



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

SHEILA CAIONI

**FORMAS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO E EFEITO RESIDUAL NO SISTEMA DE
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA EM ÁREA DE PLANTIO DIRETO**

**Ilha Solteira
2019**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

SHEILA CAIONI

FORMAS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO E EFEITO RESIDUAL NO SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA EM ÁREA DE PLANTIO DIRETO

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira – UNESP - como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção.

Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá

Orientador

Prof. Dr. Edson Lazarini

CoOrientador

**Ilha Solteira
2019**

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C135f Caioni, Sheila.
Formas de aplicação de fósforo e efeito residual no sistema de integração
lavoura-pecuária em área de plantio direto / Sheila Caioni. -- Ilha Solteira: [s.n.],
2019
84 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia
de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2019

Orientador: Marco Eustáquio de Sá
Coorientador: Edson Lazarini
Inclui bibliografia

1. Adubação fosfatada. 2. *Glycine max* (L.) Merril. 3. Milho consorciado. 4.
Sistema plantio direto. 5. *Zea mays* L.


Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Formas de aplicação de fósforo e efeito residual no sistema de integração lavoura-pecuária em área de plantio direto

AUTORA: SHEILA CAIONI

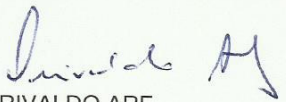
ORIENTADOR: MARCO EUSTAQUIO DE SA

COORDENADOR: EDSON LAZARINI

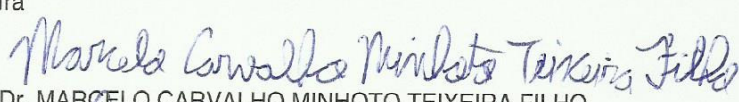
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA, especialidade: SISTEMA DE PRODUÇÃO pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA

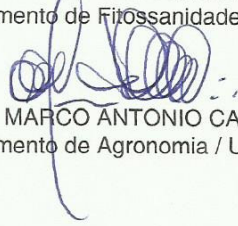
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. ORIVALDO ARF

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. MARCO ANTONIO CAMILLO DE CARVALHO

Departamento de Agronomia / Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT

Prof. Dr. OSCAR MITSUO YAMASHITA

Departamento de Agronomia / Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT

Ilha Solteira, 06 de fevereiro de 2019

Dedico

Ao meu amado esposo Tiago, por todo companheirismo, carinho e dedicação. Aos meus pais Luiz A. Caioni e Leonice V. Caioni, por todo apoio e sacrifícios. Ao meu nono Adelino Caioni (in memoriam) pelo exemplo de vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela graça da vida, por me permitir lutar e superar todas as dificuldades que apareceram durante esta trajetória, fazendo-me forte mesmo quando eu achava que não poderia mais. A Ti Senhor obrigada por os teus planos para minha vida serem sempre maiores que os meus sonhos!

Aos meus pais Luiz A. Caioni e Leonice V. Caioni, por todo incentivo, força, apoio, sacrifício e carinho em todos os momentos e ao meu irmão Charles Caioni pela amizade.

Ao meu nono e nona Adelino Caioni e Ana Caioni (in memoriam) pelo exemplo de seres humanos que seguirá por toda vida, por todas as palavras de carinho, amor, confiança e fé, as quais me trouxeram até aqui, obrigada para sempre!

Ao meu amado esposo Tiago de Lisboa Parente, por se fazer presente em todos os momentos, por todo companheirismo, ajuda e compreensão durante todo o doutorado.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira, por me conceder a honra do título de Doutora em Agronomia e as todos os professores e servidores por toda contribuição e ensinamentos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Aos queridos amigos Lourdes Dieckmann, Elizabete Rocha, Viviane Modesto, João Willian Bossolani, Luiz Gustavo Moretti, Raul S. Pivetta, Jaine Camargo e Sara Lisboa por toda amizade e companheirismo construídos ao longo do tempo e que serão levados para sempre.

A minha querida tia Celina Santa Rosa Caioni, por todo amor e orações!

Aos meus orientadores Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá e Prof. Dr. Edson Lazarini, pelo apoio, por todos os ensinamentos passados, pelas palavras de incentivo e amizade durante toda orientação, a eles toda minha gratidão!

Aos colaboradores da Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão (FEPE) de Selvíria por terem contribuído na realização deste trabalho.

A todos o meu muito obrigada!

"Nem olhos viram, nem ouvidos ouviram, nem jamais penetrou em coração humano o que Deus tem preparado para aqueles que o amam."

Bíblia Sagrada: 1 Coríntios 2:9

"Uma vez que você tenha experimentado voar, você andar pela terra com seus olhos voltados para céu, pois lá você esteve e para lá você desejará voltar."

Leonardo da Vinci

RESUMO

Os baixos teores de fósforo (P) das áreas cultivadas nas regiões de Cerrado no Brasil, aliado aos processos de degradação a que os solos tropicais estão expostos, muitas vezes devido ao manejo inadequado, são duas das principais causas da redução de produtividade agrícola destes solos. Aliado a isto, alguns produtores utilizam-se de técnicas não convencionais e muitas vezes contraditórias à pesquisa científica, sendo uma delas a utilização no Sistema Plantio Direto (SPD) da adubação fosfatada a lanço no SPD, o que pode limitar o aproveitamento deste nutriente no solo pelas plantas. Esta condição ainda pode se agravar no caso de sistemas consorciados, com objetivo de geração de palhada para manutenção do SPD. Dessa forma, objetivou-se avaliar duas formas de adubação fosfatada no cultivo de milho solteiro ou consorciado, em área com SPD já instalado. E posteriormente verificar o efeito residual do P na cultura da soja em sucessão. A pesquisa foi conduzida nas safras 2014/15 e 2015/16, na fazenda experimental pertencente à Universidade Estadual Paulista (UNESP), localizada no município de Selvíria – MS. Para tanto, foi instalado o experimento de milho em delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 2x2x4, sendo dois sistemas de cultivo do milho (milho solteiro ou consorciado com *Urochloa ruziziensis*), dois modos de aplicação do adubo fosfatado (à lanço ou no sulco de semeadura) e quatro doses de P₂O₅ (0, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹), com quatro repetições, totalizando 64 parcelas. O experimento foi instalado no milho segunda safra no início de 2014, após a colheita foi semeada a cultura da soja sem aplicação de nenhum fertilizante fosfatado, com o intuito de avaliar o efeito residual do cultivo do milho. No início de 2015 realizou-se a colheita da soja e posteriormente a implantação do segundo experimento com milho segunda safra, repetindo as mesmas doses e configurações do ano anterior. Com a colheita do milho, a soja foi semeada novamente sobre a área, sendo colhida no primeiro semestre de 2016. Na cultura do milho foram avaliadas as variáveis estande final de plantas, altura de planta e de inserção da espiga, número de grãos por fileira e de fileiras por espiga, peso e comprimento da espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos. Para os tratamentos com a forrageira *U. ruziziensis* foram avaliadas a produção de fitomassa e o acúmulo de P na fitomassa. Na soja avaliou-se o estande final de plantas, altura de planta e de inserção da primeira vagem, número de ramos e de vagens por planta, teores de fósforo e fitato nas sementes, massa de 100 grãos e produtividade de grãos. As doses de P aumentaram linearmente a produtividade do milho, e quando a adubação fosfatada foi realizada no sulco de semeadura, não ocorreu redução da produtividade mesmo

em cultivo consorciado com *U. ruziziensis*. Porém, quando a aplicação de P_2O_5 foi realizada a lanço, a produtividade foi maior no milho solteiro. Na soja também houve aumento linear da produtividade de acordo com as doses de P_2O_5 , ficando evidente o efeito residual. Entretanto, este efeito foi maior para a adubação fosfatada no sulco, elevando o teor de P nas sementes de soja e aumentando linearmente o teor de fitato e a produtividade de grãos.

Palavras-chave: Adubação fosfatada. *Glycine max* (L.) Merrill. Milho consorciado. Sistema plantio direto. *Zea mays* L.

ABSTRACT

The low levels of phosphorus (P) of the cultivated areas in Cerrado regions in Brazil, coupled with the degradation processes to which tropical soils are exposed, are often two of the main causes of reduced productivity of these soils. In addition, some producers use unconventional techniques that are often contradictory to scientific research, one of which is the use of phosphatic fertilization in the No-Tillage System (NTS), which may limit the use of this nutrient in the soil. This condition can still be aggravated in the case of consortium systems, with the objective of generation of straw for maintenance of the NTS. In this way, the objective was to evaluate two forms of phosphate fertilization in maize intercropped or not, in an area with NTS already installed. And later to verify the residual effect of the P in soybean crop in succession. The research was conducted in the 2014/2015 and 2015/2016 harvests at the experimental farm belonging to the Universidade Estadual Paulista (UNESP), located in the municipality of Selvíria - MS. For this, the corn experiment was set up in a randomized block design in a 2x2x4 factorial scheme, two maize cultivation systems (intercropped maize or not with *Urochloa ruziziensis*), two modes of application of the phosphate fertilizer (in the haul or in the furrow of sowing) and four doses of P_2O_5 (0, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹), with four replications, totaling 64 plots. The experiment was installed in second crop corn in early 2014, after harvesting the soybean was sown without the application of any phosphate fertilizer, in order to evaluate the residual effect of maize cultivation. At the beginning of 2015 the soybean harvest was carried out and the second experiment with maize second harvest was implemented, repeating the same doses and configurations of the previous year. With the corn crop, soybean was sown again over the area, being harvested in the first semester of 2016. In the corn crop, the variables final stand of plants, plant height and spike insertion, number of grains per row and rows per ear, ear weight and length, mass of 100 grains and grain yield. In *U. ruziziensis* the phytomass production and the P content were evaluated in soybean. The final stand of plants, plant height and first pod insertion, number of branches and pods per plant, phosphorus and phytate contents in the seeds, 100 grain mass and grain yield. Thus, it was concluded that P increased linearly the yield of maize, and when phosphate fertilization is done in the sowing groove, there is no reduction of productivity even in intercropping with *U. ruziziensis*. However, if the application of P_2O_5 is in the haul, productivity is higher in intercropped maize not. In soybean, there was also a linear increase in productivity according

to the P_2O_5 doses, and the residual effect was evident. However, this effect was higher for phosphatic fertilization in the soil, increasing P content in soybean seeds and linearly increasing phytate content and grain yield.

Key words: Phosphate fertilization. *Glycine max* (L.) Merrill. Corn intercropped. No-tillage system. *Zea mays* L.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Análise de regressão para a produtividade de fitomassa seca (A) e quantidade de P reciclado pela <i>U. ruziziensis</i> (B) em função das doses de P_2O_5 aplicadas no milho consorciado. Selvíria – MS, 2014.....	36
Figura 2. Desdobramento da interação entre modos de aplicação e doses de P_2O_5 para as variáveis produtividade de fitomassa (A) e quantidade de P reciclado (B) pela <i>U. ruziziensis</i> em sistema de cultivo consorciado com milho. Selvíria – MS, 2015.....	37
Figura 3. Desdobramento da interação entre métodos de cultivo e doses de P_2O_5 para altura de inserção da espiga do milho híbrido DKB 390 Pro 2. Selvíria MS, 2014 (A) e 2015 (B)...	41
Figura 4. Desdobramento da interação entre métodos de cultivo e doses de P_2O_5 para altura de plantas do milho híbrido DKB 390 Pro 2. Selvíria MS, 2014 (A) e 2015 (B).....	42
Figura 5. Regressão para o número de grãos por fileira na safra 2014 (A), e Desdobramento da interação entre métodos de cultivo e doses de P_2O_5 para o número de grãos por fileira do milho híbrido DKB 390 Pro 2 em 2015 (B). Selvíria – MS.....	45
Figura 6. Desdobramento da interação entre métodos de cultivo e doses de P_2O_5 para o comprimento da espiga do milho híbrido DKB 390 Pro 2. Selvíria – MS, 2014 (A) e 2015 (B).....	46
Figura 7. Análise de regressão para massa de 100 grãos em função das doses de P_2O_5 aplicadas no milho híbrido DKB 390 Pro 2. Selvíria MS, 2014.....	49
Figura 8. Regressão para o peso da espiga sem palha em função das doses de P_2O_5 no primeiro ano de cultivo (A) e desdobramento da interação entre métodos de cultivo e doses de P_2O_5 para o peso da espiga sem palha no segundo ano de cultivo do milho híbrido DKB 390 Pro 2. Selvíria MS, 2014 e 2015.....	50
Figura 9. Regressão para a produtividade de grãos no primeiro (A) e segundo (B) ano de cultivo, em função das doses de P_2O_5 aplicadas no milho híbrido DKB 390 Pro 2. Selvíria MS, 2014 e 2015.....	51
Figura 10. Altura de inserção da primeira vagem na cultivar de soja BRS Valiosa RR, em função de diferentes doses de P_2O_5 aplicadas no cultivo antecessor de milho. Selvíria MS, 2015/2016.....	55
Figura 11. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e doses de P_2O_5 , para a variável altura de plantas na cultura da soja BRS Valiosa RR, cultivada em sequência ao milho. Selvíria - MS, safra 2014/15 (A) e 2015/16 (B).....	56

Figura 12. Desdobramento da interação entre modos de aplicação e doses de P_2O_5 , para a variável altura de plantas na cultura da soja BRS Valiosa RR, cultivada em sequência ao milho. Selvíria MS, 2014/2015.....	57
Figura 13. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e doses de P_2O_5 , para o teor de P nas sementes da cultivar de soja BRS Valiosa RR, cultivada em sequência ao milho. Selvíria MS, 2014/2015.....	61
Figura 14. Análise de regressão para o teor de fitato nas sementes de soja, cultivar BRS Valiosa RR, cultivada em sequência ao milho. Selvíria MS, safras 2014/2015 e 2015/2016...	64
Figura 15. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e doses de P_2O_5 , para a variável produtividade de grãos na cultura da soja BRS Valiosa RR, cultivada em sequência ao milho. Selvíria MS, 2014/2015.....	66
Figura 16. Desdobramento da interação entre modos de aplicação e doses de P_2O_5 , para a variável produtividade de grãos na cultura da soja BRS Valiosa RR, cultivada em sequência ao milho. Selvíria MS, 2014/2015 (A) e 2015/2016 (B).....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Médias dos tratamentos e teste F para produtividade de fitomassa seca e quantidade de P reciclado na fitomassa da <i>U. ruziziensis</i> , em função dos modos de aplicação e doses de P_2O_5 . Selvíria - MS, safras 2014/15 e 2015/2016.....	35
Tabela 02. Médias dos tratamentos e teste F para as variáveis estande final de plantas, altura de planta e altura de inserção da espiga do milho híbrido DKB 390 Pro 2, em função dos métodos de cultivo, modos de aplicação e doses de P_2O_5 . Selvíria - MS, safras 2014/15 e 2015/2016.....	39
Tabela 03. Médias dos tratamentos e teste F para as variáveis estande número de grãos por fileira, número de fileiras por espiga e comprimento da espiga do milho híbrido DKB 390 Pro 2, em função dos métodos de cultivo, modos de aplicação e doses de P_2O_5 . Selvíria - MS, safras 2014/15 e 2015/2016.....	44
Tabela 04. Médias dos tratamentos e teste F para as variáveis massa de 100 grãos, peso da espiga e produtividade de grãos no milho híbrido DKB 390 Pro 2, em função dos métodos de cultivo, modos de aplicação e doses de P_2O_5 . Selvíria - MS, safras 2014/15 e 2015/2016.....	48
Tabela 5. Desdobramento da interação entre métodos de cultivo e modos de aplicação de P_2O_5 para produtividade de grãos no milho híbrido DKB 390 Pro 2. Selvíria MS, 2014.....	52
Tabela 6. Desdobramento da interação entre métodos de cultivo e modos de aplicação de P_2O_5 para produtividade de grãos no milho híbrido DKB 390 Pro 2. Selvíria MS, 2015.....	53
Tabela 7. Médias dos tratamentos e teste F para o estande final de plantas, altura de inserção da primeira vagem e altura de plantas na cultivar de soja BRS Valiosa RR, em função do efeito residual de sistemas de cultivo, modos de aplicação e doses de P_2O_5 aplicados no cultivo antecessor de milho. Selvíria - MS, safras 2014/15 e 2015/2016.....	54
Tabela 8. Médias dos tratamentos e teste F para o número de ramos por planta, número de vagens por planta e teor de fósforo nos grãos de soja, cultivar BRS Valiosa RR, em função do efeito residual de sistemas de cultivo, modos de aplicação e doses de P_2O_5 aplicados no cultivo antecessor de milho. Selvíria - MS, safras 2014/15 e 2015/2016.....	58
Tabela 9. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo, modos de aplicação e doses de P_2O_5 para a variável número de vagens por planta na cultivar de soja BRS Valiosa RR, cultivada em sequência ao milho. Selvíria MS, 2014/2015.....	59

Tabela 10. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo, modos de aplicação e doses de P_2O_5 para a variável número de vagens por planta na cultivar de soja BRS Valiosa RR, cultivada em sequência ao milho. Selvíria MS, 2015/2016.....	60
Tabela 11. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo, modos de aplicação e doses de P_2O_5 para a variável teor de P nos grãos da cultivar de soja BRS Valiosa RR, cultivada em sequência ao milho. Selvíria MS, 2015/2016.....	62
Tabela 12. Médias dos tratamentos e teste F para o teor de fitato nas sementes, massa de 100 grãos e produtividade de grãos na soja, cultivar BRS Valiosa RR, em função do efeito residual de sistemas de cultivo, modos de aplicação e doses de P_2O_5 aplicados no cultivo antecessor de milho. Selvíria - MS, safras 2014/15 e 2015/2016.....	63
Tabela 13. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e modos de aplicação de P_2O_5 , para a variável massa de 100 grãos na cultivar de soja BRS Valiosa RR, cultivada em sequência ao milho. Selvíria MS, 2014/2015.....	64

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1	Sistema Plantio Direto (SPD) no Cerrado.....	18
2.2	Integração Lavoura Pecuária (ILP) com <i>Urochloa ruziziensis</i> e milho.....	19
2.3	Fósforo (P) no solo e a importância da adubação fosfatada.....	21
2.4	Fitato e sua relação com o armazenamento de P.....	24
2.5	Cultura do milho	25
2.6	Cultura da soja	26
3	MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1	Localização da área experimental.....	28
3.2	Histórico e caracterização da área experimental	28
3.3	Delineamento experimental e tratamentos.....	29
3.4	Instalação e condução dos experimentos.....	29
3.4.1	<i>Experimento 1: Milho em cultivo solteiro ou em consórcio com U. ruziziensis e doses de Fósforo.....</i>	29
3.4.2	<i>Experimento 2: Soja sobre palhada de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com U. ruziziensis.....</i>	30
3.4.3	<i>Experimento 3: Milho em cultivo solteiro ou em consórcio com U. ruziziensis e doses de Fósforo.....</i>	31
3.4.4	<i>Experimento 4: Soja sobre palhada de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com U. ruziziensis.....</i>	31
3.5	Avaliações	32
3.5.1	<i>Experimento 1 e 3: Milho em cultivo solteiro ou em consórcio com U. ruziziensis e doses de Fósforo.....</i>	32
3.5.2	<i>Experimento 2 e 4: Soja sobre palhada de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com U. ruziziensis.....</i>	33
3.6	Análise estatística	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35

4.1	<i>Urochloa ruziziensis</i>	35
4.2	Cultura do milho	39
4.3	Cultura da soja	54
5	CONCLUSÕES	69
	REFERÊNCIAS	70
	APÊNDICE A - Imagens dos experimentos durante o ciclo de desenvolvimento das culturas	78

1 INTRODUÇÃO

A atividade agrícola no Brasil tem grande importância social e econômica para o país, e dessa forma a otimização e o aprimoramento das técnicas de cultivo que promovam a conservação do solo e mantenham em equilíbrio suas atividades biológicas de forma sustentável devem ser exploradas e praticadas da melhor forma possível. Com a utilização de sistemas conservacionistas de manejo do solo que visam sua proteção física e biológica, é possível observar ao longo do tempo que o mesmo interfere na produtividade das culturas de forma satisfatória (CRUZ *et al.*, 2011).

O Sistema Plantio Direto (SPD) é o sistema de cultivo conservacionista baseado em três pilares: o não revolvimento do solo, a cobertura permanente do solo e a rotação de culturas. Para Oliveira *et al.* (2002), um dos aspectos mais importantes para o sucesso do SPD é a formação e manutenção de uma contínua cobertura vegetal, minimizando os efeitos da erosão e evaporação, e aumentando a retenção de água e disponibilidade de nutrientes.

Uma das formas de elevar a quantidade de palhada do solo é através do consórcio das culturas com gramíneas forrageiras de grande potencial produtor de fitomassa, antes da instalação das culturas de verão. Neste sentido o sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) se mostra eficiente, pois é uma alternativa para o cultivo de milho de segunda safra consorciado com uma forrageira para produção de material orgânico, que servirá de cobertura para semeadura da soja em SPD na safra de verão, além da ciclagem de nutrientes e do efeito residual que a palhada em decomposição promove para as culturas subsequentes (CRUZ *et al.*, 2011). Entretanto, as temperaturas elevadas e altas precipitações pluviais, típicas do clima tropical no Brasil, dificultam a manutenção desta cobertura no solo.

Como se não bastasse, aliada a essa condição tem-se os teores baixos de fósforo (P) no solo, que também é fator limitante ao desenvolvimento das plantas cultivadas. Soma-se ainda as altas taxas de complexação deste nutriente no solo, que acabam encarecendo os custos de recuperação da fertilidade do solo em regiões tropicais, e dependendo da condição, limita drasticamente a margem de lucro do agricultor (SOUSA *et al.*, 2004).

Devido à expansão das áreas cultivadas com soja e milho na região Centro-Oeste do país, regiões que antes eram ocupadas por pastagens agora dão lugar à cultura da soja. Porém, de acordo com Duarte e Cantarella (2007), produtores que adotam a combinação soja e milho safrinha em sucessão no SPD têm realizado adubações fosfatadas em sua totalidade na cultura

da soja ou na cultura do milho, sem avaliar a eficiência do efeito residual para a nutrição da cultura em sequência. Um dos principais motivos do uso desta técnica é a praticidade na operação de semeadura, pois o adubo pode ser aplicado à lanço antes mesmo do plantio, eliminando o tempo de parada para reabastecimento da semeadora com fertilizante. Sobre este assunto, Haas *et al.* (2017) alertaram que esta prática pode não ser eficiente, já que o P tem limitações para se manter na solução do solo, pois devido à adsorção seu aproveitamento pelas plantas é dificultado.

Souza e Lobato (2004) afirmam que, em solo com teor baixo de P, a aplicação de fertilizante fosfatado a lanço não deve ser realizada nos três primeiros anos de cultivo, pois reduz a produtividade das culturas quando comparada à adubação no sulco. Neste contexto, em áreas de cultivo com SPD estabelecido, e a fertilidade já construída no perfil solo com teores elevados de P, a adubação a lanço seria uma forma de repor o que foi exportado pela cultura.

Neste sentido, tem-se a hipótese de que a adubação fosfatada a lanço pode ser realizada em solos com teores de P adequados, e que já estão a algum tempo em SPD. Porém, nos casos de cultivo consorciado (como por exemplo na ILP) pode ser que a adubação a lanço não seja a mais adequada por conta da competição entre as duas culturas que ocupam a mesma área. Desta forma, objetivo-se avaliar o efeito de dois modos de aplicação de doses de fósforo no milho solteiro ou em consórcio com *Urochloa ruziziensis*, nos seus componentes morfológicos e produtivos, além de avaliar a produção de fitomassa da *U. ruziziensis* e seu potencial de reciclagem de P, e ainda se ocorre ou não efeito residual destes tratamentos para a cultura da soja.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistema Plantio Direto (SPD) no Cerrado

De acordo com Oliveira *et al.* (2002), no início da década de 70 foi introduzido o SPD na região Sul do Brasil, o qual foi considerado um dos maiores avanços para a agricultura brasileira, que foi possível graças ao trabalho de pesquisadores e empresas do setor privado que estavam preocupados em reverter os processos de degradação, tanto do solo, quanto da água. Um dos fatores que propiciou grande avanço na expansão foi o fato do baixo custo de implantação e facilidade no manejo de culturas onde ele está presente (LOPES *et al.*, 2004).

O SPD consiste na adoção de técnicas conservacionistas, as quais buscam conservar e recuperar as áreas degradadas pelo sistema tradicional de manejo. Além disso, fundamenta-se na ausência do preparo do solo e na cobertura permanente da área através da rotação de culturas. Essa cobertura do solo poderá ser comercial de preferência, ou então, por culturas específicas para formação de palhada. Estas devem apresentar grande produção de massa seca, elevada taxa de crescimento, tolerância a seca e ao frio, não infestação de áreas, sistema radicular vigoroso e profundo, elevada capacidade de ciclagem de nutrientes, fácil produção de sementes e elevada relação C/N (EMBRAPA, 2011).

O solo manejado pelo SPD apresenta maior quantidade de palhada, considerada a essência deste tipo de cultivo. Desta palha presente na superfície do solo espera-se que sejam reduzidas as perdas de solo e água pela erosão, mediante a diminuição do impacto direto das gotas de chuva sobre a superfície do solo; aumento da taxa de infiltração de água no solo, reduzindo o volume de escoamento superficial da água (enxurrada); minimizando as variações da temperatura do solo, favorecendo a atividade biológica; favorecer a ciclagem lenta e gradual dos nutrientes contidos na palha, assegurando alta e permanente atividade biológica; contribuindo também para aumentar o teor de matéria orgânica no solo (GOEDERT & OLIVEIRA, 2007).

Conceição *et al.* (2011) ainda salientam que neste tipo de cultivo conservacionista ocorre também aumento da matéria orgânica que incrementa a qualidade do solo, promovendo a agregação, com reflexos positivos na partição da água, o que favorece a infiltração e diminui o escoamento superficial.

Neste sentido, o acúmulo de resíduos das culturas e de fertilizantes na superfície do solo sem o revolvimento, condicionam a formação de um gradiente no sentido vertical, diferente da condição que se tem no sistema de plantio convencional (SPC). E com a decomposição dos restos vegetais há a liberação de ácidos orgânicos que atuam na disponibilização de nutrientes para as culturas, na capacidade de troca catiônica e na complexação de elementos tóxicos e micronutrientes (SOUZA, 1992; BAYER; MIELNICZUK, 1999).

De acordo com estudos de Pavinato *et al.* (2005), há efeito significativo na solubilização do P pela ação dos ácidos orgânicos das coberturas vegetais, pois os autores identificaram que após a aplicação de substâncias vegetais, a quantidade total do nutriente determinada após a aplicação foi maior do que a quantidade existente mais a quantidade de P aplicada.

No entanto, uma grande limitação para a sustentabilidade do SPD nas regiões Centrais do Brasil é a baixa produção de palha durante o período de seca devido às condições desfavoráveis durante o outono/inverno e inverno/primavera (CORREIA *et al.*, 2013). Dessa forma, muitas áreas localizadas nessas regiões têm a sustentabilidade do sistema comprometida por ficarem ociosas durante quase sete meses do ano (BARDUCCI *et al.*, 2009).

Para manter anualmente a quantidade de palha exigida para a manutenção da estabilidade do SPD, é de fundamental importância o estabelecimento de culturas para a produção de fitomassa seca, em quantidade adequada à cobertura do solo. Assim, deve-se conhecer a espécie vegetal a ser utilizada no programa de rotação ou consorciação de culturas, quanto à sua produção de massa seca e tempo de decomposição, que interferem diretamente na quantidade de palha sobre o solo e, conseqüentemente, nos atributos químicos do solo (ANDREOTTI *et al.*, 2008).

2.2 Integração Lavoura Pecuária (ILP) com *Urochloa ruziziensis* (sin. *Brachiaria ruziziensis*) e milho

A pecuária é uma das atividades econômicas que ocupa parte das áreas de Cerrado, e em geral boa parte delas está em estágio avançado de degradação. A reforma dessas áreas seria extremamente necessária para garantir a atividade economicamente viável, no entanto o

custo elevado dificulta tal operação. Neste sentido, Kluthcouski e Aidar (2003) afirmaram que a renovação de pastagens através do consórcio com culturas anuais como, por exemplo, o milho é uma das alternativas mais interessantes para o produtor, pois neste caso é feita a semeadura simultânea da forrageira com a cultura para colheita de grãos. Essa técnica é de grande interesse por parte do produtor por reduzir os custos de formação da nova pastagem, amortizando os gastos com insumos e sementes.

De acordo com Pires *et al.* (2005), esse tipo de integração além de viabilizar a recuperação das pastagens e solos degradados, também é alternativa de produção sustentável, já que pode ser aliada ao SPD, passando assim a ter ganhos econômicos, sociais e ambientais. Pois além da renovação das pastagens há também a melhoria da fertilidade do solo.

Para Mello *et al.* (2004) o objetivo da integração de gramínea com cultura anual é de maximizar de forma racional o uso da terra, diversificar a produção, e logicamente aproveitar os benefícios que ambas as culturas proporcionam. Santos *et al.* (2008) também corroboram com tal afirmação, já que segundo os autores, a integração agricultura-pecuária é uma alternativa de manejo que concilia a manutenção e até mesmo o aumento da produtividade, com racionalidade maior dos insumos empregados.

Em relação à interferência que o cultivo simultâneo de uma cultura para fins forrageiros pode causar a outra de interesse agrícola, a maioria dos estudos tem demonstrado que a presença da forrageira não afeta a produtividade de grãos do milho. Dessa forma, quando esta modalidade de consórcio é praticada de maneira correta, tem-se o aumento da quantidade de palha, melhorando a cobertura do solo para realização da semeadura direta, além de possível aumento da produtividade da cultura a seguir ou, quando for o caso, antecipação da formação da pastagem (FREITAS *et al.*, 2005; JAKELAITIS *et al.*, 2006). De acordo com Borghi *et al.* (2008), a semeadura da forrageira na linha de semeadura do milho pode promover a redução da produtividade deste, quando comparado ao plantio realizado apenas na entrelinha.

Em trabalhos desenvolvidos por Correia *et al.* (2003), avaliando a possível interferência da integração milho-braquiária, foi constatado que a gramínea não interferiu negativamente na produção grãos da cultura em relação ao cultivo solteiro.

A implantação da *Urochloa* pode ser feita com mais de uma técnica, a semeadura a lanço e em linha em conjunto com o adubo nitrogenado em cobertura são simples e mais acessíveis aos produtores. No caso de regiões onde o período de estabelecimento das culturas

é mais reduzido devido a escassez hídrica ou devido à preocupação do produtor em implantar o mais rápido possível a cultura de interesse agrícola no campo para aproveitar a segunda safra, técnicas mais simples como estas são mais empregadas.

A *Urochloa ruziziensis* (sin. *Brachiaria ruziziensis* Germain et Evrard) tem origem na África, e possui relação com a *Brachiaria decumbens*, no entanto apresenta porte maior. Uma de suas características é odor peculiar que se exala e sua alta palatabilidade, não sendo tolerante as geadas e nem ao fogo frequente. A *U. ruziziensis* cresce em diversos tipos de solo, desde solos arenosos quanto argilosos, desde que ofereçam adequadas condições de drenagem e média fertilidade. Ao ser manejada com adubação nitrogenada, apresenta produção superior as demais gramíneas, sendo ótima opção para competir com plantas daninhas (VILELA, 2005).

A espécie é muito utilizada na região de Cerrado como fonte de palhada para o SPD, por apresentar elevada relação C/N e adequada adaptabilidade às condições edafoclimáticas. Pacheco *et al.* (2011) ressaltaram que esta gramínea é uma adequada opção no sistema de integração lavoura-pecuária, e ainda possui vantagens como a fácil dessecação com herbicidas não seletivos, menor formação de agregados, maior eficiência no uso de nutrientes e acúmulo de biomassa, quando comparada a outras espécies de *Urochloa*. É importante lembrar também que, gramíneas como as braquiárias contribuem para manutenção da MO no solo, devido a alta relação C/N e teor de lignina na sua composição, formando húmus de maior estabilidade (KAPPES; ZANCANARO, 2015).

2.3 Fósforo (P) no solo e a importância da adubação fosfatada

O P é o macronutriente primário que se apresenta nas plantas em teores muito baixos, sendo inferior aos de nitrogênio (N) e potássio (K), porém é o nutriente que mais limita a produtividade das culturas na maioria dos solos não adubados. Contudo, tanto em solos onde realizou-se a adubação fosfatada como em solos onde nunca foram adubados, é observada a resposta à fosfatagem, já que a maioria dos solos brasileiros são deficientes em fósforo (RAIJ, 2011).

Em virtude de o P apresentar-se em pequenas quantidades nos solos brasileiros, principalmente nos solos do Cerrado, torna-se a adubação fosfatada uma das práticas agrícolas mais encarecidas na agricultura (SOUSA *et al.*, 2004).

O P está predominantemente disponível na solução do solo como forma dos íons H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} , que ainda estão adsorvidos aos compostos de Fe, Al e Ca, sendo dependente do valor de pH e podem ainda estar adsorvidos também na matéria orgânica (RAIJ, 1991; MACHADO *et al.*, 1993). Através de adubações fosfatadas e calagens, é possível que se reduza as necessidades de P no solo, porém também é necessário que se saiba a forma como este nutriente está disponível às plantas, ou seja, o modo como este elemento interage no solo e assim ser realizada a adubação (RAIJ, 2011).

De acordo com Fardeau (1996), geralmente o teor de fósforo no solo se encontra entre 200 e 3.000 mg dm^{-3} , no entanto menos que 0,1% desse total encontra-se disponível na solução do solo. Em solos agrícolas, os valores deste nutriente disponível para as plantas, geralmente situa-se ao redor de 0,2 a 2,0 mg dm^{-3} .

O principal fator condicionante dos teores totais de P no solo é o seu material de origem, sendo que na solução do solo, os teores deste nutriente são muito baixos. Porém mesmo em pequenas quantidades, é através da solução do solo que as plantas o absorvem. Sendo assim, até em solos com maior disponibilidade de fósforo é necessária a adubação fosfatada (RAIJ, 2011).

Em relação ao efeito residual da adubação fosfatada, este pode ser definido como a quantidade de P que foi aplicado e ainda permanece no solo em forma disponível para a planta após certo tempo. A diminuição dos teores no solo pode ocorrer devido a conversão das formas solúveis em outras menos solúveis, sendo influenciada por dose, método de aplicação, fonte de P e solo, através do seu tipo, manejo e pH do solo (GOEDERT; LOBATO, 1984).

Destas fontes de variação citadas, as doses utilizadas e os métodos de aplicação ainda têm sido testados e discutidos devido ao crescente nível tecnológico que os grandes produtores adotam a cada ano, bem como novas recomendações e aperfeiçoamento do manejo através do avanço da pesquisa.

Os modos de aplicação de P mais discutidos na agricultura são no sulco de semeadura e a lanço em área total. Em relação à adubação localizada no sulco, Malavolta (1981) ressalta que a técnica diminui a adsorção do P no solo, mas como consequência apenas um pequeno volume de raízes entra em contato com o fertilizante. Já para Teixeira *et al.* (2013), a adubação a lanço com incorporação faz com que praticamente 100% do fertilizante fosfatado entre em contato com o solo, causando elevado nível de adsorção do P, reduzindo assim a chance das plantas aproveitarem esse nutriente. No entanto ainda há discussão sobre a

resposta destes métodos em relação aos teores de P_2O_5 já existentes no solo, bem como as vantagens do ponto de vista operacional, já que existe maior praticidade em se trabalhar apenas com a semente na operação de semeadura.

Nunes *et al.* (2011) e Barbosa *et al.* (2015) afirmaram que no SPD a adubação fosfatada a lanço proporciona maior rapidez na semeadura, pois pode ser feita antes ou após esta operação, entretanto, com maior efeito da complexação aos colóides do solo. Assim, com a semeadura apenas da semente, tem-se a redução do tempo gasto com o abastecimento das semeadoras e aumento da velocidade de trabalho por estarem mais leves. Além disso, nos sistemas de produção com primeira e segunda safras, com menos tempo gasto na semeadura ocorre maior utilização de água pelas culturas antes do fim da estação chuvosa.

Quanto a isso, tem-se observado que produtores com elevados índices tecnológicos optam pela semeadura sem utilização de adubo localizado no sulco, já que há máquinas e implementos (semeadoras sem compartimento para adubo) com grande capacidade para semente, tornando a operação mais rápida e eficiente. Neste caso, alguns trabalhos de pesquisa têm sido desenvolvidos abordando a adubação com P antecipada a lanço sem incorporação ou seguida de incorporação, no entanto alguns resultados ainda são questionáveis.

Dessa forma a adubação antecipada da soja tem sido adotada pelos agricultores em áreas cultivadas em plantio direto com objetivo de aproveitar ao máximo o período em que o solo apresenta condições favoráveis de umidade para a semeadura. Além disso, consegue-se aumentar o rendimento operacional da semeadora pela ausência da necessidade de abastecimento com fertilizantes, principalmente no caso de fertilizantes ensacados (KURIHARA; HERNANI, 2011).

De acordo com Resende *et al.* (2006), entre outros parâmetros o modo de aplicação de superfosfato triplo, não observaram diferença significativa na produtividade de milho para os modos de aplicação a lanço e em sulco. Dessa forma considera-se importante optar por aquele que propicie maior otimização das operações, sendo mais viável economicamente.

Motomiya *et al.* (2004), além de trabalhar com modos de aplicação de P, usaram também fontes deste nutriente (superfosfato triplo e Gafsa), dentre os quais tanto na aplicação em sulco quanto à lanço não houve diferença significativa na produtividade. Já Teixeira *et al.* (2012), ao trabalhar com a cultura da soja verificaram maiores produtividades ao adotar a adubação fosfatada 100% a lanço.

Mesmo em áreas com alta disponibilidade de nutrientes, onde a probabilidade de resposta à adubação é pequena, é possível realizar o manejo da fertilidade no sistema de produção, de forma alternativa. Nestes casos, a prática não visa fornecer nutrientes para a planta a ser cultivada, mas sim à restituição dos nutrientes que serão exportados na forma de grãos, mantendo assim a fertilidade do solo. Alguns resultados de pesquisa têm demonstrado, nesses casos, não haver diferenças na produtividade da soja, quando o adubo é aplicado a lanço e sem incorporação antes do cultivo desta espécie, ou na semeadura da cultura de outono-inverno antecessora, em comparação com a adubação na linha de semeadura (KURIHARA; HERNANI, 2011).

Em trabalhos de Resende *et al.* (2006a), os autores avaliaram entre outros parâmetros o modo de aplicação de superfosfato triplo, e não observaram diferenças significativas na produtividade de milho, entre adubação a lanço e no sulco. Entretanto, estes resultados podem ser alterados quando comparados os sistemas de cultivo de milho solteiro ou consorciado com *Urochloa ruziziensis* (Germain & Evrard) (sin. *Brachiaria ruziziensis*), pois Richart *et al.* (2010) afirmaram que a adubação química é um fator que deve ser considerado no consórcio, pois doses elevadas podem aumentar a competição entre as duas culturas semeadas simultaneamente.

Apesar de resultados satisfatórios para a adubação antecipada na soja, essa prática deve levar em consideração também os vários aspectos que interferem na interação nutriente-planta. Sabe-se que a disponibilidade de fósforo às plantas não depende unicamente de sua interação com os componentes edáficos e da natureza da fonte, mas também da forma como este nutriente é aplicado. Dessa forma, Sousa e Lobato (2003) e Santos *et al.* (2007) apontam que a soma desses fatores interfere diretamente na produtividade.

2.4 Fitato e sua relação com o armazenamento de P

A molécula de fitato, também conhecida por ácido fítico ou hexafosfato de mio-inositol (ALMEIDA *et al.*, 2003), é um sal de ácido fítico com apenas um tipo de mineral como, por exemplo, fitato de sódio. Os fitatos representam uma classe de compostos de ocorrência natural sintetizados durante a maturação de sementes e grãos de cereais (TORRE *et al.*, 1991), e são também principal forma de armazenamento de fósforo durante o desenvolvimento de grãos (LEI; PORRES, 2003).

Nas leguminosas aproximadamente 70% do fosfato contido nas sementes estão compondo o ácido fítico, em associações com proteínas e minerais (TORRE *et al.*, 1991). Os fitatos são complexados principalmente com minerais (K, Mg, Ca, Fe e Zn) sendo denominados como fitina (REDDY *et al.*, 1989). Este potencial de complexão confere ao fitato uma característica anti-nutricional, que são particularmente fundamentais para os seres humanos e não ruminantes, que não conseguem hidrolisar a enzima fitase em seu trato digestivo e assim acabam eliminando do organismo grande parte destes minerais (CHERYAN, 1980).

Contudo Raboy *et al.* (2001) afirmam que o fitato é fonte importante de nutrientes durante o processo de germinação, fornecendo fosfato inorgânico além de minerais importantes para o desenvolvimento das plântulas.

Assim, Souza (2015) relatou que a maior quantidade de fitato nas sementes de soja podem ser indicativos de maiores quantidades de nutrientes catiônicos (como por exemplo Ca, Mg e Zn) estão complexados, tornando-os indisponíveis, o que acarreta na redução da qualidade nutricional dos grãos produzidos, caso forem destinados para a alimentação.

Por outro lado, quanto ao processo de germinação das sementes isso é benéfico, pois o maior acúmulo de fitato promove maior liberação de nutrientes nesta etapa.

2.5 Cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é pertencente à família *Poaceae*, ao gênero *Zea* e a espécie *Zea mays* L. Indícios mostram que sua origem tenha se dado no Continente Americano, logo que nele foram encontrados seus parentes selvagens mais próximos, o teosinte e *Tripsacum*. Além disso, o milho tem sido explorado desde os primórdios da agricultura, a cerca 10.000 anos por antigas civilizações, como as dos incas, astecas e maias (PATERNIANI; CAMPOS, 2005). Durante a exploração, estas civilizações, selecionaram características da planta que atendiam às suas necessidades. Estes constantes processos de seleção resultaram na planta de milho que hoje é cultivada (MÔRO; FRITSCHÉ-NETO, 2017).

Embora esta cultura seja cultivada com a principal finalidade de fornecimento de energia através do amido dos seus grãos, pode ter mais de 3.500 maneiras de uso, sendo empregada sua matéria-prima tanto na forma direta, quanto indireta. Além disso, existem os tipos especiais de milho, que são destinados principalmente a alimentação humana, possuindo

grande variação genética, o que permite serem empregados em vários segmentos, como o milho-doce, milho-pipoca e o minimilho (MÔRO; FRITSCHÉ-NETO, 2017).

Na lista dos maiores produtores mundiais de milho, o Brasil fica classificado como terceiro maior produtor, ficando atrás dos EUA e China (MÔRO; FRITSCHÉ-NETO, 2017).

Ainda no Brasil, o milho é o cereal mais produzido em território nacional, tendo a sua frente apenas a cultura da soja. Na safra 2017/2018 a área total de milho cultivada foi de 16.636.800 hectares com produtividade média de 4.890 kg ha⁻¹ e com produção total de 81.356,7 mil toneladas de grãos, sendo 26.815,6 mil toneladas da primeira safra e 54.541,2 mil toneladas na segunda safra. Ainda no cenário nacional, a região Centro-Oeste detém os maiores níveis de produtividade, destacando-se o estado de Mato Grosso que é responsável pela maior produção nacional chegando a 24.400,6 mil toneladas, somando-se a primeira e segunda safra (CONAB, 2018).

Entretanto, para que a cultura pudesse atingir altos níveis de produtividade no Cerrado, foi necessário o desenvolvimento de manejos visando a correção da fertilidade dos solos da região, pois suas principais limitações são as elevadas taxas de acidez e os baixos teores de fósforo (P) (VELOSO *et al.*, 2012).

2.6 Cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tem origem na região ao leste da Ásia, mais precisamente no nordeste da China, conhecida como região da Manchúria (HYMOWITZ, 1970). No Brasil, o primeiro registro de pesquisa de soja é atribuído ao professor Gustavo D'Utra, em 1882, no Recôncavo Baiano, porém devido o material genético trazido não ser compatível às características da região, não foram obtidos bons resultados. Apenas na década de 40, quando foi cultivada na região do Rio Grande do Sul, é que obteve sucesso, onde a latitude da região era de 27°S e 34°S (DALL'AGNOL, 2016).

A soja é classificada como uma planta de ciclo anual em torno de 70 a 200 dias, possuindo germinação epígea (SEDIYAMA *et al.*, 2009; SEDIYAMA *et al.*, 2005).

É uma planta do tipo C3, sendo assim menos eficiente na utilização de radiação solar e água quando comparada as plantas daninhas do tipo C4 que com ela competem durante seu ciclo de desenvolvimento. No entanto, a soja controla a absorção de luz projetando seu limbo foliar perpendicularmente no sentido de incidência dos raios solares, de maneira que absorção

de luz seja satisfatória. Este mecanismo permite que a planta mantenha sua máxima taxa fotossintética até mesmo em períodos como manhã e final da tarde (TAIZ; ZIEGER, 2004).

O fotoperíodo é um fator decisivo para a cultura da soja, pois ele compreende o número de horas de luz por dia, responsável por determinar aspectos como a proporção relativa entre os períodos vegetativos e reprodutivos desta planta, maturação, e caracteres agronômicos (BARROS; SEDIYAMA, 2009).

Dados da Conab, (2018), mostram que na safra 2017/2018, foi cultivada no Brasil uma área com 35.149.300 hectares, os quais foram responsáveis por uma produção total de 119.281,4 mil toneladas, com média de 3.077 kg ha⁻¹. Este resultado deve-se ao aumento de 4,6% comparado a safra anterior. A oleaginosa segue como a principal cultura produtora do grão nacionalmente, e a região Centro-Oeste como a principal produtora, atingindo o montante de 53.945,4 mil toneladas e o estado de Mato Grosso como principal produtor, produzindo na safra 2017/2018 32.306,1 mil toneladas do grão.

A cultura da soja tornou-se uma das culturas mais importantes do mundo, graças as características de sua matéria-prima que a permite ser utilizada nas mais variadas formas, desde a alimentação humana e animal e outros produtos, haja vista que seu grão pode apresentar teores de proteína entre 30 e 53%, com média para cultivares brasileiras em torno de 40%. Além disso, pode ser cultivada com a finalidade de adubo verde e forrageira (BEZERRA *et al.*, 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental

Os experimentos foram desenvolvidos no campo experimental da Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (UNESP), no município de

Selv3ria, Mato Grosso do Sul, sob as coordenadas 20°20'05"S e 51°24'26"W, altitude de 335 m.

O solo 3 classificado de acordo com a Embrapa (2013) como LATOSSOLO VERMELHO distrof3rrico t3pico muito argiloso, e o clima da regi3o segundo Rolim *et al.* (2007) 3 do tipo Aw de acordo com a classifica3o de K3ppen, caracterizado como tropical 3mido com n3tida esta3o chuvosa no ver3o e seca no inverno. A temperatura m3dia anual 3 de aproximadamente 23,5 °C e a umidade relativa do ar situa-se em m3dia na faixa de 70 a 80%.

Durante a condu3o da pesquisa os dados de temperatura m3xima e m3nima e precipita3o pluvial foram coletados na esta3o meteorol3gica situada aproximadamente a 1.000 m do local do experimento.

3.2 Hist3rico e caracteriza3o da 3rea experimental

O local de instala3o dos experimentos foi cultivado em SPD a mais de seis anos e a cultura antecessora foi a de soja (safra de ver3o). Antes do in3cio da implanta3o da primeira cultura foi feita an3lise qu3mica do solo, de acordo com a metodologia descrita por Raij *et al.* (2001), com a amostragem de 20 perfis de tradagem para coleta de amostras deformadas 3 profundidade de 0 - 20 cm. A amostra composta foi encaminhada ao laborat3rio de solos para an3lise e posterior caracteriza3o da fertilidade da 3rea, que apresentou os seguintes resultados: P (resina) = 14 mg dm⁻³, MO = 14 g dm⁻³, pH (CaCl₂) = 5,1, K = 2,6 , Ca = 15, Mg = 10, H+Al = 34, Al = 2, SB = 27,6 e CTC = 61,6 mmol_c dm⁻³ e V% = 45.

O experimento foi desenvolvido em 3rea irrigada por aspers3o utilizando-se piv3-central, com l3mina di3ria de aproximadamente 14 mm. O preparo inicial da 3rea antes da semeadura foi feito com desseca3o utilizando herbicida Glyphosate (1,44 kg ha⁻¹ do ingrediente ativo (i.a.)).

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

O primeiro experimento com a cultura do milho e da *U. ruziziensis* foi instalado em maio de 2014, com delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 2x2x4 com quatro repeti3o3es, sendo duas formas de aplica3o (a lan3o nas parcelas antes da semeadura

do milho e da *U. ruziziensis* ou no sulco de semeadura), dois sistemas de cultivo do milho (consorciado ou não consorciado com *U. ruziziensis*) e quatro doses de P_2O_5 (0, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹). Cada parcela apresentou a dimensão de 10,0 m de comprimento por 3,5 m de largura, sendo total de 64 parcelas.

No segundo experimento foi implantada a soja em dezembro de 2014, no mesmo delineamento da cultura anterior. A cultura foi conduzida sem aplicação de P_2O_5 para avaliar o efeito residual dos tratamentos utilizados no cultivo anterior. Ambos os experimentos foram instalados novamente na safra 2015/2016, repetindo-se os tratamentos na cultura do milho nas mesmas parcelas utilizadas no ano anterior, e o residual destes foi avaliado novamente na cultura da soja em sucessão.

3.4 Instalação e condução dos experimentos

3.4.1 Experimento 1: Milho em cultivo solteiro ou em consórcio com *U. ruziziensis*, doses de Fósforo e modos de aplicação

Antes da implantação do milho realizou-se a semeadura da *U. ruziziensis*, com auxílio de outra semeadora-adubadora para SPD, utilizando-se 10 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis com valor cultural (VC=75%). Esta operação foi feita apenas na metade da área experimental, pois parte dos tratamentos foram alocados no milho consorciado e outra parte no milho solteiro.

Foi utilizado na implantação do milho de segunda safra o híbrido DKB 390 VT-Pro2. A semeadura foi feita em SPD no dia 14/05/2014, com semeadora-adubadora de disco duplo desencontrado para deposição da semente, e mecanismo sulcador tipo haste para deposição do adubo. O espaçamento utilizado foi 0,45 m entrelinhas, com 3 plantas por metro de sulco, objetivando assim uma população de 60.000 mil plantas ha⁻¹.

A operação de semeadura do milho foi realizada buscando que o mesmo ficasse localizado, sempre que possível, entre as linhas de *U. ruziziensis*. Foi feita a adubação potássica em cobertura (60 kg⁻¹ ha de K₂O) na forma de cloreto de potássio (60% de K₂O) e adubação nitrogenada também em cobertura quando o milho estava em estágio vegetativo V6 (90 kg ha⁻¹ tendo a ureia como fonte de N 45%), de acordo com recomendação descrita por Raij *et al.* (1997).

As doses de P_2O_5 testadas foram aplicadas utilizando superfosfato triplo (45% de P_2O_5) como fonte de fósforo. A aplicação nas parcelas que receberam os tratamentos a lanço foi realizada manualmente em cada uma delas. Enquanto que nos tratamentos de adubação no sulco, a mesma foi realizada por ocasião da semeadura com auxílio de semeadora própria para plantio direto, sendo feita alteração no conjunto de engrenagens para que fosse possível aplicar as referidas doses de P_2O_5 em cada parcela.

Foram realizados os tratos culturais de acordo com as necessidades da cultura durante todo seu ciclo. A colheita foi realizada no dia 07/10/2014 (146 DAS).

3.4.2 Experimento 2: Soja sobre palhada de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com *U. ruziziensis*

A soja foi implantada sobre os resíduos do milho e a palhada de *U. ruziziensis* na data de 04/12/2014. Para tanto, após a colheita do milho, a área foi mantida em pousio para o desenvolvimento da braquiária e na sequência realizou-se a dessecação com herbicida Glyphosate ($1,44 \text{ kg ha}^{-1}$ do i.a.). A cultivar de soja utilizada foi a BRS Valiosa RR, que apresenta ciclo médio a semitardio (123 a 130 dias) e hábito de crescimento determinado.

A semeadura foi realizada com semeadora-adubadora com mecanismo de distribuição de adubo tipo haste sulcadora, e deposição da semente tipo disco duplo desencontrado, sendo semeadas cerca de 13 sementes por metro, visando obter uma população de 240.000 plantas ha^{-1} . O espaçamento utilizado foi de 0,45 m e a adubação foi feita seguindo a recomendação de Raij *et al.* (1997) para dose de K_2O , ($60 \text{ kg}^{-1} \text{ ha}$ de K_2O) na forma de cloreto de potássio (60% de K_2O) aplicado em cobertura.

Não foi feita adubação fosfatada visando à avaliação do possível efeito residual proveniente da cultura antecessora. Para suprir as necessidades de N, as sementes foram inoculadas com inoculante líquido contendo bactérias *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii* (estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080), visando obter 1,2 milhões de células viáveis por semente. Os tratos culturais para a cultura foram realizados de acordo com a necessidade durante todo seu ciclo, e a colheita da soja procedeu no dia 10/04/2015 (127 DAS).

3.4.3 Experimento 3: Milho em cultivo solteiro ou consorciado com *U. ruziziensis* e doses de Fósforo

Logo após a colheita da soja, o milho segunda safra foi semeado no dia 28/04/2015, seguindo as mesmas configurações do experimento 1 e a metodologia, utilizando o espaçamento 0,45 m entrelinhas, com 3 plantas por metro de sulco, objetivando assim uma população de 60.000 mil plantas ha⁻¹. Foi realizada a adubação potássica em cobertura (60 kg⁻¹ ha de K₂O) na forma de cloreto de potássio (60% de K₂O) e adubação nitrogenada também em cobertura quando o milho estava em estágio vegetativo V6, (90 kg ha⁻¹ tendo a ureia como fonte de N 45%), de acordo com recomendação descrita por Raij *et al.* (1997).

As doses de P₂O₅ testadas foram aplicadas utilizando superfosfato triplo como fonte de P. Novamente foi feita a semeadura de *U. ruziziensis* na entrelinha do milho nas parcelas com consórcio conforme realizado no experimento 1. Foram realizados os tratos culturais de acordo com as necessidades da cultura durante todo o ciclo. A colheita foi feita no dia 19/09/2015 (144 DAS).

3.4.4 Experimento 4: Soja sobre palhada de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com *U. ruziziensis*

Após a colheita e avaliação do milho e da braquiária, foi instalada a cultura da soja no dia 10/11/2015. Antecedendo o plantio, foi realizada a dessecação da forrageira com herbicida Glyphosate (1,44 kg ha⁻¹ do i.a.). O experimento foi instalado seguindo as mesmas configurações e metodologia utilizadas para o experimento 2, quanto a cultivar de soja utilizada, processo de semeadura, espaçamento, densidade de semeadura e inoculação das sementes.

A adubação foi realizada seguindo a recomendação de Raij *et al.* (1997) para dose de K₂O aplicado em cobertura (60 kg⁻¹ ha de K₂O) na forma de cloreto de potássio (60% de K₂O). Novamente não foi realizada adubação fosfatada, devido estar-se avaliando o possível efeito residual das doses e formas de aplicação do P utilizado no milho de segunda safra. Durante todo o ciclo da cultura foram realizados os tratos fitossanitários necessários. A colheita foi realizada no dia 12/03/2015 (123 DAS).

3.5 Avaliações

3.5.1 Experimentos 1 e 3: Milho em cultivo solteiro ou em consórcio com *U. ruziziensis* e doses de Fósforo

Componentes morfológicos e produtivos: durante a colheita do milho, foram avaliadas a altura de planta e altura de inserção da espiga através da medição com fita métrica em 10 plantas aleatoriamente na área útil em cada parcela. No mesmo dia foi realizada a contagem das plantas na área útil das duas linhas centrais de cada parcela, a fim de calcular o estande final de plantas por hectare.

Durante a fase de colheita, foram amostradas aleatoriamente 10 espigas de cada parcela para determinação de: número de fileiras de grãos e número de grãos por fileiras, ambos foram obtidos através de contagem manual; diâmetro da espiga, foi aferido com auxílio de paquímetro; comprimento da espiga, com auxílio de fita métrica; e a massa da espiga sem palha foi determinado através da pesagem das 10 espigas de cada parcela em balança de precisão (0,01 g) e posterior cálculo da média aritmética.

Para determinação da produtividade por hectare, foram colhidas manualmente as espigas contidas em 6 m nas duas linhas centrais de cada parcela. As espigas foram trilhadas mecanicamente e com posterior pesagem dos grãos obtidos em balança eletrônica de precisão.

Após a pesagem determinou-se a umidade dos grãos através de medidor de umidade portátil, para correção da produtividade para 13% de umidade (base úmida), seguidamente foi feito o cálculo da produtividade em kg ha⁻¹. No mesmo dia realizou-se a contagem de 100 grãos, para determinar-se a massa de cem grãos, os quais em seguida foram pesados em balança com precisão de 0,01 g e feita a correção dos valores a 13% de umidade.

Produção de fitomassa da *U. ruziziensis*: Nas parcelas contendo o milho consorciado com *U. ruziziensis*, após a colheita do milho foram realizadas amostragens em cada parcela. A aferição da produção de fitomassa da braquiária foi feita com auxílio de um quadrado de metal com dimensão de 1,0 x 1,0 m, realizando-se o corte das plantas rente ao solo. Após o corte, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de circulação forçada com temperatura controlada entre 65°C a 70°C até obter peso constante, e posteriormente pesadas em balança eletrônica de precisão para determinação da massa seca por hectare.

Após a aferição da massa seca, uma sub-amostra de cada parcela foi separada e moída em moinho tipo Willey, e em seguida armazenada em saco plástico para determinação do teor de P na planta, de acordo com metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997). Com os resultados da produção de fitomassa e dos teores de P na planta foi possível calcular o acúmulo de P por hectare na fitomassa da *U. ruziziensis*.

3.5.2 Experimentos 2 e 4: Soja sobre palhada de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com a *U. ruziziensis*.

Componentes morfológicos e produtivos: por ocasião da colheita, para avaliação das características agronômicas foram coletadas 10 plantas para avaliação de altura de plantas e altura de inserção da primeira vagem, com auxílio de fita métrica; número de ramos por planta e número de vagens por planta, aferidos por contagem manual. Na mesma ocasião foi feita a contagem das plantas para determinação do estande final de plantas.

Para determinação da produtividade de grãos, foram colhidas manualmente as plantas contidas em 6 metros da área útil das duas linhas centrais de cada parcela. Em seguida as plantas foram trilhadas em trilhadora mecânica com posterior pesagem dos grãos em balança eletrônica de precisão. Logo após, determinou-se a umidade dos grãos através de medidor de umidade portátil, seguidamente foi feito o cálculo da produtividade a 13% de umidade (base úmida).

No mesmo dia realizou-se a contagem de 100 grãos, para determinar-se a massa de cem grãos, os quais em seguida foram pesados em balança eletrônica de precisão (0,01 g) e a massa de 100 grãos também corrigida para 13% de umidade.

Teor de P e Fitato nas sementes: foram armazenadas subamostras de sementes de cada parcela para determinação do teor de P, através da metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997), e o teor de fitato determinado pelo método proposto por Latta e Eskin (1980), afim de determinar a possível influência de cada dose e sistema de cultivo na qualidade nutricional dos grãos e a ocorrência do efeito residual ou não da adubação fosfatada.

3.6. Análise estatística

Após a coleta dos dados, os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$). O efeito do consórcio ou não com *U. ruziziensis* e dos dois modos de aplicação de P_2O_5 foram submetidos ao teste de Tukey ($P < 0,05$). Já o efeito da adubação fosfatada no milho e residual na soja foi avaliado através de análise de regressão (polinômios ortogonais), adotando-se a equação com maior coeficiente de determinação (R^2) ($P < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR[®] (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 *Urochloa ruziziensis*

Na Tabela 1 são apresentados os resultados referentes à produtividade de fitomassa e a quantidade de P reciclado pela *U. ruziziensis*.

Tabela 1. Médias dos tratamentos e teste F para produtividade de fitomassa seca e quantidade de P reciclado na fitomassa da *U. ruziziensis*, em função dos modos de aplicação e doses de P_2O_5 . Selvíria - MS, safras 2014/15 e 2015/2016.

Tratamentos		Produtividade de fitomassa seca		P reciclado da fitomassa	
		(kg ha ⁻¹)		(kg ha ⁻¹)	
		2014/15	2015/16	2014/15	2015/16
Modos (M)	Sulco	8.952	7.362	17,3	16,8
	Lanço	9.489	9.562	18,7	21,1
Doses de P_2O_5 (kg ha ⁻¹) (D)	0	7.360	5.867	13,3	13,1
	60	9.648	7.422	17,8	17,8
	90	10.147	9.367	19,5	23,8
	120	9.726	11.192	20,3	21,2
Teste F					
M		0,79 ns	4,74 *	0,23 ns	7,44 *
D		4,39 *	17,8 **	3,57 *	8,61 **
M*D		1,68 ns	6,58 *	0,67 ns	3,94 *
DMS		1.248	1.139	3,4	3,2
CV (%)		18,4	18,3	16,4	13,5

Nota: *, ** e ns são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: elaborado pela própria autora.

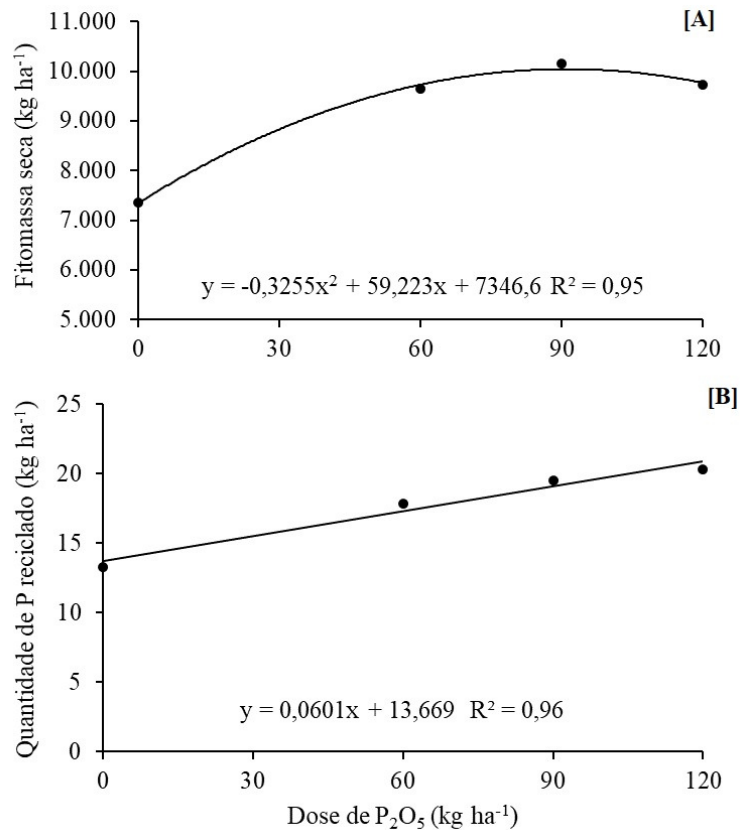
Pode-se observar que no primeiro ano de cultivo a produtividade de fitomassa da *U. ruziziensis* não diferiu quanto ao modo de aplicação do adubo fosfatado. Porém, na avaliação das doses de P_2O_5 , houve aumento significativo no acúmulo de massa seca pela planta de cobertura.

A Figura 1A demonstra que as doses de P aumentaram a fitomassa da *U. ruziziensis* de forma quadrática, sendo a dose de máxima produtividade de 91 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , correspondendo a 10.040 kg ha⁻¹ de massa seca. Estes valores foram superiores aos verificados por Ensinas *et al.* (2014) que na integração milho + *U. ruziziensis* obtiveram valores em torno de 5,6 e 7,8 toneladas por hectare.

Este aumento de massa seca proporcionou maior ciclagem de nutrientes, especialmente para o P que foi aplicado, tanto em superfície quanto no sulco de semeadura, como comprovam os resultados da apresentados na Tabela, indicando que neste primeiro ano também ocorreu efeito isolado das doses na reciclagem do P. Este comportamento é

facilmente compreendido, pois como aplicação de doses maiores do nutriente até a dose de máxima resposta, tem-se maior absorção e consequentemente acúmulo na parte aérea.

Figura 1. Análise de regressão para a produtividade de fitomassa seca (A) e quantidade de P reciclado pela *U. ruziziensis* (B) em função das doses de P_2O_5 aplicadas no milho consorciado. Selvíria – MS, 2014.

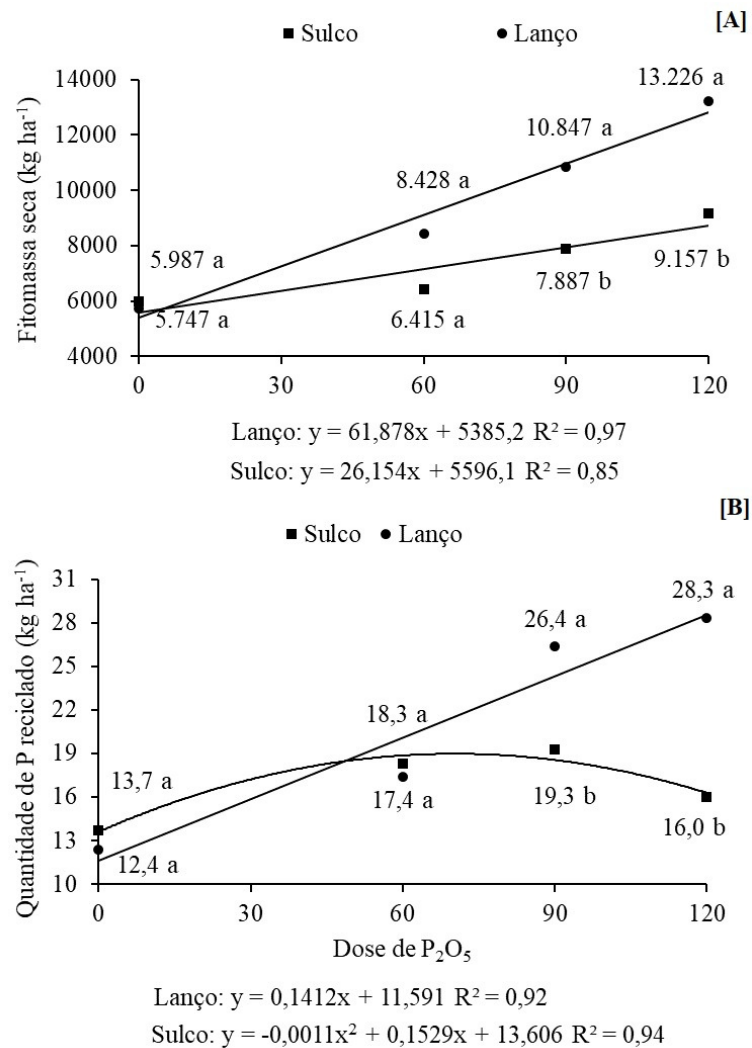


Fonte: elaborado pela própria autora.

Na Figura 1 B é apresentada a análise de regressão para a quantidade de P reciclado pela *U. ruziziensis*. O gráfico demonstra que sem aplicação de P_2O_5 a planta acumulou cerca de 13,3 kg ha⁻¹ de P. Este resultado é semelhante ao que foi constatado por Pacheco *et al.* (2013), que avaliaram os nutrientes acumulados na fitomassa de algumas plantas de cobertura, constatando acúmulo de 12,4 kg ha⁻¹ de P. Os autores ainda afirmam que a *U. ruziziensis* apresenta bom potencial para ciclagem de nutrientes no SPD. O acúmulo do P na parte aérea aumentou de acordo com o acréscimo da adubação fosfatada, chegando a 20,3 kg ha⁻¹ de P com a dose de 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 . Este resultado pode ser favorável á cultura semeada na sequencia (no caso a soja), pois o nutriente será liberado para a mesma, porém pode ser

desfavorável ao milho que foi cultivado junto com a *U. ruziziensis*, principalmente nas menores doses de adubação fosfatada, devido á competição direta pelo nutriente aplicado. No segundo ano de cultivo, para as duas variáveis houve interação entre os modos de aplicação e doses de P_2O_5 , sendo os desdobramento apresentados na Figura 2.

Figura 2. Desdobramento da interação entre modos de aplicação e doses de P_2O_5 para as variáveis produtividade de fitomassa (A) e quantidade de P reciclado (B) pela *U. ruziziensis* em sistema de cultivo consorciado com milho. Selvíria – MS, 2015.



Fonte: elaborado pela própria autora.

A Figura 2A apresenta o resultado da produtividade de fitomassa, onde o desdobramento dos modos de aplicação dentro de doses demonstra que com doses baixas de adubo fosfatado a produção de massa seca da *U. ruziziensis* não diferiu em função da aplicação ter sido feita no sulco ou a lanço. Entretanto, nas doses mais elevadas (90 e 120 kg

ha⁻¹) a produtividade foi estatisticamente maior quando o P foi aplicado a lanço, chegando a 10.847 e 13.226 kg ha⁻¹ respectivamente. Este comportamento pode ser explicado devido à adubação ter sido feita a lanço, distribuído o fertilizante em toda a área da parcela e não apenas concentrado abaixo da linha de semeadura. Como a *U. ruziziensis* ficou distribuída nas entrelinhas da cultura principal e com semeadura mais superficial, estes fatores facilitaram mais o seu acesso ao P. Vale ressaltar ainda que a *U. ruziziensis* apresenta um volume de raízes elevado que permite-lhe explorar uma porção maior do solo. Sendo assim, ela foi capaz de absorver mais P e consequentemente tendo maior incremento na parte aérea.

Com adubação no sulco, o acesso ao P por parte das do sistema radicular do milho foi facilitado, permitindo que a cultura competisse mais com a cultura de cobertura. O que acarretou menos absorção de P pela *U. ruziziensis* e por isso menos produção de fitomassa. Estas hipóteses são confirmadas através da análise dos resultados da Figura 2 B, pois no desdobramento dos modos de aplicação dentro de doses, houve de fato maior acúmulo de P por parte da *U. ruziziensis* nas doses com aplicação a lanço nas doses de 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, chegando a 26,4 e 28,3 kg ha⁻¹ de P, respectivamente.

No desdobramento das doses dentro dos modos de aplicação, o acúmulo de P na parte aérea do capim com adubação no sulco, houve comportamento quadrático com ponto de máxima na aplicação de 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅, acumulando 19 kg ha⁻¹ de P na fitomassa da *U. ruziziensis*. Para adubação a lanço, o acúmulo deste nutriente aumentou linearmente em função das doses utilizadas, chegando a 28,3 kg ha⁻¹ de P.

Para vários pesquisadores (KLUTHCOUSKI *et al.*, 2003; CARVALHO *et al.*, 2010; NASCENTE; CRUSCIOL, 2012; FREITAS *et al.*, 2013), a ILP no SPD é uma das melhores alternativas para agricultura em clima tropical, resultando na diversificação da produção, maior retorno econômico e ciclagem de nutrientes. Já que os resíduos das culturas principais são insuficientes para manter a estabilidade do SPD, é necessário a inserção de plantas que produzam uma grande quantidade de massa seca, e neste sentido a utilização das *Brachiarias* (sin. *Urochloa*) é vantajosa, pois apresentam sistema radicular profundo e grande produção de biomassa, podendo chegar a 20 t ha⁻¹ ((KLUTHCOUSKI *et al.*, 2000; PARIZ *et al.*, 2009; CRUSCIOL *et al.*, 2012). Desta forma, os resultados encontrados para o consórcio milho – *Urochloa* no presente trabalho demonstram a importância e eficiência desta prática.

4.2 Cultura do milho

De acordo com os resultados obtidos para a cultura do milho, pode-se verificar que, para o estande final de plantas (Tabela 2), tanto no primeiro quanto no segundo ano de cultivo (2014/15 e 2015/16) que os modos de aplicação e as doses de P_2O_5 não influenciaram no número de plantas por área. Entretanto, ocorreu diferença significativa entre os sistemas de cultivo, sendo que no milho solteiro houve maior número de plantas do que no consorciado.

Tabela 02. Médias dos tratamentos e teste F para as variáveis estande final de plantas, altura de planta e altura de inserção da espiga do milho híbrido DKB 390 Pro 2, em função dos métodos de cultivo, modos de aplicação e doses de P_2O_5 . Selvíria - MS, safras 2014/15 e 2015/2016.

Tratamentos		Estande final de plantas		Altura de planta		Altura de inserção da espiga	
		(plantas ha ⁻¹)		(m)		(m)	
		2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16
Cultivos (C)	Consortio	58.912 b	59.412 b	1,83	1,70 a	1,08	0,88
	Solteiro	63.773 a	61.574 a	1,86	1,66 b	1,12	0,90
Modos (M)	Sulco	61.111	60.532	1,84	1,66 a	1,10	0,88 b
	Lanço	61.574	60.454	1,85	1,70 b	1,10	0,90 a
Doses de P_2O_5 (kg ha ⁻¹) (D)	0	60.648	61.570	1,82	1,68	1,09	0,90
	60	62.036	60.882	1,85	1,70	1,11	0,90
	90	60.417	59.798	1,83	1,70	1,09	0,91
	120	62.268	59.722	1,89	1,64	1,12	0,86
Teste F							
C		12,35 **	4,75 *	5,45 *	11,4 **	10,5 **	2,76 ns
M		0,11 ns	0,00 ns	0,56 ns	7,80 **	0,17 ns	4,19 *
D		0,46 ns	0,81 ns	3,52 *	5,35 **	1,98 ns	3,30 *
C*M		0,02 ns	3,79 ns	0,02 ns	0,15 ns	0,00 ns	0,36 ns
C*D		1,54 ns	0,25 ns	3,09 *	6,20 **	5,26 **	3,53 *
M*D		0,28 ns	0,38 ns	2,68 ns	2,03 ns	1,03 ns	0,73 ns
C*D*M		1,95 ns	2,72 ns	2,48 ns	2,37 ns	2,21 ns	1,10 ns
DMS		2.785	1.995	0,03	0,02	0,02	0,02
CV (%)		9,02	6,55	3,32	3,03	3,83	5,8

Nota: *, ** e ns são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: elaborado pela própria autora.

Isso evidencia competição entre as duas espécies cultivadas simultaneamente, devido ao espaçamento reduzido. Deve-se levar em conta ainda que ambas apresentam mecanismo fotossintético tipo C4, e desta forma podem apresentar competição semelhante pelos fatores de crescimento, como água, luz e nutrientes.

Estes resultados reforçam a tese de que no cultivo consorciado em área irrigada, a *U. ruziziensis* pode proporcionar competição com as plantas de milho, dependendo das condições climáticas de cultivo. Neste sentido, Pariz *et al.* (2011) afirmam que o comportamento da cultura do milho quando em consórcio com braquiárias é influenciado principalmente pela velocidade de estabelecimento da forrageira e aumento da competição por água, luz e nutrientes, podendo interferir no desenvolvimento das plantas de milho e na produtividade. Isso foi observado nos dois anos, pois a *U. ruziziensis* apresentou bom estabelecimento, e além do estande final, também interferiu na altura de inserção das espigas do milho.

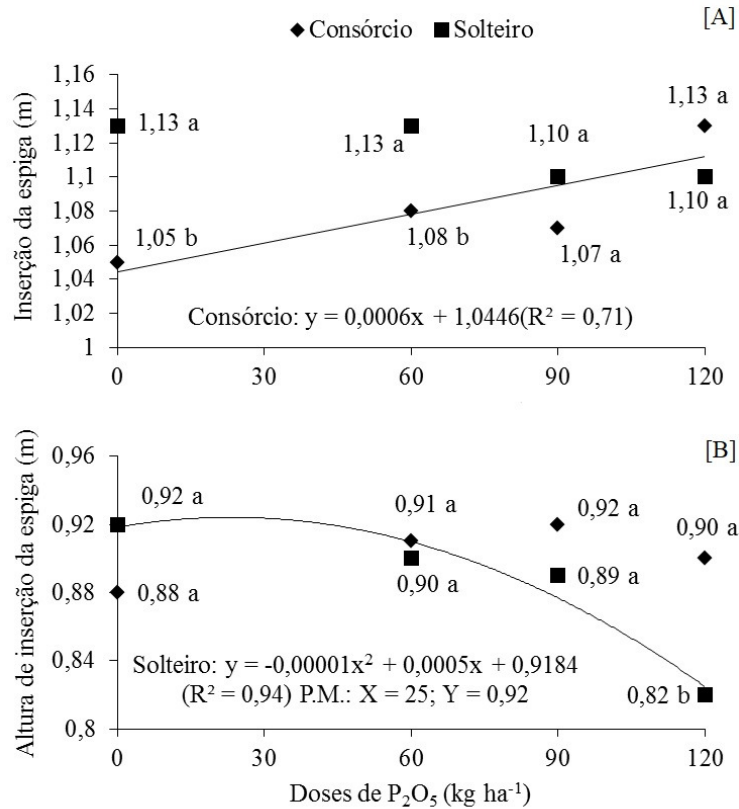
Para altura de inserção da espiga e altura de plantas, nos dois anos de cultivo não houve interação tripla entre os fatores testados. Na safra 2014/15 o modo aplicação de P_2O_5 não promoveu alteração nestas duas variáveis. Entretanto, no segundo ano foi possível observar que a aplicação do adubo fosfatado a lanço em superfície, resultou em plantas de porte mais elevado (1,70 m). Esta característica afeta diretamente a altura de inserção da espiga com a inserção da espiga, pois plantas mais altas apresentaram altura de inserção da espiga maior, sendo justamente o que foi verificado para esta variável no ano agrícola 2015/2016, chegando a 0,90 m.

Também é possível observar ainda na Tabela 2 que, nas duas safras ocorreu interação entre os sistemas de cultivo e as doses de P_2O_5 . Este comportamento diferiu do que foi constatado por Valderrama *et al.* (2011), testando doses de P_2O_5 na mesma região, onde os autores não verificaram efeito significativo para estes atributos. O desdobramento da interação cultivo versus doses para a altura de inserção da espiga é apresentado na Figura 3.

Para o primeiro ano (Figura 3 A), no desdobramento dos métodos de cultivo dentro de cada dose de P_2O_5 , nas doses de 0 e 60 kg ha⁻¹ de o milho solteiro foi superior ao consorciado, indicando que em pequenas doses deste nutriente o consórcio reduziu a altura de inserção das espigas pelo efeito da competição entre as duas culturas. Em contrapartida, as doses mais elevadas (90 e 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5) não diferiram entre os sistemas de cultivo, evidenciando que a partir de 90 kg ha⁻¹ de P_2O_5 a competição da *U. ruziziensis* pelo P não compromete mais a altura de inserção das espigas do milho. Para o desdobramento das doses dentro dos métodos de cultivo, houve aumento linear da altura de inserção da espiga do milho no sistema consorciado. Com isso, no primeiro ano de cultivo os resultados indicam que para não ocorrer diferença no desenvolvimento das plantas de milho e na inserção da espiga, deve-se aplicar no

mínimo 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, podendo ser no sulco ou a lanço, pois os dois modos de aplicação não diferiram entre si.

Figura 3. Desdobramento da interação entre métodos de cultivo e doses de P₂O₅ para altura de inserção da espiga do milho híbrido DKB 390 Pro 2. Selvíria MS, 2014 (A) e 2015 (B).



Nota: Médias com mesma letra em cada dose de P₂O₅ não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

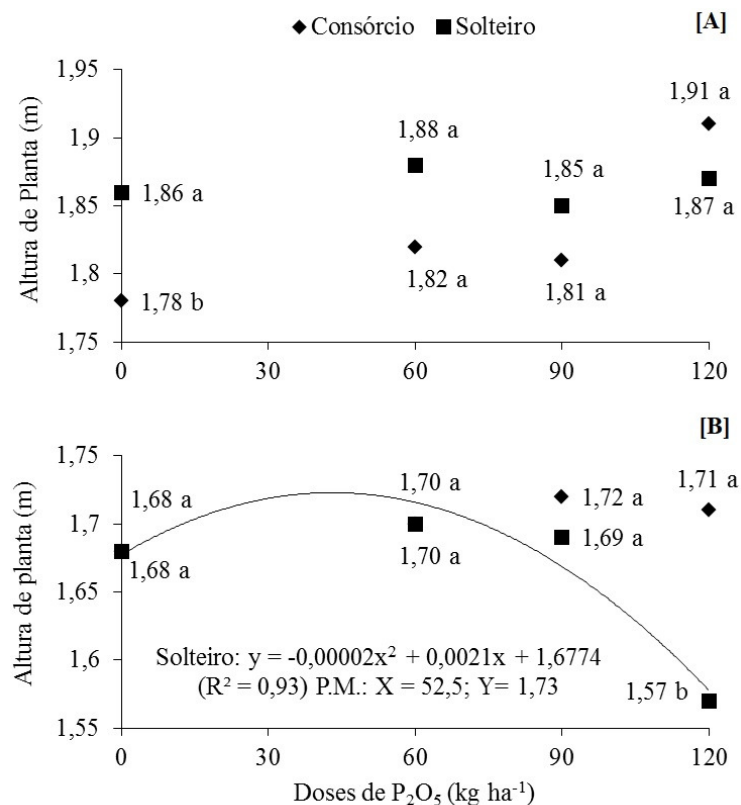
Fonte: elaborado pela própria autora.

Com relação ao milho cultivado no segundo ano (Figura 3 B), as doses de 0, 60 e 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ não apresentaram diferença quanto aos métodos de cultivo, sendo verificada diferença apenas na dose de 120 kg. No desdobramento das doses dentro dos métodos de cultivo, houve ajuste quadrático de regressão para o milho solteiro, sendo a dose de máxima inserção da espiga 25 kg ha de P₂O₅.

Para a altura de plantas, o desdobramento da interação entre os métodos de cultivo e doses no primeiro ano (Figura 4 A) demonstrou que aplicando-se as doses de 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, a altura das plantas de milho não diferiu estatisticamente entre e cultivo solteiro ou consorciado, sendo observada diferença apenas na ausência da adubação fosfatada. Isso ocorreu devido à competição do milho com a *U. ruziziensis*, pois como não foi realizada

adubação fosfatada, as duas culturas competiram pelo P presente no solo, o que justifica a altura mais baixa no milho consorciado (1,78 m) em comparação com o solteiro (1,86 m), demonstrando que a falta de adubação fosfatada no milho consorciado promoveu deficiência para a cultura. Nos demais tratamentos o P foi suficiente para ambas as culturas em consórcio.

Figura 4. Desdobramento da interação entre métodos de cultivo e doses de P_2O_5 para altura de plantas do milho híbrido DKB 390 Pro 2. Selvíria MS, 2014 (A) e 2015 (B).



Nota: Médias com mesma letra em cada dose de P_2O_5 não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: elaborado pela própria autora.

No desdobramento das doses dentro dos métodos de cultivo, os resultados demonstraram que não houve ajuste de regressão para as doses utilizadas, contudo, as plantas mais altas foram verificadas aplicando-se 120 kg ha⁻¹ no milho em consórcio com a *U. ruziziensis*, com 1,91 m. Vale ressaltar que para o cultivo consorciado, esta também foi dose de maior altura de inserção da espiga.

Com relação ao milho cultivado no ano seguinte (Figura 4 B), os resultados do desdobramento dos cultivos dentro das doses de 60 e 90 kg ha⁻¹ de P_2O_5 foi similar ao de

2014, não apresentando diferença entre os cultivos consorciados ou solteiro. Porém, na ausência da adubação fosfatada, a altura das plantas do milho consorciado foi idêntica ao milho solteiro, ao contrário do que ocorreu em 2014 no primeiro ano de cultivo. Este comportamento se deu devido ciclagem de nutrientes proporcionada pelos restos de cultura anteriores, com destaque para a *U. ruziziensis*, pois a espécie apresenta um sistema radicular fasciculado e profundo, conseguindo ciclar nutrientes que se encontram em profundidade e num volume maior de solo, incluindo o P. Com a decomposição de seus restos vegetais, este nutriente passa a ser disponibilizado para as culturas subsequentes. Isto ainda contribuiu para que a altura de planta na dose de 120 kg ha⁻¹ no milho consorciado fosse estatisticamente maior que o milho solteiro.

Ao analisar o desdobramento das doses dentro dos métodos de cultivo, ocorreu ajuste quadrático de regressão para o milho solteiro, semelhante ao que foi verificado para a altura de inserção da espiga neste segundo ano de cultivo, sendo a dose de máxima eficiência alcançada com 52 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Isso indica que, para as condições do presente trabalho, as doses mais elevadas do nutriente não aumentaram o porte das plantas do milho solteiro.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados para o número de grãos por fileira, número de fileiras por espiga e o comprimento da espiga. Para o número de fileiras por espiga, tanto no primeiro quanto no segundo ano de cultivo não houve diferença significativa entre os tratamentos testados, nem interação entre os fatores avaliados.

Em trabalhos descritos por Valderrama *et al.* (2011), os autores também testaram doses de P no milho, além de N e K, e também não observaram alterações no número de fileiras por espiga. Silva *et al.* (2014) avaliaram os componentes de produção do milho utilizando doses de P₂O₅ idênticas ao presente trabalho e, de forma semelhante, não houve diferença significativa para esta variável. Nos trabalhos de Hanashiro *et al.* (2013) e Araújo *et al.* (2016) os autores citam que os híbridos simples são os que geralmente apresentam maior número de fileiras de grãos, seguidos pelos híbridos duplos e triplos, respectivamente. Portanto, esta característica está diretamente relacionada ao genótipo e não à adubação fosfatada utilizada.

Para o número de grãos por fileira (Tabela 3), na safra de 2014 houve efeito isolado apenas para as doses de P₂O₅, enquanto que no segundo ano, verificou-se interação entre os métodos de cultivo e doses.

Tabela 03. Médias dos tratamentos e teste F para as variáveis número de grãos por fileira, número de fileiras por espiga e comprimento da espiga do milho híbrido DKB 390 Pro 2, em função dos métodos de cultivo, modos de aplicação e doses de P_2O_5 . Selvíria - MS, safras 2014/15 e 2015/2016.

Tratamentos		Número de grãos por fileira		Número de fileiras por espiga (m)		Comprimento da espiga (m)	
		2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16
Cultivos	Consortio	31,6	27,3	16,9	14,1	15,4	13,6 b
(C)	Solteiro	31,5	29,2	17,1	13,7	15,6	14,3 a
Modos	Sulco	31,5	28,2	17,1	13,8	15,4	13,8
(M)	Lanço	31,6	28,4	16,9	14,0	15,6	14,1
Doses de	0	31,9	27,0	17,2	13,9	15,3	13,2
P_2O_5	60	32,2	27,3	17,0	13,7	15,5	13,6
(kg ha ⁻¹)	90	32,2	29,0	16,9	14,0	15,8	14,3
(D)	120	30,2	29,8	16,8	14,1	15,4	14,6
Teste F							
C		0,00 ns	23,87 **	0,28 ns	2,92 ns	1,52 ns	15,1 **
M		0,05 ns	0,35 ns	0,42 ns	0,53 ns	1,07 ns	3,7 ns
D		4,61 **	11,29 **	0,26 ns	0,59 ns	1,21 ns	13,9 **
C*M		0,08 ns	1,22 ns	0,00 ns	2,21 ns	1,21 ns	0,9 ns
C*D		1,30 ns	4,09 **	0,31 ns	0,38 ns	3,66 *	2,8 *
M*D		1,01 ns	1,73 ns	0,36 ns	0,96 ns	0,52 ns	2,0 ns
C*D*M		0,69 ns	2,16 ns	1,35 ns	0,81 ns	0,53 ns	1,9 ns
DMS		0,9	0,7	0,06	0,4	0,3	0,3
CV (%)		5,76	5,61	7,52	6,23	4,82	4,95

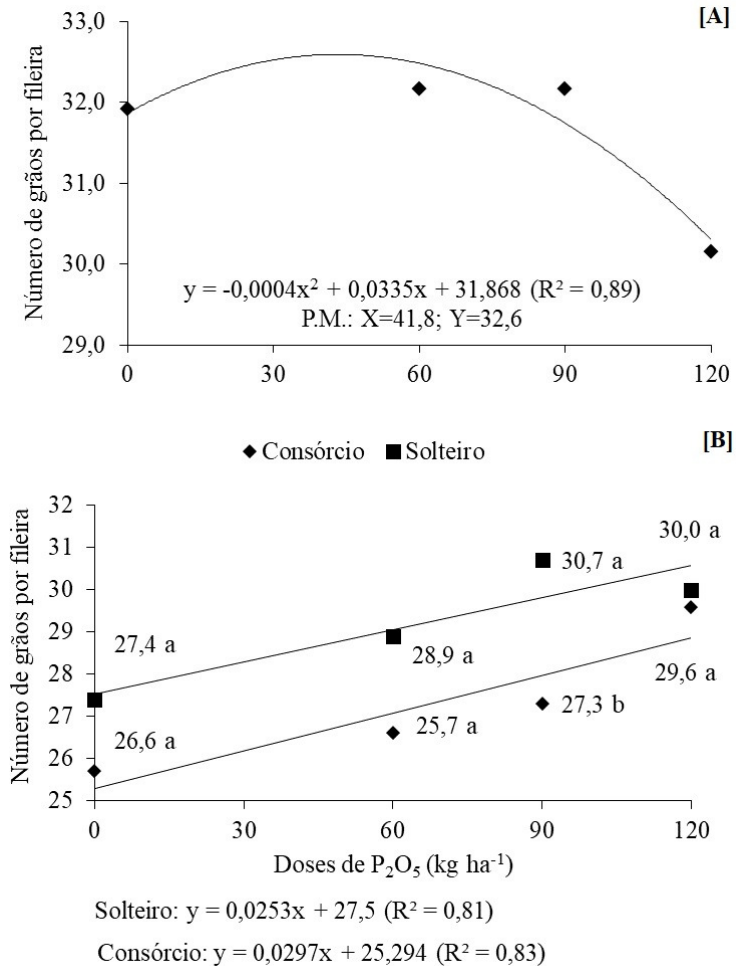
Nota: *, ** e ns são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: elaborado pela própria autora.

Na Figura 5 A é possível analisar que ocorreu comportamento quadrático do número de grãos em função da adubação fosfatada para o primeiro ano de cultivo, onde a dose de máxima eficiência foi de 41,8 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , produzindo cerca de 32 grãos por fileira. Esta variável é um componente importante da produtividade, pois espigas com uma maior quantidade de grãos tende a ser maiores e mais pesadas, refletindo diretamente na produtividade de grãos.

Por outro lado, no segundo ano de cultivo do milho houve interação entre os métodos de cultivo e doses de P. No desdobramento apresentado na Figura 5B, pode-se verificar que para as doses 0, 60 e 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 não ocorreu diferença significativa entre o milho solteiro ou consorciado.

Figura 5. Regressão para o número de grãos por fileira na safra 2014 (A), e Desdobramento da interação entre métodos de cultivo e doses de P_2O_5 para o número de grãos por fileira do milho híbrido DKB 390 Pro 2 em 2015 (B). Selvíria - MS.



Nota: Médias com mesma letra em cada dose de P_2O_5 não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

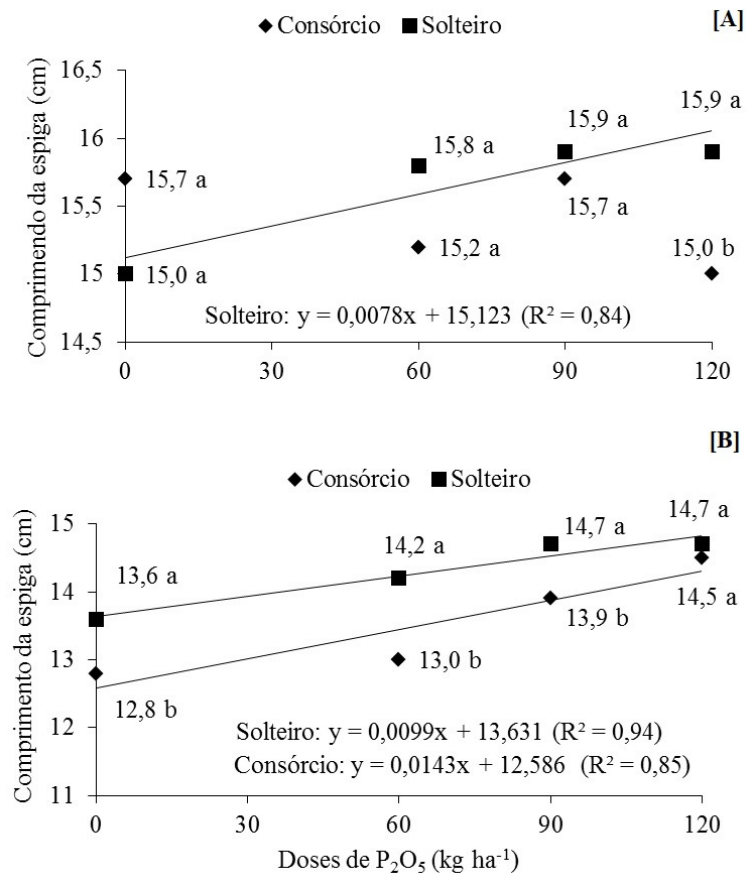
Fonte: elaborado pela própria autora.

Para o comprimento da espiga, nas duas safras ocorreu interação apenas entre os métodos de cultivo e doses de P_2O_5 . No milho semeado no início de 2014 (Figura 6 A), apenas na dose de $120\ kg\ ha^{-1}$ houve diferença entre o milho solteiro ou consorciado, sendo que o comprimento das espigas no milho solteiro foi superior. Já nas doses mais baixas, o comprimento foi igual para os dois sistemas de cultivo. Para o desdobramento das doses dentro dos métodos de cultivo, no milho solteiro houve aumento linear no comprimento da espiga em função da adubação fosfatada, chegando a 15,9 cm.

Pelos resultados apresentados, nota-se que no primeiro ano o comprimento das espigas no milho solteiro aumentou de acordo com a adubação fosfata, e no milho consorciado não

houve aumento, este comportamento é decorrente do cultivo simultâneo com *U. ruziziensis*, pois o consumo do P por parte da forrageira não permitiu o aumento das doses do fertilizante fosfatado. Mesmo assim, o comprimento médio das espigas ficou bem próximo entre ambos os sistemas de cultivo (solteiro e consorciado), não chegando a reduzir drasticamente esta característica.

Figura 6. Desdobramento da interação entre métodos de cultivo e doses de P_2O_5 para o comprimento da espiga do milho híbrido DKB 390 Pro 2. Selvíria – MS, 2014 (A) e 2015 (B).



Nota: Médias com mesma letra em cada dose de P_2O_5 não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: elaborado pela própria autora.

Com relação ao segundo ano do experimento (Figura 6B), para o desdobramento dos métodos de cultivo dentro de cada uma das doses observou-se que, o comportamento nas doses 60, 90 e 120 foi semelhante ao do primeiro ano, ou seja, no milho consorciado e com aplicação de 60 e 90 kg ha⁻¹ de P_2O_5 o comprimento da espiga foi menor quando comparado ao cultivo solteiro. Diferente do primeiro ano, na ausência da adubação fosfatada o milho

consorciado apresentou espigas menores também, sendo apenas na dose mais elevada (120 kg ha⁻¹) que não ocorreu diferença estatística.

No desdobramento das doses dentro dos métodos de cultivo, houve ajuste de regressão linear tanto para o milho solteiro quanto para o consórcio com a *U. ruziziensis*. Ou seja, conforme aumentaram-se as doses de adubo fosfatado, o comprimento das espigas também aumentou, mas apesar disso, somente com aplicação de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ que o comprimento das espigas foram iguais nas duas modalidades de cultivo, demonstrando a importância do P aplicado para áreas de integração lavoura pecuária, tanto no primeiro quanto no segundo ano agrícola, pois em doses menores, a competição com a *U. ruziziensis* irá reduzir o comprimento das espigas. Quanto aos modos de aplicação de P, houve diferença significativa.

Para a variável massa de 100 grãos (Tabela 4), no primeiro ano houve diferença entre os modos de aplicação de P₂O₅, sendo que quando aplicado no sulco de semeadura, houve um melhor aproveitamento do P pela cultura do milho, com maior acúmulo de reservas, obtendo-se maior massa de grãos (28,6 g). Para o segundo ano, tanto a aplicação a lanço quanto no sulco foram estatisticamente iguais, novamente devido ao efeito do P dos cultivos anteriores, provenientes da mineralização dos restos de cultura. No segundo ano, a massa de 100 grãos diferiu entre os sistemas de cultivo, onde o milho consorciado com *U. ruziziensis* apresentou maior resultado, com 37 g, devido à liberação de P₂O₅ proveniente da decomposição do material orgânico no solo. Entretanto, não houve diferença na massa de 100 grãos para os modos de aplicação e doses de P neste segundo ano.

Quanto às doses de P₂O₅, no primeiro ano de condução do experimento houve efeito significativo da adubação fosfatada sem, no entanto, ter havido interação entre os fatores testados.

Tabela 04. Médias dos tratamentos e teste F para as variáveis massa de 100 grãos, peso da espiga e produtividade de grãos no milho híbrido DKB 390 Pro 2, em função dos métodos de cultivo, modos de aplicação e doses de P₂O₅. Selvíria - MS, safras 2014/15 e 2015/2016.

Tratamentos		Massa de 100		Peso da espiga		Produtividade	
		(g)		(g)		(kg ha ⁻¹)	
		2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16
Cultivos (C)	Consortio	27,2	26,0 a	167,7	158	6.015	5.094
	Solteiro	27,8	25,1 b	172,6	151	5.989	5.379

Modos	Sulco	28,6 a	25,3	168,4	152	6.072	5.149
(M)	Lanço	26,3 b	25,9	171,9	156	5.932	5.324
Doses de	0	25,1	24,4	160,6	143	5.584	4.204
P ₂ O ₅	60	27,4	26,0	170,4	147	5.923	5.016
(kg ha ⁻¹)	90	29,1	26,2	174,7	160	6.260	6.140
(D)	120	28,4	25,8	175,1	167	6.243	5.585
Teste F							
C		0,52 ns	4,06 *	1,68 ns	4,39 *	0,02 ns	2,90 ns
M		7,44 **	1,89 ns	0,86 ns	1,48 ns	0,67 ns	1,09 ns
D		4,20 *	2,34 ns	3,21 *	10,21 **	3,52 *	24,4 **
C*M		0,25 ns	2,61 ns	0,06 ns	0,07 ns	11,54 **	4,62*
C*D		0,98 ns	1,56 ns	0,29 ns	3,55 *	0,22 ns	1,57 ns
M*D		0,06 ns	0,29 ns	1,27 ns	0,90 ns	2,33 ns	0,91 ns
C*D*M		0,28 ns	0,58 ns	0,54 ns	1,37	0,20 ns	2,22 ns
DMS		1,69	0,8	7,6	7,06	342,5	336
CV (%)		12,21	4,85	8,80	9,07	11,33	12,77

Nota: *, ** e ns são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

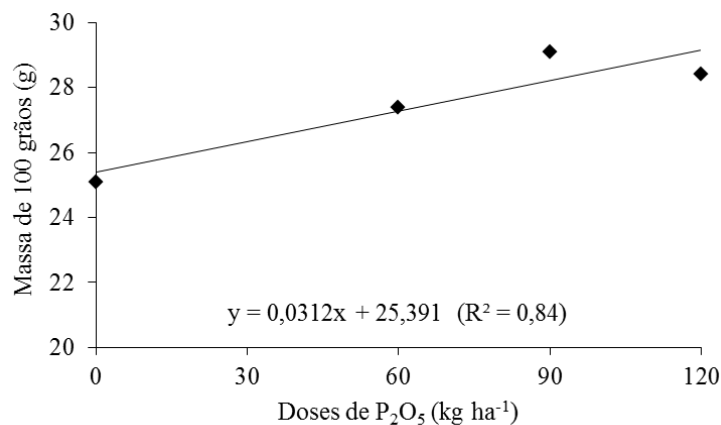
Fonte: elaborado pela própria autora.

Na Figura 7, observa-se que a massa de grãos aumentou linearmente com a aplicação das doses de P₂O₅, semelhante ao que foi observado para o comprimento de espiga para o milho solteiro no mesmo ano. Tais resultados teoricamente devem proporcionar aumento na produtividade da cultura, pois as espigas maiores e com grãos mais pesados refletem diretamente na produção final.

Para o segundo ano de cultivo, os valores médios da massa de grão foram menores que o primeiro ano, ocorrendo provavelmente devido às condições climáticas desta safra, pois durante o período de condução do experimento, as temperaturas médias diárias (inclusive noturnas) foram maiores que o ano anterior, aumentando o gasto energético da planta e respondendo diretamente no acúmulo de massa dos grãos.

Em relação ao peso da espiga, no primeiro ano não houve diferença entre os sistemas de cultivo e nem para os modos de aplicação de P₂O₅ (Tabela 4)

Figura 7. Análise de regressão para massa de 100 grãos em função das doses de P₂O₅ aplicadas no milho híbrido DKB 390 Pro 2. Selvíria MS, 2014.



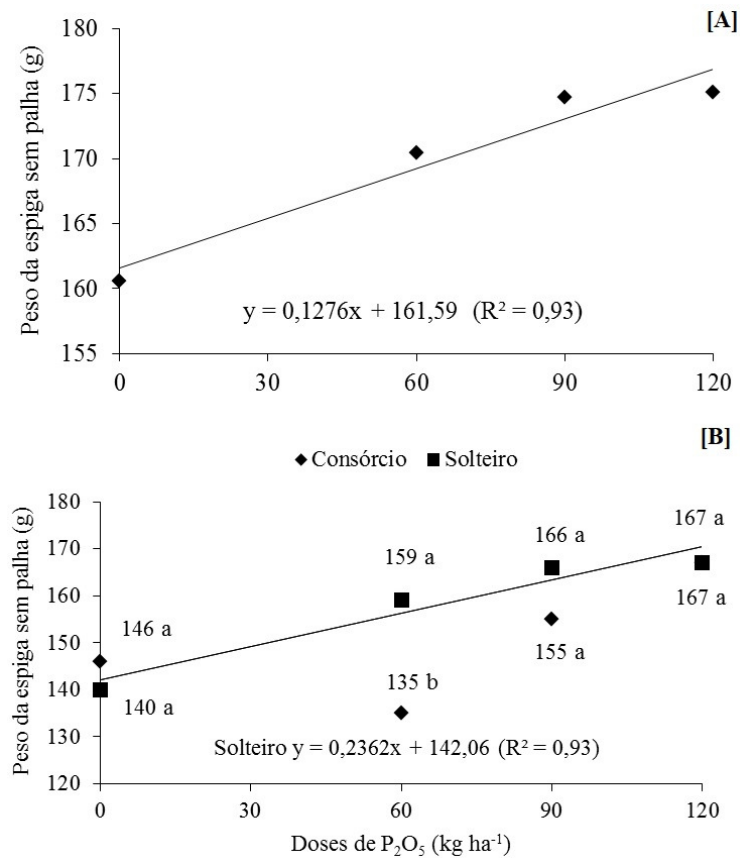
Fonte: elaborado pela própria autora.

Entretanto, as doses de adubação fosfatada diferiram entre si, ocorrendo aumento linear na massa da espiga (Figura 8 A), sendo que em relação à dose 0, a aplicação de 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionou um aumento de 10, 14 e 15 g, respectivamente.

No segundo ano ocorreu interação entre os métodos de cultivo e doses de P₂O₅, no desdobramento dos métodos de cultivo dentro das doses (Figura 8 B), não houve diferença para a massa da espiga na ausência da adubação fosfatada. Com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, o milho solteiro apresentou maior massa de espigas, e estas também foram mais pesadas do que o consorciado, provavelmente por causa da competição entre as duas culturas. Com aplicação das doses mais elevadas de P₂O₅ (90 e 120 kg ha⁻¹) a massa da espiga aumentou, mas não ocorreu diferença entre o milho solteiro e consorciado, demonstrando que a partir de 90 kg ha⁻¹, a adubação fosfatada eleva a massa das espigas igualmente nos dois métodos de cultivo.

Figura 8. Regressão para o peso da espiga sem palha em função das doses de P₂O₅ no primeiro ano de cultivo (A) e desdobramento da interação entre métodos de cultivo e doses de

P₂O₅ para o peso da espiga sem palha no segundo ano de cultivo do milho híbrido DKB 390 Pro 2. Selvíria MS, 2014 e 2015.



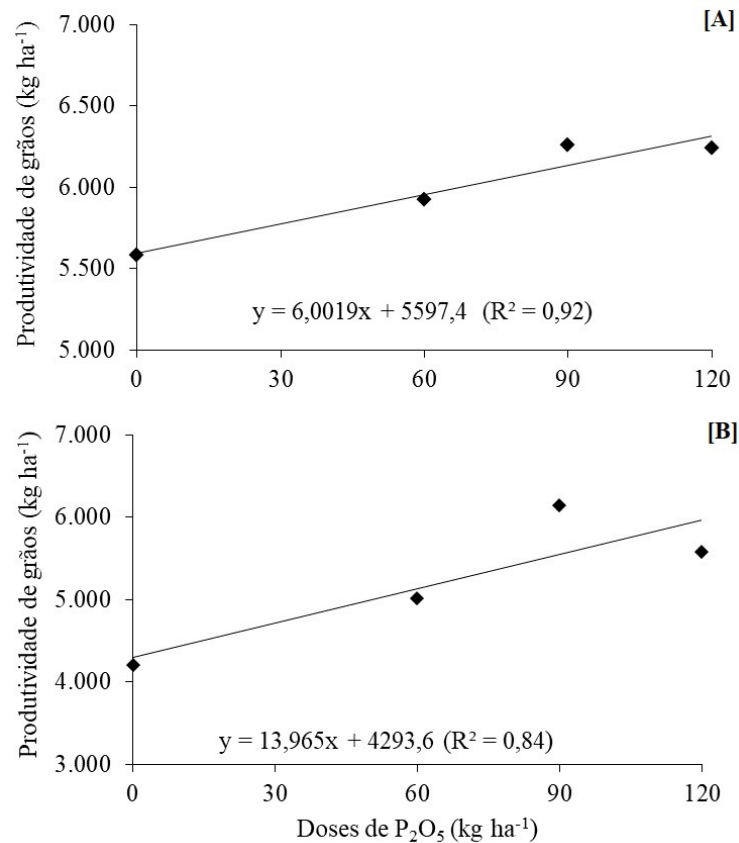
Fonte: elaborado pela própria autora.

Com relação à produtividade de grãos no primeiro ano, ocorreu efeito isolado para as doses de P₂O₅ e interação entre os sistemas de cultivo e modos de aplicação de P, observando-se aumento linear em função da adubação fosfatada (Figura 9 A). A maior produtividade obtida foi de 6.260 kg ha⁻¹, o que representou um aumento de 676 kg ha⁻¹ em relação ao tratamento sem adubação fosfatada, que foi de 5.584 kg ha⁻¹ de grãos. No segundo ano também houve efeito isolado para as doses de P₂O₅, ocorrendo ajuste linear em função da adubação fosfatada (Figura 9 B), semelhantes aos resultados do ano de 2014, demonstrando assim a importância da adubação com P no milho segunda safra.

De maneira similar, Silva *et al.* (2014) avaliaram a aplicação de doses de P₂O₅ no milho até 120 kg ha⁻¹, e observaram aumento linear na massa de 100 grãos e na produtividade, reforçando os resultados do presente estudo. Sichocki *et al.* (2014) também verificaram

aumento linear em função das doses de fósforo aplicadas, alcançando uma produtividade máxima de grãos de 6.401 kg ha^{-1} , próximo ao que foi constatado neste trabalho.

Figura 9. Regressão para a produtividade de grãos no primeiro (A) e segundo (B) ano de cultivo, em função das doses de P_2O_5 aplicadas no milho híbrido DKB 390 Pro 2. Selvíria MS, 2014 e 2015.



Fonte: elaborado pela própria autora.

No desdobramento da interação cultivo x modo para o primeiro ano (Tabela 5), ao analisar os modos de aplicação de P_2O_5 dentro dos métodos de cultivo, no primeiro ano, observou-se que no milho solteiro não houve diferença entre adubação fosfatada no sulco de semeadura ou a lanço, indicando que o produtor pode optar por aquela que lhe proporcione maior economia de tempo e menor custo operacional, sem a preocupação de comprometer a produtividade. Na modalidade a lanço, esta operação pode ser feita após a semeadura ou de forma antecipada. Para Matos et al. (2006), a adubação antecipada reduz o tempo pelo menor número de operações de abastecimento da semeadora-adubadora, com possível redução do número de conjuntos trator-semeadoras e dos custos operacionais, proporcionando aumento

na receita líquida, quando comparado ao sistema tradicional, independentemente do período de semeadura.

Tabela 5. Desdobramento da interação entre métodos de cultivo e modos de aplicação de P_2O_5 para produtividade de grãos no milho híbrido DKB 390 Pro 2. Selvíria MS, 2014.

Modos de aplicação de P_2O_5	Cultivos	
	Consórcio	Solteiro
	----- (kg ha ⁻¹) -----	
Lanço	5.656 bB	6.208 aA
Sulco	6.205 aA	5.940 aA

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey. DMS = 484.

Fonte: elaborado pela própria autora

Para Anghnoni (1992) e Pavinato e Ceretta (2004), quando os teores de fósforo estão acima do teor crítico, a probabilidade de resposta das culturas à adubação fosfatada é muito baixa ou ausente, e neste caso não se tem observado perda de produtividade com a aplicação superficial, justificando o resultado observado no milho solteiro. Barbosa *et al.* (2015) avaliaram aplicação de P a lanço, no sulco e diferentes combinações destes, em Latossolo com pH e teor de P menor que o do presente estudo, e também não observaram diferença na produtividade de grãos no milho safrinha.

Por outro lado, foi observado que no milho cultivado em sistema consorciado, a produtividade foi maior com adubação fosfatada no sulco, evidenciando que a competição com *U. ruziziensis* compromete a cultura do milho nesta modalidade. Com a aplicação do P a lanço, o nutriente fica mais distribuído na área e concentrado inicialmente na superfície, favorecendo a absorção maior pelo sistema radicular da forrageira, que foi semeada em profundidade menor que a do milho. Em contrapartida, na adubação no sulco o fertilizante é concentrado apenas no sulco de semeadura e mais próximo à semente do milho, favorecendo a absorção por este, o que justifica o resultado aqui obtido.

Ao analisar os métodos de cultivo dentro dos modos de aplicação, para adubação fosfatada no sulco não houve diferença entre o milho solteiro ou consorciado, indicando que esta prática é eficiente em ambos os casos. Enquanto que na adubação a lanço, o milho solteiro apresentou maior produtividade (6.208 kg ha⁻¹) do que o consorciado. Desta forma, os resultados do primeiro ano de cultivo apontam que, para maior produtividade do milho segunda safra consorciado com *U. ruziziensis*, a adubação fosfatada deve ser feita no sulco de

semeadura, enquanto que no milho solteiro pode ser feita tanto a lanço, quanto no sulco de semeadura.

No desdobramento dos modos de aplicação dentro dos métodos de cultivo, na produtividade do segundo ano (Tabela 6), é possível observar que na adubação a lanço a produtividade de grãos foi maior no milho solteiro, semelhante ao que aconteceu no ano anterior, pois o adubo é distribuído na superfície, favorecendo mais a absorção pelo sistema radicular da *U. ruziziensis*. Da mesma forma, observou-se que para aplicação no sulco de semeadura não houve diferença na produtividade entre o milho consorciado ou solteiro. Para o desdobramento dos métodos de cultivo dentro dos modos de aplicação, no milho solteiro a produtividade foi maior com adubação fosfatada a lanço, provavelmente devido ao efeito residual da aplicação de P_2O_5 no ano anterior, pois em cultivo solteiro o aproveitamento de P_2O_5 pelo milho foi maior do que quando consorciado com *U. ruziziensis*. No cultivo consorciado os modos de aplicação não diferiram entre si.

Tabela 6. Desdobramento da interação entre métodos de cultivo e modos de aplicação de P_2O_5 para produtividade de grãos no milho híbrido DKB 390 Pro 2. Selvíria MS, 2015.

Modos de aplicação de P_2O_5	Cultivos	
	Consórcio	Solteiro
	----- (kg ha ⁻¹) -----	
Lanço	5.002 aB	5.646 aA
Sulco	5.186 aA	5.111 bA

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey. DMS = 476.

Fonte: elaborado pela própria autora

Resende *et al.* (2006 b) concluíram que a eficiência da adubação fosfatada no sulco ou a lanço depende da fonte utilizada. Entretanto, os autores não observaram diferença entre os modos de aplicação para o superfosfato triplo. Segundo Aquino *et al.* (2011), a água do solo exerce influência sobre a difusão de P, razão pela qual é importante o estudo em conjunto de doses de P_2O_5 e irrigação. Aquino *et al.* (2012) estudaram adubação com superfosfato triplo no algodão, em cultivo irrigado e de sequeiro, e o acúmulo de P na planta foi maior no sistema irrigado. Desta forma, o fator irrigação pode ter contribuído para elevada produtividade do milho mesmo com aplicação do P a lanço, pois nos dois anos de cultivo a maior produtividade foi alcançada com aplicação de P a lanço no milho solteiro.

4.3 Cultura da soja

Os resultados encontrados para as variáveis estande final de plantas, altura de inserção da primeira vagem e altura de planta da cultura da soja sobre palhada de milho em cultivo solteiro ou em consórcio com a *U. ruziziensis* e doses de fósforo são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Médias dos tratamentos e teste F para o estande final de plantas, altura de inserção da primeira vagem e altura de plantas na cultivar de soja BRS Valiosa RR, em função do efeito residual de sistemas de cultivo, modos de aplicação e doses de P_2O_5 aplicados no cultivo antecessor de milho. Selvíria - MS, safras 2014/15 e 2015/2016.

Tratamentos		Estande final de plantas (plantas ha ⁻¹)		Altura de inserção da 1ª vagem (cm)		Altura de plantas (cm)	
		2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16
Cultivos (C)	Consorcio	235.879	243.078	21,0	15,1	91	103
	Solteiro	242.360	240.755	22,3	15,3	95	105
Modos (M)	Sulco	241.782	240.199	21,6	16,2 a	93	102 b
	Lanço	236.458	243.633	21,6	14,2 b	93	106 a
Doses de P_2O_5 (kg ha ⁻¹) (D)	0	237.036	241.851	21,3	14,0	94	104
	60	243.518	239.323	22,0	15,1	93	103
	90	235.416	241.064	21,4	15,3	91	104
	120	240.509	245.427	21,8	16,4	94	106
Teste F							
C		2,40 ns	0,21 ns	1,84 ns	0,19 ns	16,1 **	0,73 ns
M		1,62 ns	0,25 ns	0,00 ns	5,69 *	0,06 ns	6,08 *
D		0,75 ns	1,76 ns	0,13 ns	4,25 *	1,90 ns	0,58 ns
C*M		0,37 ns	2,30 ns	0,03 ns	0,69 ns	2,14 ns	1,02 ns
C*D		3,80 ns	2,06 ns	2,00 ns	2,73 ns	3,47 *	7,57 **
M*D		0,53 ns	0,34 ns	2,56 ns	1,50 ns	4,24 *	1,56 ns
C*D*M		1,89 ns	0,39 ns	1,53 ns	1,08 ns	2,21 ns	1,03 ns
DMS		8.410	10.153	1,9	1,2	1,9	3,0
CV (%)		6,9	10,7	17,5	9,8	4,19	5,7

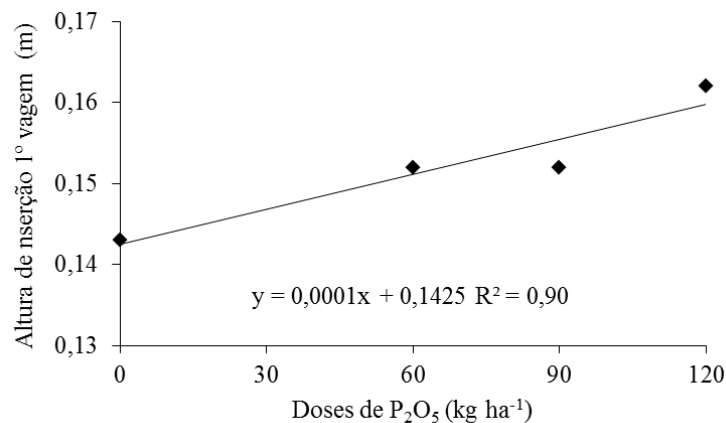
Nota: *, ** e ns são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: elaborado pela própria autora.

Pode-se verificar que para o estande final de plantas (plantas ha⁻¹) nas safras 2014/15 e 2015/16 não houve diferença entre os tratamentos testados, nem interação entre os fatores. Este resultado é importante, pois demonstra que a produção de fitomassa do milho + *U. ruziziensis* do cultivo anterior não prejudicou a emergência das plântulas de soja e estabelecimento da população de plantas na área. Pois caso isso ocorresse, a diferença no estande final da cultura poderia comprometer a sua produtividade.

Para a variável altura de inserção de primeira vagem, semelhante ao que ocorreu para o estande de plantas, não houve diferença nem interação entre os tratamentos no primeiro ano de cultivo. Enquanto que na safra 2015/16, esta variável diferiu estatisticamente tanto para modos quanto para doses. Foi observado que na aplicação de P_2O_5 no sulco de semeadura, a altura de inserção foi maior do quando aplicado à lanço, apresentando médias de 15 e 14 cm respectivamente. Quanto às doses, a maior altura alcançada foi na dose de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 , atingindo 16 cm (Figura 10).

Figura 10. Altura de inserção da primeira vagem na cultivar de soja BRS Valiosa RR, em função de diferentes doses de P_2O_5 aplicadas no cultivo antecessor de milho. Selvíria MS, 2015/2016.

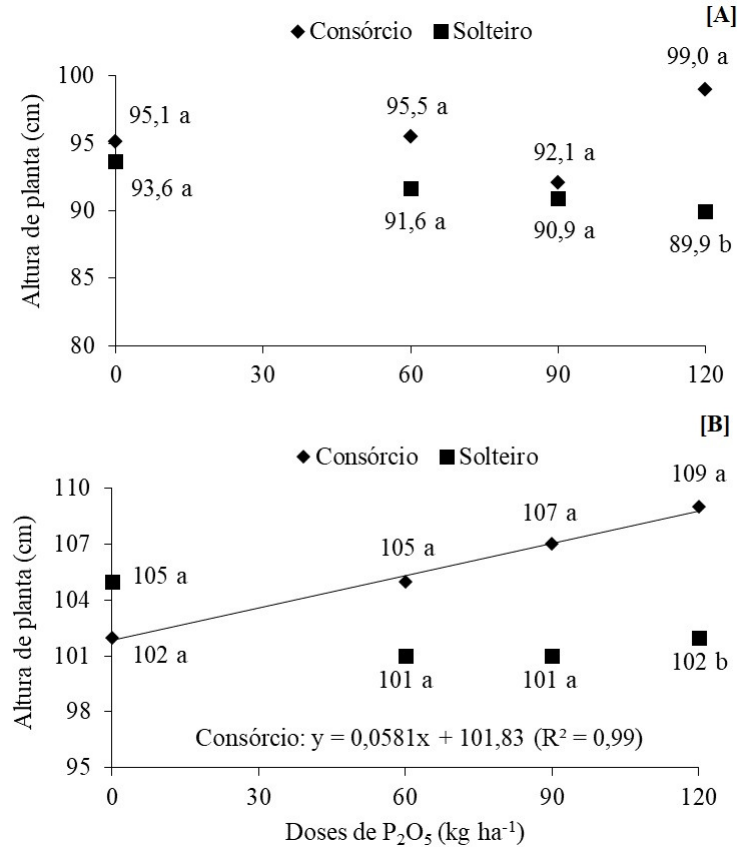


Fonte: elaborado pela própria autora.

Embora no segundo ano de cultivo as médias tenham sido inferiores as da safra 2014/15, esse comportamento da planta não causa problemas a fase de colheita, haja vista que altura mínima ideal para ser colhida pela plataforma de corte das colheitadeiras é de aproximadamente 8 cm.

Na safra 2015/16, para os tratamentos com aplicação de P_2O_5 a lanço a altura das plantas neste segundo ano foi maior do que quando aplicado em sulco, com altura de 106 e 102 cm, respectivamente, diferente do primeiro ano, que a altura das plantas foi estatisticamente igual quanto aos dois modos de aplicação de P_2O_5 . Nas duas safras verificou-se ainda interação entre os sistemas de cultivo e doses, sendo os desdobramentos apresentados na Figura 11.

Figura 11. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e doses de P_2O_5 , para a variável altura de plantas na cultura da soja BRS Valiosa RR, cultivada em sequência ao milho. Selvíria - MS, safra 2014/15 (A) e 2015/16 (B).



Nota: Médias seguidas de mesma letra em cada dose de P_2O_5 não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Fonte: elaborado pela própria autora

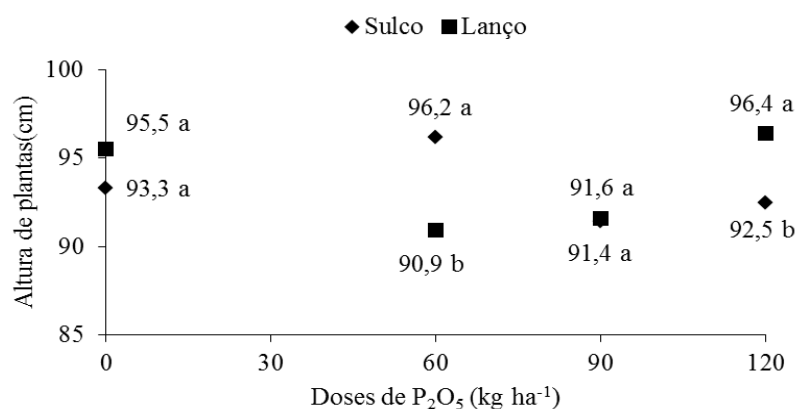
Para o desdobramento dos métodos de cultivo dentro das doses, os resultados foram semelhantes nas duas safras, pois em ambos os tratamentos que receberam adubação no cultivo anterior com 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 no milho consorciado com *U. ruziziensis*, na soja promoveram a maior altura de plantas, chegando a 99 cm no primeiro ano e 109 no segundo. E com o cultivo da soja na área que anteriormente recebeu esta mesma dose, porém com o cultivo do milho solteiro, a altura das plantas foi estatisticamente menor, nos dois anos de cultivo.

Em todas as demais doses de P_2O_5 aplicadas no cultivo antecessor de milho (0, 60 e 90 kg ha⁻¹), seja em sistema consorciado ou solteiro, a soja não apresentou diferença significativa para altura de planta nas duas safras avaliadas. Estes resultados demonstram que, o efeito residual na altura das plantas de soja cultivada na safra de verão, decorrente do residual das

doses de P aplicadas no milho solteiro na safrinha, não difere caso o milho seja semeado em consórcio com a *U. ruziziensis*, a não ser para a dose de 120 kg ha⁻¹, haja visto que nesta última além da mineralização dos nutrientes dos restos de cultura do milho, há também a mineralização dos restos culturais da forrageira.

Ao analisar o desdobramento das doses dentro dos sistemas de cultivo, na soja semeada no segundo ano em área de milho consorciado anteriormente na safrinha, a altura das plantas aumentou linearmente em função do incremento da adubação fosfatada. Ainda na Tabela 7, na soja da safra 2014/2015 verificou-se também interação entre os modos de aplicação e doses de P₂O₅. No desdobramento das doses dentro dos modos de aplicação (Figura 12), não houve ajuste de regressão para o P aplicado no sulco ou a lanço em superfície. E ao analisar os modos de aplicação dentro de cada dose, a maior altura de plantas de soja ocorreu com adubação a lanço na dose de 120 kg ha⁻¹.

Figura 12. Desdobramento da interação entre modos de aplicação e doses de P₂O₅, para a variável altura de plantas na cultura da soja BRS Valiosa RR, cultivada em sequência ao milho. Selvíria MS, 2014/2015.



Nota: Médias seguidas de mesma letra em cada dose de P₂O₅ não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Fonte: elaborado pela própria autora

Na Tabela 8, o número de ramos por planta, tanto no primeiro ano de cultivo quanto no segundo não apresentou nenhuma diferença para os tratamentos testados. Enquanto que para o número de vagens houve interação tripla entre os fatores testados nos dois anos de cultivo da soja.

Tabela 8. Médias dos tratamentos e teste F para o número de ramos por planta, número de vagens por planta e teor de fósforo nos grãos de soja BRS Valiosa RR, em função do efeito residual de sistemas de cultivo, modos de aplicação e doses de P_2O_5 aplicados no cultivo antecessor de milho. Selvíria - MS, safras 2014/15 e 2015/2016.

Tratamentos		Número de ramos por planta		Número de vagens por planta		Teor de P Nos grãos (g kg ⁻¹)	
		-		-			
		2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16
Cultivos (C)	Consorcio	2,1	1,8	80	52	7,8	6,9
	Solteiro	2,3	1,8	72	55	8,0	7,2
Modos (M)	Sulco	2,3	1,8	74	53	7,9	7,1
	Lanço	2,2	1,8	77	54	8,0	7,1
Doses de P_2O_5 (kg ha ⁻¹) (D)	0	2,4	1,7	64	49	7,8	7,0
	60	2,3	1,8	75	58	8,0	7,1
	90	2,2	1,8	81	54	7,9	7,3
	120	2,1	1,8	84	52	8,0	6,9
Teste F							
C		0,58 ns	0,08 ns	7,15 *	2,42 ns	1,70 ns	11,16**
M		0,14 ns	0,12 ns	1,13 ns	0,14 ns	1,22 ns	1,07 ns
D		0,85 ns	0,16 ns	9,18 **	2,92 *	0,87 ns	5,23 **
C*M		2,89 ns	0,00 ns	0,05 ns	0,07 ns	2,73 ns	0,93 ns
C*D		0,50 ns	0,32 ns	2,05 ns	5,05 **	2,83 *	1,17 ns
M*D		0,50 ns	1,48 ns	0,12 ns	0,31 ns	1,82 ns	2,76 ns
C*D*M		2,06 ns	1,41 ns	10,4 **	3,61 *	1,62 ns	3,39 *
DMS		0,3	0,2	5,6	4,52	0,2	0,1
CV (%)		16,28	12,2	14,66	16,7	5,21	4,1

Nota: *, ** e ns são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: elaborado pela própria autora.

Na Tabela 9 é apresentado o desdobramento da interação tripla para o número de vagens por planta na safra 2014/15. Para a soja cultivada após o milho solteiro, o maior número de vagens foi obtido com a dose de 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 aplicado no cultivo anterior, chegando a 107 vagens por planta quando o P foi aplicado a lanço. Este tratamento diferiu estatisticamente quando a mesma dose foi feita no sulco de semeadura, diminuindo para 76 vagens por planta. Ainda na área cultivada com milho solteiro, para as demais doses não houve diferença entre aplicação do fertilizante no sulco ou a lanço, indicando que, para os níveis de fertilidade da área em questão, doses de até 90 kg ha⁻¹ de P_2O_5 podem ser aplicadas tanto no sulco quanto a lanço no milho, que vão promover o mesmo efeito residual para o número de vagens na soja cultivada em sequência.

Ao analisar o desdobramento das doses dentro dos modos de aplicação de P_2O_5 , na área de milho solteiro o número de vagens na soja aumentou linearmente em função da adubação fosfatada a lanço, passando de 69 para 107 vagen por planta. Já para o cultivo consorciado, tanto a aplicação do P no sulco quanto à lanço apresentou ajuste quadrático em função das doses utilizadas.

Tabela 9. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo, modos de aplicação e doses de P_2O_5 para a variável número de vagens por planta na cultivar de soja BRS Valiosa RR, cultivada em sequência ao milho. Selvíria MS, 2014/2015.

Modos de aplicação de P ₂ O ₅	Cultivo solteiro				Ajuste de Regressão	Cultivo consorciado				Ajuste de Regressão
	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)				
	0	60	90	120		0	60	90	120	
Sulco	74 aA	75 aA	82 aA	76 bA	ns	56 aA	63 bA	77 aA	85 aA	L. ⁽²⁾
Lanço	69 aA	70 aB	83 aA	107 aA	L. ⁽¹⁾	59 aA	90 aA	80 aA	67 bB	Q. ⁽³⁾

Nota: ⁽¹⁾ $y = 0,2924x + 62,514$ $R^2 = 0,71$; ⁽²⁾ $y = 0,2441x + 54,085$ $R^2 = 0,93$; ⁽³⁾ $y = -0,0069x^2 + 0,8891x + 59,674$ $R^2 = 0,97$. Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula entre o mesmo tratamento nos dois sistemas de cultivo, não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Fonte: elaborado pela própria autora.

Para o segundo ano da soja (Tabela 10), na área de milho solteiro não houve diferença significativa para o desdobramento dos modos de aplicação dentro das doses, ou seja, no segundo não houve diferença entre aplicação do P a lanço ou no sulco, o número de vagens foi estatisticamente igual em todas as doses. Estes resultados foram semelhantes aos verificados também na área do consórcio do milho com a *U. ruziziensis*, pois com exceção da dose de 120 kg ha⁻¹, também não houve diferença para o número de vagens quando a aplicação foi realizada a lanço ou no sulco.

Com relação ao desdobramento das doses dentro dos modos de aplicação de P, no cultivo solteiro não houve ajuste de regressão para aplicação do fertilizante a lanço, porém quando a adubação foi realizada no sulco, o número de vagens na soja aumentou linearmente de 41 (sem adubação fosfatada) para 58 (com 120 kg ha⁻¹). Na área do consórcio, é importante ressaltar que houve ajuste quadrático para as doses do fertilizante, tanto para adubação no sulco quanto à lanço, evidenciando que no segundo ano a resposta da soja para produção de vagens em decorrente do efeito residual do P, foi similar nos dois modos de adubação.

Tabela 10. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo, modos de aplicação e doses de P_2O_5 para a variável número de vagens por planta na cultivar de soja BRS Valiosa RR, cultivada em sequência ao milho. Selvíria MS, 2015/2016.

Modos de aplicação de P ₂ O ₅	Cultivo solteiro				Ajuste de Regressão	Cultivo consorciado				Ajuste de Regressão
	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)				
	0	60	90	120		0	60	90	120	
Sulco	41 aB	50 aB	56 aA	58 aA	L. ⁽¹⁾	56 aA	66 aA	54 aA	41 bB	Q. ⁽²⁾
Lanço	49 aA	54 aA	52 aA	53 aA	ns	46 aA	67 aA	55 aA	55 aA	Q. ⁽³⁾

Nota: ⁽¹⁾ $y = 0,1476x + 41,286$ $R^2 = 0,98$; ⁽²⁾ $y = y = -0,0045x^2 + 0,402x + 56,282$ $R^2 = 0,97$; ⁽³⁾ $y = -0,0036x^2 + 0,4777x + 46,736$ $R^2 = 0,73$. Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula entre o mesmo tratamento nos dois sistemas de cultivo, não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

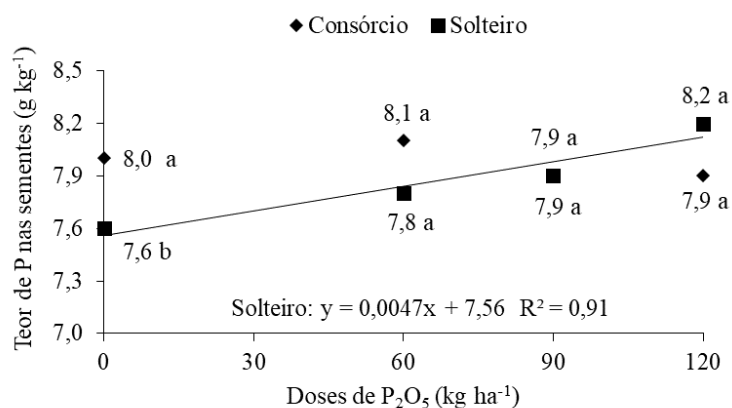
Fonte: elaborado pela própria autora.

Quanto aos resultados do teor de P nas sementes da soja (Tabela 8), trabalhos de pesquisa publicados por Borkert *et al.* (1994) e Magalhães *et al.* (2015) demonstram que estes valores podem variar em função das condições climáticas, genótipo, disponibilidade do nutriente no solo, entre outros. Porém ao analisar diferentes cultivares de soja, os valores médios constatados por ambos os autores foi de aproximadamente 5 kg de P para cada tonelada de sementes, ou 5 g kg⁻¹, e no presente estudo todos os tratamentos apresentaram resultados acima deste, demonstrando que não houve deficiência P para a cultura.

No primeiro ano não houve diferença para o residual do fertilizante aplicado no sulco ou à lanço, indicano que nas duas modalidade o acúmulo do nutriente nas sementes de soja foi igual. Porém, se tratando dos sistemas de cultivo, ocorreu interação destes com as doses utilizadas, sendo o desdobramento apresentado na Figura 13.

Para o desdobramento dos sistemas de cultivo dentro das doses, quando realizou-se adubação fosfata no milho, seja ele consorciado com *U. ruziziensis* ou solteiro, os teores de P nas sementes de soja foram iguais. Por outro lado, na ausência de adubação fosfatada as sementes de soja cultivada na área do milho consorciado apresentaram teores de P maiores, devido ao residual deste nutriente proveniente da fitomassa da *U. ruziziensis*.

Figura 13. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e doses de P_2O_5 , para o teor de P nas sementes da cultivar de soja BRS Valiosa RR, cultivada em sequência ao milho. Selvíria MS, 2014/2015.



Nota: Médias seguidas de mesma letra em cada dose de P_2O_5 não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Fonte: elaborado pela própria autora.

Já no desdobramento das doses dentro dos sistemas de cultivo (Figura 13), ocorreu aumento linear dos teores de P em função da adubação fosfatada no cultivo anterior de milho solteiro, chegando a $8,2 \text{ g kg}^{-1}$ na dose de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Já para a soja conduzida em área de milho consorciado, não houve ajuste de regressão. Esta diferença para os dois sistemas de cultivo ocorreu porque ao aplicar P no milho solteiro, a cultura conseguiu absorver uma maior quantidade do nutriente proporcionando uma exportação pelos grãos mais elevada, e por isso, nas doses mais baixas de P_2O_5 o efeito residual foi menor, aumentando nas doses mais elevadas, o que proporcionou incremento linear de P na semente de soja.

Na área de milho consorciado, mesmo com ausência de adubação fosfatada (dose de 0 kg ha^{-1}) ocorreu efeito residual considerável, por conta do P que a *U. ruziziensis* reciclou do solo e disponibilizou à soja cultivada em seguida. Ainda analisando a Tabela 8, na safra 2015/16 houve interação entre os três fatores testados, onde o desdobramento é apresentado na Tabela 11.

Ao analisar o desdobramento dos modos de aplicação dentro das doses, neste segundo ano de cultivo o residual da adubação fosfatada não diferiu entre aplicação a lanço ou no sulco, tanto para a área de cultivo solteiro quanto consorciado. Já quanto à diferença entre os sistemas de cultivo, o efeito residual na dose de 60 kg ha^{-1} aplicado no sulco em sistema consorciado foi maior do a mesma dose quando aplicado no cultivo solteiro. E analisando-se o desdobramento das doses dentro dos modos de aplicação, houve ajuste de regressão apenas para aplicação do fertilizante no sulco em cultivo consorciado, onde a dose de 81 kg ha^{-1} de P_2O_5 proporcionou o acúmulo de $7,8 \text{ g kg}^{-1}$ de P nas sementes de soja.

Tabela 11. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo, modos de aplicação e doses de P_2O_5 para a variável teor de P nos grãos da cultivar de soja BRS Valiosa RR, cultivada em sequência ao milho. Selvíria MS, 2015/2016.

Modos de aplicação de P ₂ O ₅	Cultivo solteiro				Ajuste de Regressão	Cultivo consorciado				Ajuste de Regressão
	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)				
	0	60	90	120		0	60	90	120	
Sulco	6,9 aA	6,9 aB	7,1 aA	6,9 aA	ns	7,1 aA	7,7 aA	7,2 bA	7,0 aA	Q. ⁽¹⁾
Lanço	6,9 aA	7,0 aA	7,1 aB	6,7 aA	ns	7,0 aA	7,0 bA	7,7 aA	6,8 aA	ns

Nota: ⁽¹⁾ $y = -0,0001x^2 + 0,0163x + 7,1227$ $R^2 = 0,80$. Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula entre o mesmo tratamento nos dois sistemas de cultivo, não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Fonte: elaborado pela própria autora.

Na Tabela 12 tem-se os resultados para teor de fitato das sementes, massa de 100 grãos e produtividade de grãos. O fitato representa a principal forma de armazenamento de P durante o desenvolvimento dos grãos de soja, sendo que aproximadamente 70% da reserva de fosfato é composto pelo ácido fítico (TORRES *et al.*, 1991), sendo o restante na forma celular compondo as membranas celulares, DNA, RNA, entre outros, além do P inorgânico (RABOY, 2009).

Analisando-se o teor deste composto nas sementes, nas duas safras não houve interação entre os fatores testados, nem efeito isolado para os sistemas de cultivo ou modos de aplicação de P_2O_5 . O valor médio de fitato encontrado neste estudo foi de 1,05 mg g⁻¹, no primeiro ano e de 1,10 no segundo, ficando abaixo do que foi encontrado por Souza (2015) que foi de 2,5 mg g⁻¹. Porém, o autor realizou adubação com 75 kg ha⁻¹ de P_2O_5 na semeadura da cultura, enquanto que no presente trabalho o suprimento de P para a soja foi apenas o residual da adubação fosfatada do milho antecessor, o que justifica os valores mais baixos. Mesmo assim, ocorreu efeito isolado para as doses testadas.

Tabela 12. Médias dos tratamentos e teste F para o teor de fitato nos grãos, massa de 100 grãos e produtividade de grãos na soja, cultivar BRS Valiosa RR, em função do efeito residual de sistemas de cultivo, modos de aplicação e doses de P_2O_5 aplicados no cultivo antecessor de milho. Selvíria - MS, safras 2014/15 e 2015/2016.

Tratamentos		Teor de fitato nos grãos de soja		Massa de 100 grãos		Produtividade de grãos	
		(mg g ⁻¹)		(g)		(kg ha ⁻¹)	
		2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16
Cultivos (C)	Consorcio	1,01	1,11	18,6	15,6	3.346	3.213
	Solteiro	1,09	1,09	18,4	15,3	3.237	3.150
Modos (M)	Sulco	1,06	1,11	18,7	15,7 a	3.408	3.322
	Lanço	1,04	1,09	18,3	15,2 b	3.175	3.042
Doses de P_2O_5 (kg ha ⁻¹) (D)	0	0,80	0,86	18,5	15,3	3.123	2.965
	60	0,98	0,96	18,7	15,3	3.239	3.139
	90	1,15	1,18	18,4	15,8	3.282	3.325
	120	1,26	1,40	18,4	15,5	3.524	3.300
Teste F							
C		4,03 ^{ns}	0,14 ^{ns}	1,00 ns	3,15 ^{ns}	1,23 ns	0,50 ns
M		0,22 ^{ns}	0,28 ^{ns}	4,67 *	5,87*	5,64 *	9,99 **
D		24,28**	27,77**	0,38 ns	1,69 ^{ns}	2,95 *	1,17 ns
C*M		0,01 ^{ns}	0,59 ^{ns}	4,75 *	0,02 ^{ns}	0,54 ns	2,54 ns
C*D		1,70 ^{ns}	2,10 ^{ns}	0,12 ns	0,79 ^{ns}	8,73 **	1,83 ns
M*D		0,78 ^{ns}	2,81 ^{ns}	0,03 ns	1,83 ^{ns}	2,67 *	3,10 *
C*D*M		2,03 ^{ns}	2,33 ^{ns}	0,57 ns	1,13 ^{ns}	0,70 ns	0,75 ns
DMS		0,08	0,09	0,4	0,3	197	177
CV (%)		13,2	14,4	4,4	5,3	11,9	11,1

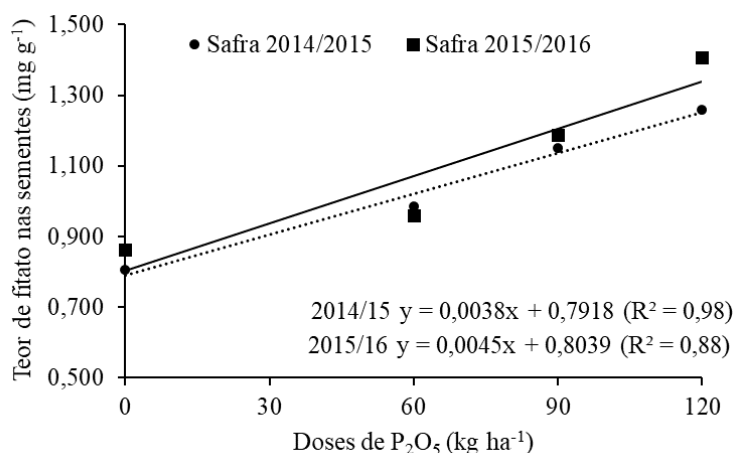
Nota: *, ** e ns são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: elaborado pela própria autora.

A Figura 14 apresentou a análise de regressão para o teor de fitato nas sementes de soja, demonstrando que na primeira safra ocorreu aumento linear em função do residual da adubação fosfatada, na ordem de 0,46 mg g⁻¹ comparando-se a dose de 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 com o tratamento sem P. No segundo ano de cultivo também houve aumento linear do teor de fitato, chegando a 1,40 mg g⁻¹, sendo 0,14 mg g⁻¹ a mais que o ano anterior.

Tendo em vista que o fitato é uma importante reserva de P para as sementes e grãos da cultura, suprimindo-a com este nutriente na germinação, estes resultados demonstram o quanto a adubação fosfatada pode interferir no vigor e germinação das sementes, sendo duas características fundamentais para o estabelecimento das plantas no campo.

Figura 14. Análise de regressão para o teor de fitato nas sementes de soja, cultivar BRS Valiosa RR, cultivada em sequência ao milho. Selvíria MS, safras 2014/2015 e 2015/2016.



Fonte: elaborado pela própria autora.

Analisando os resultados para a massa de 100 grãos, nos dois experimentos ocorreu diferença significativa par os modos de aplicação de P, onde o fertilizante aplicado no sulco proporcionou maior efeito residual para a massa de grãos da soja. Além disso, no primeiro ano houve interação entre os sistemas de cultivo e modos de aplicação de P₂O₅, com o desdobramento apresentado na Tabela 13.

Tabela 13. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e modos de aplicação de P₂O₅, para a variável massa de 100 grãos na cultivar de soja BRS Valiosa RR, cultivada em sequência ao milho. Selvíria MS, 2014/2015.

Modos de aplicação de P ₂ O ₅	Sistemas de cultivo	
	Consortiado	Solteiro
	----- (g) -----	
Lanço	18,4 aA	18,1 bA
Sulco	18,4 aB	19,0 aA

Nota: DMS= 0,5. Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Fonte: elaborado pela própria autora.

No desdobramento dos sistemas de cultivo dentro dos modos de aplicação, quando a soja foi semeada em área de milho consorciado com *U. ruziziensis*, a massa de grãos da soja foi idêntica tanto para o adubação fosfatada lanço quanto no sulco, provavelmente devido às vantagens que o sistema de integração promoveu quanto à reciclagem do P no cultivo antecessor, não sendo prejudicado mesmo quando o fertilizante foi aplicado a lanço neste

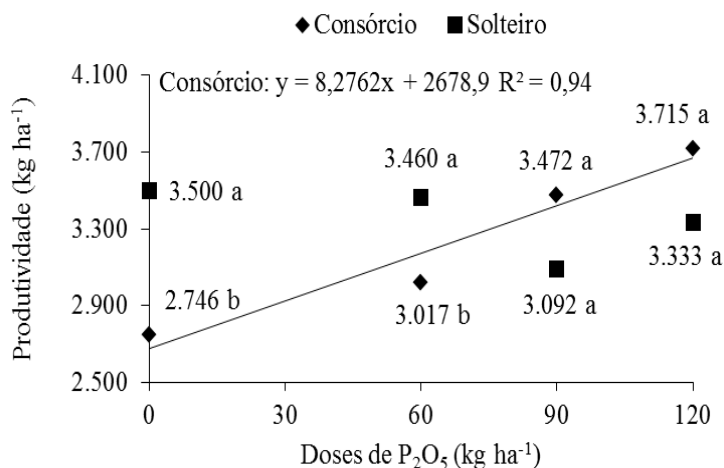
primeiro ano. Em contrapartida, com cultivo da soja em área de milho solteiro, a massa de 100 grãos foi estatisticamente maior com a aplicação do P no sulco de semeadura, chegando a 19 g.

Com o desdobramento dos modos de aplicação dentro dos sistemas de cultivo, observou-se que quando a adubação fosfatada foi realizada a lanço, não houve diferença quanto ao sistema de cultivo consorciado ou solteiro. Porém, na ocasião da aplicação do fertilizante no sulco de semeadura, a soja cultivada em área de milho solteiro obteve a maior massa de grãos, com 19 g.

Para a produtividade de grãos (Tabela 12), a média alcançada na safra 2014/2015 foi de 3.291 kg ha⁻¹, e cerca de 3.182 kg ha⁻¹ em 2015/2016, estando acima da média nacional e do estado nos dois anos de produção (2.999 kg ha⁻¹ de média nacional e 3.120 kg ha⁻¹ no estado de MS no primeiro ano, e 2.870 kg ha⁻¹ de média nacional com 2.980 para o MS no segundo ano). Os resultados demonstraram que a adubação fosfatada no sulco proporcionou maior efeito residual, respondendo significativamente na produtividade de grãos da soja, chegando a 3.408 kg ha⁻¹ na primeira safra, cerca de 233 kg a mais que na adubação a lanço, e 3.322 kg ha⁻¹ na segunda safra, com aumento de 280 kg em relação à adubação a lanço, semelhante à primeira.

Quanto às interações entre os fatores testados, no primeiro experimento ocorreu interação entre os sistemas de cultivo e doses de P₂O₅. Pelo resultado do desdobramento (Figura 15) a produtividade da soja nas áreas sem adubação fosfatada e com 60 kg ha⁻¹ foi maior onde o milho anteriormente era cultivado solteiro. Já para as doses de 90 e 120 kg, as áreas de cultivo consorciado promoveram maiores produtividades. Analisando-se o desdobramento das doses dentro dos métodos de cultivo, percebe-se que a produtividade de grãos aumentou linearmente após o cultivo consorciado de milho com *U. ruziziensis*, chegando à maior produtividade (3.715 kg ha⁻¹) com 120 kg ha⁻¹.

Figura 15. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e doses de P_2O_5 , para a variável produtividade de grãos na cultura da soja BRS Valiosa RR, cultivada em sequência ao milho. Selvíria MS, 2014/2015.



Nota: Médias seguidas de mesma letra em cada dose de P_2O_5 não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Fonte: elaborado pela própria autora.

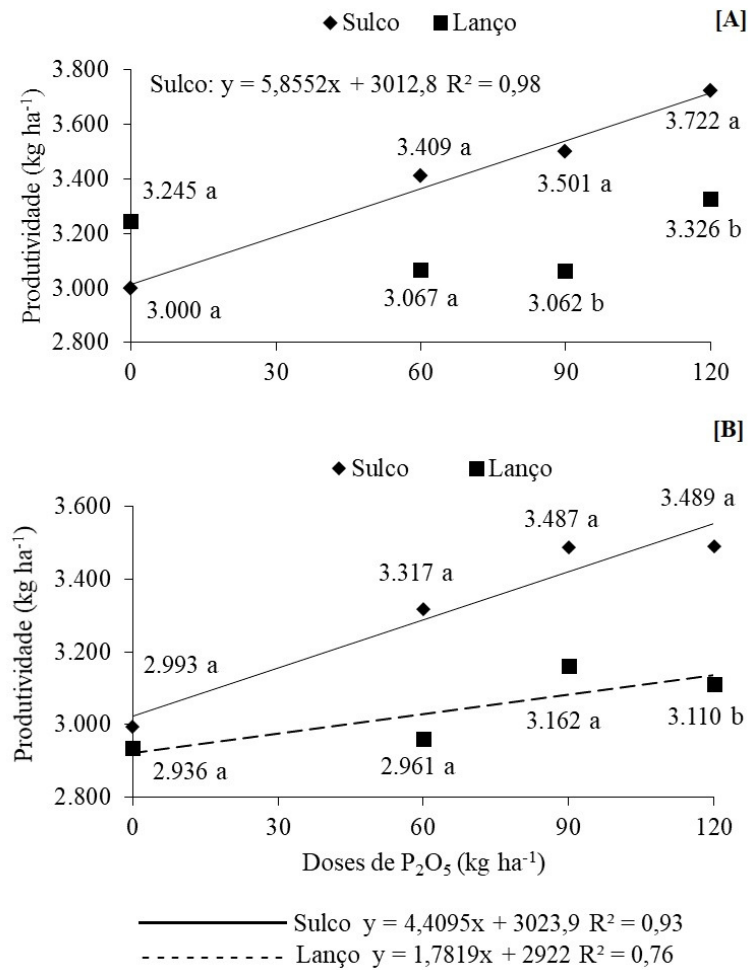
Também foi possível observar na Tabela 12 que houve interação entre os modos de aplicação e doses de P_2O_5 para os dois anos de cultivo da soja. Na primeira safra (Figura 16 A), no desdobramento dos modos dentro das doses foi visto que aplicando-se 90 e 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 no milho, o efeito residual para a soja será maior quando a adubação fosfatada tiver sido no sulco de semeadura. Este comportamento ocorreu devido ao P remanescente no solo estar em profundidade e mais próximo do sistema radicular da cultura. Assim, as duas doses mais elevadas proporcionaram aumento significativo de produtividade em relação à aplicação do fertilizante a lanço.

Para o desdobramento das doses dentro dos modos de aplicação, com aplicação do P no sulco a produtividade de grãos da soja aumentou linearmente chegando a 3.722 kg ha⁻¹, cerca de 722 kg a mais do que nas parcelas que não foram adubadas com P no cultivo do milho.

Com relação ao segundo ano de cultivo (Figura 16 B), os resultados evidenciaram que na dose de 120 kg ha⁻¹, a adubação em sulco continuou proporcionando as produtividades mais elevadas com 3.489 kg ha⁻¹, contra 3.110 kg ha⁻¹ proveniente do efeito da aplicação a lanço. Tais resultados demonstram que quanto maior a dose de P aplicada, o aproveitamento do residual deste nutriente aplicado no sulco de semeadura é comprovadamente maior. Na

ausência da adubação fosfatada e com aplicação de 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 , a produtividade foi estatisticamente idêntica igual com o P aplicado a lanço ou no sulco de semeadura.

Figura 16. Desdobramento da interação entre modos de aplicação e doses de P_2O_5 , para a variável produtividade de grãos na cultura da soja BRS Valiosa RR, cultivada em sequência ao milho. Selvíria MS, 2014/2015 (A) e 2015/2016 (B).



Nota: Médias seguidas de mesma letra em cada dose de P_2O_5 não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Fonte: elaborado pela própria autora.

Ainda no segundo ano da soja, pelo desdobramento das doses dentro dos modos de aplicação constatou-se o aumento linear tanto para adubação fosfatada a lanço quanto no sulco de semeadura. Com isso, é possível afirmar que a adubação fosfatada no milho proporcionou efeito residual na cultura da soja cultivada em sequência, evidenciado pelo aumento de produtividade de acordo com as doses testadas. Nos estudos desenvolvidos por Haas *et al.* (2017), os autores realizaram adubação fosfatada apenas na soja ou apenas no

milho safrinha (em cultivo solteiro), no sulco ou a lanço, e concluíram que o efeito residual foi igual entre os modos de aplicação do fertilizante para a cultura semeada em sucessão. Entretanto, este comportamento ocorre apenas em solo de média fertilidade.

5 CONCLUSÕES

A produtividade do milho aumenta linearmente em função das doses de P_2O_5 até 120 kg ha⁻¹, e quando a adubação fosfatada é realizada no sulco de semeadura, a produtividade é idêntica tanto no milho consorciado com *U. ruziziensis* quanto solteiro.

Entretanto, no milho semeado em consórcio, a adubação com P deve ser feita no sulco, pois a lanço ocorreu redução na produtividade.

A adubação fosfatada no milho solteiro promove maior efeito residual para a soja quando aplicada no sulco de semeadura, aumentando o teor do nutriente nos grãos e sementes, além de aumentar linearmente o teor de fitato e a produtividade de grãos da cultura.

REFERENCIAS

- ALMEIDA, M. V.; SILVA, A. D.; SOUZA, M. V. N.; BENÍCIO, A. A. A cascata dos fosfoinositídeos. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 105-111, 2003.
- ANDREOTTI, M.; ARALDI, M.; GUIMARÃES, V. F.; JUNIOR, E. F.; BUZETTI, S. Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 109-115, 2008.
- AQUINO, L. A.; AQUINO, R. F. B. A.; SILVA, T. C.; SANTOS, D. F.; BERGER, P. G. Aplicação do fósforo e da irrigação na absorção e exportação de nutrientes pelo algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 355-361, 2012.
- AQUINO, L. A. BERGER, P. G.; OLIVEIRA, R. A.; NEVES, J. C. L.; LIMA, T. C.; BATISTA, C. H. Parcelamento do fertilizante fosfatado no algodoeiro em sistema de cultivo irrigado e de sequeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 463-470, 2011.
- ANGHINONI, I. Uso de fósforo pelo milho afetado pela fração de solo fertilizada com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 16, n. 3, p. 349-353, 1992.
- ARAÚJO, L. S.; SILVA, L. G. B.; SILVEIRA, P. M.; RODRIGUES, F.; LIMA, M. L. P.; CUNHA, P. C. R. Desempenho agrônomo de híbridos de milho na região sudeste de Goiás. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 10, n. 4, p. 334-341, 2016.
- BAYER, J.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 308-352.
- BARBOSA, N. C. et al. Distribuição vertical do fósforo no solo em função dos modos de aplicação. **Bioscience Journal**, Darmstadt, v. 31, n. 1, p. 87-95, 2015.
- BARDUCCI, R. S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PUTAROV, T. C.; ARTI, L. M. N.; Produção de *Brachiaria Brizantha* e *Panicum Maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Revista Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 222, p. 211-222, 2009.
- BARROS, H.B.; SEDIYAMA, T. Luz, umidade e temperatura. In: SEDIYAMA, T. (ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenaz, 2009. p. 17-27.
- BEZERRA, A. R. G.; SEDIYAMA, T.; BORÉM, A.; SOARES, M. M. Importância econômica. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. (ed.). **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2015. p. 9-26.

BOARETTO, A. E.; RAIJ, B. Van.; SILVA, F. C.; CHITOLINA, J. C.; TEDESCO, M. J.; CARMO, C. A. F. S. Amostragem, acondicionamento e preparo de amostras de plantas para análise química. In: SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS/ CNPS, 2009. 627 p.

BORGHI, E.; COSTA, N. V.; CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P. Influência da distribuição espacial do milho e da *Brachiaria brizantha* consorciados sobre população de plantas daninhas em sistema plantio direto na palha. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 559-568, 2008.

BORKER, C. M.; YORINORI, J. T.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; SFREDO, G. J. **Seja doutor da sua soja**. Londrina: Potafos, n. 66, 1994, 17p. (Arquivo do Agrônomo – nº 5). Disponível em: [http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/1A183CA9FE55F39883257AA0003B5C23/\\$FILE/Seja%20Soja.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/1A183CA9FE55F39883257AA0003B5C23/$FILE/Seja%20Soja.pdf). Acesso em: 28 dez. 2011.

CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; SOUZA, E. D.; SULC, R. M.; LANG, C. R.; FLORES, J. P. C.; LOPES, M. L. T.; SILVA, J. L. S.; CONTE, O.; WESP, C. L.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R. S.; BAYER, C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, New York, v. 88, n. 2, p. 259-273, 2010.

CHERYAN, M. Phytic acid interactions in food systems. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, Flórida, v. 13, n. 4, p. 297-335, 1980.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: décimo segundo levantamento**. 2018. Brasília: Conab, v. 5, n. 12, 155 p. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 01 nov 2018.

CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 5, p. 777-788, 2005.

CORREIA, N. M.; LEITE, M. B.; FUZITA, W. E. Consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis* e os efeitos na cultura da soja em rotação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 65-76, 2013.

CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; NASCENTE, A. S.; MARTINS, P. O.; BORGHI, E.; PARIZ, C. M. An innovative crop-forage intercrop system: early cycle soybean cultivars and palisadegrass. **Agronomy Journal**, Madison, v. 104, n. 4, p. 1085-1095, 2012.

CRUZ, J.C.; ALVARENGA, R.C.; VIANA, J. H. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; SANTANA, D. P. **Milho: plantio direto**. Brasília, DF: Agência Embrapa de Informação Tecnológica (Ageitec), 2011. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_59200523355.html>. Acesso em : 20 maio 2016.

DALL'AGNOL, A. **A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições.** Brasília, DF, Embrapa, 2016. 72 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Sistema de produção: tecnologia de produção de soja - Região Central do Brasil 2012 e 2013.** Londrina: EMBRAPA/CNPS, 2011. 261 p.

ENSINAS, S. C.; MARCHETTI, M. E.; PRADO, E. A. A.; GITTI, D. C.; SERRA, A. P. Produção de matéria seca de diferentes culturas de cobertura e consórcios com potencial de uso em Sistema Plantio Direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 14., Bonito. **Anais [...]** Bonito: [s. n.], 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FARDEAU, J. C. Dynamics of phosphate in soils: na isotopic outlook. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v. 45, p. 91-100, 1996.

FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. Cultivo consorciado de milho para silagem com *Brachiaria brizantha* no sistema de plantio convencional. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 635-644, 2005.

GOEDERT, W.; LOBATO, E. Avaliação agronômica de fosfatos em solos de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 8, n. 1, p. 97-102, 1984.

GOEDERT, W. J.; OLIVEIRA, S. A. Fertilidade do solo e sustentabilidade da atividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVARES V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do solo.** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

HAAS, P.; DUARTE, A. P.; KAPPES, C. Adubação fosfatada residual em milho safrinha. In: Seminário Nacional de Milho Safrinha, Cuiabá. In: SEMINÁRIO NACIONAL MILHO SAFRINHA, 14., 2017, [S. l.]. **Anais [...]** [S. l.: s. n.], 2017.

HANASHIRO, R. K.; MINGOTTE, F. L. C.; FORNASIERI FILHO, D. Desempenho fenológico, morfológico e agrônomo de cultivares de milho em Jaboticabal-SP. **Científica**, Jaboticabal, v. 41, n.2, p. 226-234, 2013.

HYMOWITZ, T. On The domestication of the soybean. **Economic Botany**, New York, v. 24, p. 408-421, 1970.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SILVA, A. F.; SILVA, L. L.; FERREIRA, L. R.; VIVIAN, R. Efeitos de herbicidas no controle de plantas daninhas, crescimento e produção de milho e *Brachiaria brizantha* em consórcio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 53-60, 2006.

LATTA, M.; ESKIN, M. A simple method for phytate determination. **Journal Agriculture Food Chemistry**, Davis, v. 28, n. 6, p. 1313-1315, 1980.

KAPPES, C.; ZANCANARO, L. Sistemas de consórcios de braquiária e de crotalárias com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 2, p. 219-234, 2015.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.185-223,

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AINDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P.; COSTA, J. L. S.; SILVA, J. G.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. O.; MAGNABOSCO, C. U. **Sistema Santa Fé - tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. (Circular técnica, 38).

KURIHARA, C. H.; HERNANI, L. C. **Adubação antecipada da soja em plantio direto requer observação de alguns critérios**. [S. l.], 2011. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2011_3/AdubacaoAntecipada/index.htm. Acesso em: 5 jun. 2014.

LEI, X. G.; PORRES, J. M. Phytase enzymology, applications, and biotechnology. **Biotechnology Letters**, Dordrecht, v. 25, n. 21, p. 1787-1794, 2003.

MACHADO, M. I. C. S.; BRAUNER, J. L.; VIANA, A. C. T. Formas de fósforo na camada arável de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 17, n. 3, p. 331-336, 1993.

MAGALHÃES, W. A.; MEGAIOLI, T. G.; FREDDI, O. S.; SANTOS, M. A. Quantificação de nutrientes em sementes de soja. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v. 13, n. 2, p. 95-100, 2015.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: Agronômica Ceres adubos e adubação**. 3 ed. São Paulo, 1981. 596 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

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**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 493-501, 2006.

MELLO, L. M. M.; YANO, E. H.; NARIMATSU, K. C. P.; TAKAHASHI, C. M.; BORGHI, E. Integração agricultura-pecuária em plantio direto: produção de forragem e resíduo de palha após pastejo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 121-129, 2004.

MERLIN, A. **Disponibilidade de fósforo para a soja cultivada sobre braquiária**. 2008, 95 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2008.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELO, W. J. Análise química de tecidos vegetais. In: SILVA, F. C. (ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS/ CNPS, 2009. 627 p.

MOTOMIYA, W. R.; FABRÍCIO, C. F.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C.; ROBAINA, A. D.; NOVELINO, J. O. Métodos de aplicação de fosfato na soja em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 4, p. 307-312, 2004.

MÔRO, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. Importância e usos do milho no Brasil. In: BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. (ed.). **Milho: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017. p. 9-24.

NASCENTE, A. S.; CRUSCIOL, C. A. C. Cover crops and herbicide timing management on soybean yield under no-tillage system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 2, p. 187-192, 2012.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e na planta em condições tropicais**. Viçosa, DF: UFV, 1999. 399 p.

NUNES, R. S.; SOUSA, D. M. G.; GOEDERT, W. J.; VIVALDI, L. J. Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 877-888, 2011.

OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. **Fertilidade do solo no sistema plantio direto. Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 2, p. 393-486, 2002.

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 9, p. 1228-1236, 2013.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; COBUCCI, T.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 1, p. 17-25, 2011.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 875-882, 2011.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A.; BERGAMASHINE, A. F.; BUZETTI, S.; CHIODEROLI, C. A. Desempenhos técnicos e econômicos da consorciação de milho com forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* em sistema de integração lavourapecuária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 360-370, 2009.

PARTENIANI, E.E.; CAMPOS, M.S. Melhoramento de milho. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. p. 491-552.

PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A. Fósforo e potássio na sucessão trigo/milho: épocas e formas de aplicação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1779-1784, 2004.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A.; MERLIN, A. Extratos de plantas e sua influência no fósforo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Anais** [...] Recife: [s. n.], 2005.

RABOY, V. Approaches and challenges to engineering seed phytate and total phosphorus. **Plant Science**, Shannon, v. 177, n. 4, p. 281-296, 2009.

RABOY, V.; YOUNG, K. A.; DORSCH, J. A.; COOK, A. Genetics and breeding of seed phosphorus and phytic acid. **Journal of Plant Physiology**, Nova York, v. 158, n. 4, p. 489-497, 2001.

RAIJ, B. Van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 284 p.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. 285 p. (Boletim técnico, 100)

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres; Potafós, 1991, 343 p.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

REDDY, N. R.; PIERSON, M. D.; SATHE, S. K.; SALUNKHE, D. K. **Phytates in cereals and legumes**. Boca Raton: CRC Press, 1989.

RESENDE, A. V. R.; FURTINI NETO, A. E.; ALVES, V. M. C.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARA, D. I.; ZILTON, J.; SANTOS, L.; CARNEIRO, L. F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 453-466, 2006a.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; ALVES, V. M. C.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; LAGO, F. J. Resposta do milho a fontes e modos de aplicação de fósforo durante três cultivos sucessivos em solo da região do cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 458-466, 2006b.

RICHART, A. et al. Desempenho do milho safrinha e da *Brachiaria ruziziensis* cv. Comum em consórcio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 4, p. 497-502, 2010.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de Koppen e Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007.

SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M.; MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T.; BALBINO, L. C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 1, p. 115-122, 2008.

SANTOS, J. Z. L.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; CURTI, N.; CARNEIRO, L. F.; COSTA, S. E. V. G. A. Frações de fósforo em solo adubado com fosfatos em diferentes modos de aplicação e cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 705-714, 2008.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; BARROS, H.B. Cultivares. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologia de produção e usos da soja**. Londrina: Mecnas, 2009. p. 77-91.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. Melhoramento da soja. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. p. 551-603.

SICHOCKI, D.; GOTT, R. M.; FUGA, C. A. G.; AQUINO, L. A.; RUAS, R. A. A.; NUNES, P. H. M. P. Resposta do milho safrinha à doses de nitrogênio e de fósforo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 1, p. 48-58, 2014.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235 p.

SILVA, G. F.; OLIVEIRA, F. H. T.; PEREIRA, R. G.; SILVA, S. L.; DIÓGENES, T. B. A. SILVA, A. R. C. Doses de nitrogênio e fósforo para produção econômica de milho na Chapada do Apodi, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1247-1254, 2014.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado**. Piracicaba, Potafos, 2003. 16 p. (Informações Agronômicas, 102).

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, São Pedro. **Anais** [...] Piracicaba: Potafós, 2004. p. 157-200.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

SOUZA, L. S. **Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo**. 1992. 162 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1992.

SOUZA, M. F. P. **Modos de aplicação de manganês e zinco em dois cultivares de soja**. 2015. 117 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2015.

TEIXEIRA, R. B. O.; ROQUE, C. G.; LEAL, A. J. F.; MINOTTO, V. A.; FREITAS, U. C. Formas de aplicação da adubação fosfatada na cultura da soja em semeadura direta. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 11, n. 1, p. 9-15, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ArtMed, 2004. 719 p.

TORRE, M.; RODRIGUEZ, A. R.; SAURA-CALIXTO, F. Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 1, n. 1, p. 1-22, 1991.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011.

VELOSO, C. A. C.; FRANZINI, V. I.; SILVA, A. R. B.; SILVA, A. R. Resposta do milho à adubação fosfatada em um Latossolo amarelo do Estado do Pará. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, Brasília, DF, v. 1, p. 1-15, 2012.

APÊNDICE A - Imagens dos experimentos durante o ciclo de desenvolvimento das culturas

Figura 1 - Milho em consórcio com a *U. ruziziensis* (09 DAS). Selvíria – MS, Brasil (2014).



Fonte: acervo pessoal da autora.

Figura 2 - Milho solteiro (09 DAS). Selvíria – MS, Brasil (2014).



Fonte: acervo pessoal da autora.

Figura 3 - Milho em consórcio com a *U. ruziziensis* (28 DAS). Selvíria – MS, Brasil (2014).



Fonte: acervo pessoal da autora.

Figura 4 - Milho solteiro (28 DAS). Selvíria – MS, Brasil (2014).



Fonte: acervo pessoal da autora.

Figura 5 - Milho em consórcio com a *U. ruziziensis* (74 DAS). Selvíria – MS, Brasil (2014).



Fonte: acervo pessoal da autora.

Figura 6 - Milho solteiro (74 DAS). Selvíria – MS, Brasil (2014).



Fonte: acervo pessoal da autora.

Figura 7 – Semeadura da *U. ruziziensis*. Selvíria – MS, Brasil (2015).



Fonte: acervo pessoal da autora.

Figura 8 – Semeadura do milho consorciado com a braquiária. Selvíria – MS, Brasil (2015).



Fonte: acervo pessoal da autora.

Figura 09 – Milho consorciado com a *U. ruziziensis* (101 DAS). Selvíria – MS, Brasil (2015).



Fonte: acervo pessoal da autora.

Figura 10 – Milho consorciado com a *U. ruziziensis* (101 DAS). Selvíria – MS, Brasil (2015).



Fonte: acervo pessoal da autora.

Figura 11 – Milho solteiro (101 DAS). Selvíria – MS, Brasil (2015).



Fonte: acervo pessoal da autora.

Figura 12 – Milho consorciado com a *U. ruziziensis* (136 DAS). Selvíria – MS, Brasil (2015).



Fonte: acervo pessoal da autora.

Figura 13 – Soja sobre palhada de milho consorciado (06 DAS). Selvíria – MS, Brasil (2014/2015).



Fonte: acervo pessoal da autora.

Figura 14 – Soja sobre palhada de milho solteiro (06 DAS). Selvíria – MS, Brasil (2014/2015).



Fonte: acervo pessoal da autora.

Figura 15 – Soja sobre palhada de milho consorciado (42 DAS). Selvíria – MS, Brasil (2014/2015).



Fonte: acervo pessoal da autora.

Figura 16 – Soja sobre palhada de milho consorciado e solteiro (42 DAS). Selvíria – MS, Brasil (2014/2015).



Fonte: acervo pessoal da autora.

Figura 17 – Soja sobre palhada de milho consorciado (92 DAS). Selvíria – MS, Brasil (2014/2015).



Fonte: acervo pessoal da autora.

Figura 18 – Semeadura da soja sobre palhada de milho consorciado. Selvíria – MS, Brasil (2015/2016).



Fonte: acervo pessoal da autora.

Figura 19 – Colheita da soja (123 DAS). Selvíria – MS, Brasil (2015/2016).



Fonte: acervo pessoal da autora.