença significativa obtida na avaliação da produção de soja (figura 3) evidencia os resultados já esperados devido as condições do solo onde o experimento foi executado, cujo teor de P ($4,81 \text{ mg dm}^{-3}$) é considerado baixo (PAULETTI, MOTTA,, 2017). Nesse caso a inversão da adubação fosfatada e a aplicação do fósforo a lanço foram estatisticamente menos eficientes quando comparadas aos tratamentos com o P no sulco de plantio. Os tratamentos “Lanço e Linha 0%” apresentaram as menores produções de soja. O tratamento “Linha 100%” apresentou a maior produção, $3653,4 \text{ kg ha}^{-1}$ e os demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si.

É importante ressaltar que entre o melhor tratamento (linha 100% na soja) e o pior tratamento (lanço 0% na soja), foi observado uma diferença de 9,6 sacas por hectare. Considerando que o preço da soja comercializada no estado do Paraná no último mês (Junho/2019) foi, em média, R\$ 75,00/sc, têm-se uma

diferença de aproximadamente R\$ 700,00 por hectare no cenário do experimento. Em condições de campo, esse valor de R\$ 700,00 pode representar uma parte significativa do lucro de um cultivo de soja. Vale atentar para o fato de que essa diferença se deu apenas entre o modo de aplicação do fertilizante fosfatado.

De acordo com os dados estatísticos sobre a produção de soja nos diferentes tratamentos avaliados, é possível se fazer um comparativo entre mesmas doses diferindo apenas na forma de aplicação do nutriente (figura 3). É possível se observar a superioridade do método de aplicação do fósforo no sulco de plantio, onde com o aumento da dose de P a produção de soja foi aumentando gradativamente. O mesmo acontece para as doses de P no sulco de plantio, onde com o aumento gradativo das mesmas a cultura respondeu em produção. No modo de aplicação a lanço, esse aumento de produção em função do aumento da dose do P, não foi identificado.

Figura 3 – Produtividade de soja em resposta a diferentes estratégias de adubação.



Fonte: Autoria própria, 2019.

*O primeiro número representa adubação fosfatada aplicada no inverno (distribuída à lanço) e o segundo número a adubação fosfatada aplicada no verão (distribuída em linha).

Os resultados obtidos no trabalho corroboram com as literaturas já descritas, onde a inversão de adubação do P ou sua aplicação a lanço, só pode ser feita seguindo determinados critérios previamente estabelecidos. Segundo Oliveira

Júnior *et al.* (2010), para se realizar com sucesso a inversão de adubação, o nutriente deve estar em nível alto no solo, no caso do experimento, os teores de P estavam em nível baixo no solo ($4,81 \text{ mg dm}^{-3}$), conforme Pauletti e Motta, (2017).

O pH do solo onde se localizava o experimento estava em níveis baixos (4,3) e o alumínio se encontrava em níveis médios ($0,77 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Mesmo com a correção desses parâmetros via calagem, o tempo hábil entre aplicação do calcário e a realização do experimento, pode não ter sido suficiente para de fato neutralizar o alumínio e assim corrigir o pH. Isso pode ter interferido nos resultados, pois de acordo com Malavolta (1984), solos ácidos com altos teores de alumínio e/ou ferro, fixam parte do P, formando compostos entre o P e o Al ou Fe, desta forma indisponibilizando o P para as plantas.

Guareschi *et al.* (2008) avaliando adubação fosfatada e potássica na semeadura e a lanço antecipada na cultura da soja cultivada em solo de Cerrado (arenoso de textura média) no município de Rio Verde – GO, também não encontraram diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis de componentes de rendimento, ou seja, peso de mil grãos, número de vagens por planta e número de grãos por planta. Também não foi observada diferença significativa entre os tratamentos P + K a lanço e P + K no sulco para a variável produtividade de soja. Com essa informação temos a situação de que independentemente do modo de aplicação, no sulco na semeadura ou a lanço antecipada, não se diferiu a produtividade da soja, ou seja, é possível se realizar a inversão de adubação. No trabalho de Guareschi *et al.* (2008) se têm um solo arenoso de textura média e com os nutrientes corrigidos. No presente trabalho onde a inversão não se faz eficiente, se têm um solo de textura muito argilosa e com os nutrientes não corrigidos além da presença de Al tóxico. Isso se deve a dinâmica do P no solo, onde dependendo do pH do solo e dos teores de elementos como Al e Fe, ocorre a imobilização ou a indisponibilização do P para as plantas resultando assim em acréscimos ou decréscimos na produtividade.

Como visto, é possível compreender que apesar de pouca literatura e trabalhos específicos sobre inversão ou aplicação de fósforo a lanço para a cultura da soja, é possível se realizar a inversão ou a aplicação do P a lanço desde que o solo esteja bem manejado, ou seja, com pH corrigido, sem a presença de alumínio

ou ferro devido as complexações entre os elementos e o mais importante, o nível de P no solo deve estar alto. Agregando todos esses fatores se têm a possibilidade de optar por um manejo diferenciado, que é a realização da fosfatagem no inverno quando os fertilizantes fosfatados via de regra são comercializados com preços menores ou a lanço, antes ou logo após a semeadura, o que otimizará o processo de plantio devido ao fato de não se usar adubo no momento do plantio, desta forma, permitindo o operador do conjunto trator – semeadora andar em velocidades maiores e diminuindo o tempo de parada para abastecidas do conjunto com adubo.

6 CONCLUSÕES

Não é possível fazer a inversão da adubação ou a adubação fosfatada a lanço em solos com baixos teores de P, sem correção de pH, com presença de alumínio.

Nessas condições, o tratamento com aplicação de 100% da dose recomendada de fósforo na linha, no momento da semeadura da soja, resultou em maior produtividade da cultura.

Independentemente da forma de aplicação, a aplicação antecipada de 100% da dose de P_2O_5 na cultura da aveia, proporcionou a menor produtividade de soja, não sendo prática indicada para as condições deste estudo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em um futuro experimento recomenda-se escolher uma área com pH corrigido, sem a presença de Al e com o teor de P já em nível alto no solo, visto que esses fatores limitam os possíveis resultados de um sistema de manejo com inversão total ou parcial da adubação fosfatada ou da adubação a lanço.

Para se obter resultados de maior confiança também recomenda-se repetir o trabalho num período maior, devido ao solo e sua fertilidade serem um sistema aberto de manejo, onde muitos fatores interferem e devido à dificuldade de se construir uma fertilidade de fósforo, pelo mesmo ser um nutriente de baixa mobilidade no solo e de fácil imobilização.

REFERÊNCIAS

- ALLIPRANDINI, L. F. *et al.* Estudo da interação Genótipo X Ambiente como fator de produção em genótipos de Soja (*Glycine Max*) no Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 9, p. 1433–1444, 1994.
- ANGHINONI, I. *et al.* Dinâmica de fósforo, potássio, cálcio e magnésio em sistemas de integração Lavoura-Pecuária. In: **Simpósio Internacional de Integração Lavoura-Pecuária**. Curitiba – PR, 2017.
- BERGAMIN, A. C. *et al.* Respostas de duas cultivares de soja e adubação a lanço e em sulco no município de Rolin de Moura–RO. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 50, n. 1, p. 155–166, 2008.
- BINGHAM, F. T. **Diagnostic criteria for plants and soils**. Abilene: Chapman, Homer D., 1966. cap. Phosphorus, p. 324–361.
- BLACK, R.J. Tecnologia da produção II. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2000. cap. **Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva**, p. 1–18.
- BROCH, D. L.; CHUEIRI, W. A. **Estratégia de adubação: cultura da soja cultivada sob sistema de plantio direto**. Maracajú, 2005. 53 p. Disponível em: www.manah.com.br/publicacoes/estrategias_abudacao.pdf.
- CÂMARA, G.M.S.; HEIFFIG, L.S. **Soja: tecnologia da produção II**. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2000. cap. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja, p. 81–120.
- CHAVES, J.C.D; CALEGARI, Ademir. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, v. 22, p. 53–60, 2001.
- CHUEIRI, W. **Sistema plantio direto e alternativas para adubação**. 2006. Disponível em: www.fundacaoms.com.br.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/index.php/info-agro/safras/graos>.
- DUARTE, Aildson Pereira; CANTARELLA, Heitor. Adubação em sistemas de produção de soja e milho safrinha. Embrapa Agropecuária Oeste. **9º Seminário Nacional de Milho Safrinha: Rumo a estabilidade: anais**. Dourados – MS: EMBRAPA, 2007. p. 44–61.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Dados Econômicos**. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>.
- GATIBONI, L.C. *et al.* Fracionamento químico das formas de fósforo do solo: usos e limitações. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 8, p. 141–187, 2013.
- GUARESCHI, R. F. *et al.* Adubação fosfatada e potássica na semeadura e a lanço antecipada na cultura da soja cultivada em solo de Cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 4, p. 769–774, 2008. Londrina –PR.

HANSEL, F. D. **Fertilizantes fosfatados aplicados a lanço e em linha na cultura da soja sob semeadura direta**. Dissertação (Mestrado) — UFSM, Universidade Federal de Santa Maria, 2013.

JUNIOR GONÇALVES, A. C. *et al.* Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 660–666, 2010. Lavras.

MALAVOLTA, E. **Fósforo e adubação fosfatada no Cerrado**. Goiânia: SOTAVE, 1984.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Ceres Ltda, 2006.

MARTINAZZO, R. *et al.* Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto em resposta à adição de fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 563–570, 2007.

MATOS, M. A.; SALVI, J. V.; MILAN, M. Pontualidade na operação de semeadura e a antecipação da adubação e suas influências na receita líquida da cultura da soja. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 2, p.493 – 501, 2006.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. Fósforo, p. 471–537.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa–MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

NUNES, Rafael de Souza *et al.* Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 877–888, 2011.

OLIVEIRA JUNIOR, Adilson de *et al.* Adubação com fósforo e potássio em sistemas de produção com soja em solos de origem basáltica. In: **XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas; XIII Reunião Brasileira sobre Micorrizas; XI Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo; VIII Reunião Brasileira de Biologia do Solo**. Guarapari, 2010.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. 1. ed.: Sociedade Brasileira da Ciência Brasileira do Solo, 2017.

ROSOLEM C.A.AND CALONEGO, J.C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 355–362, 2003.

SEGATELLI, C. R. **Produtividade da soja em semeadura direta com antecipação da adubação fosfatada e potássica na cultura da *Euleunice coracana***. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SFREDO, Gedi Jorge. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. EMBRAPA SOJA, 2008.

SILVA, F. de. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional ASSISTAT para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, 2002.

SIMEPAR, Sistema Meteorológico do Paraná. Disponível em: <http://www.simepar.br/prognozweb/simepar/forecast_by_counties/4118501. Acesso em: 20 maio 2019.

SOUSA, D. M. G. de *et al.* **Práticas de manejo do solo para adequada nutrição de plantas no cerrado**. Goiânia: Universidade Federal de Goiânia, 2016. cap. Manejo do fósforo na região de Cerrado, p. 191–358.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2a. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. cap. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes, p. 283–315.

TIECHER, T *et al.* Forms of inorganic phosphorus in soil under different long term soil tillage systems and winter crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 271–281, 2012.

TIECHER, T.; RHEINHEIMER, D. S.; A., Calegari. Soil organic phosphorus forms under different soil management systems and winter crops, in a long term experiment. **Soil and Tillage Research**, v. 124, p. 57–67, 2012.

TOMÉ, Paulo Capistrano Dias. **Adubação a lanço versus na linha**. 2015. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/blog/55/adubacao-a-lanco-versus-na-linha>.