



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE ENGENHARIA – CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**MANEJO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA DA AVEIA PRETA E DO CONSÓRCIO
MILHO/CAPIM MARANDU COM INOCULAÇÃO POR *Azospirillum brasilense* EM
SISTEMA PLANTIO DIRETO**

LOURDES DICKMANN

Engenheira Agrônoma

Ilha Solteira – SP

Fevereiro de 2015



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE ENGENHARIA – CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**MANEJO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA DA AVEIA PRETA E DO CONSÓRCIO
MILHO/CAPIM MARANDU COM INOCULAÇÃO POR *Azospirillum brasilense* EM
SISTEMA PLANTIO DIRETO**

LOURDES DICKMANN

Orientador: **Prof. Dr. Marcelo Andreotti**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia – UNESP – Campus de Ilha Solteira, para obtenção de Mestre em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha Solteira – SP

Fevereiro de 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Dickmann, Lourdes .

D553m Manejo da adubação fosfatada da aveia preta e do consórcio milho/capim marandu com inoculação por *Azospirillum brasilense* em sistema plantio direto / Lourdes Dickmann. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2015
86 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de Conhecimento: Sistemas de Produção, 2015

Orientador: Marcelo Andreotti
Inclui bibliografia

1. *Zea mays*. 2. *Urochloa brizantha*. 3. *Avena strigosa*. 4. *Phaseolus vulgaris*.
5. Integração lavoura-pecuária.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Manejo da adubação fosfatada da aveia preta e do consórcio milho/capim mandarim com inoculação por *Azospirillum brasilense* em sistema plantio direto

AUTORA: LOURDES DICKMANN

ORIENTADOR: Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI

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

Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA

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

Prof. Dr. MARCO ANTONIO CAMILLO DE CARVALHO

Departamento de Agronomia / Universidade do Estado de Mato Grosso

Data da realização: 26 de fevereiro de 2015.

DEDICATÓRIA

A Deus

Meu sonho mais ousado ainda era pequeno comparado ao que Deus tinha para mim. Por isso me fez continuar, mesmo quando achei que não podia mais....

Dedico

Ao meu pai Silvestre Dickmann, o mais sábio dos homens, e a minha mãe Inês Moser Dickmann, com quem aprendi a ser guerreira.

Por saber dos meus sonhos sempre acreditaram em meu potencial e estiveram ao meu lado dando-me apoio incondicional, desde o primeiro ano escolar ao me acordar pela manhã aos incentivos em todos os sentidos para que sempre pudéssemos estudar e sermos pessoas de bem.

Ao ingressar na pós-graduação, não me deixaram desistir, mesmo sabendo que iria ficar longe da família, o que para muitos parece fácil a mim foi quase impossível estar distante de todos. Assim, dedico de coração por estarem presentes em todos os momentos para que eu pudesse alcançar meus objetivos. A vocês meu amor, minha eterna gratidão e posso dizer que são a razão da minha vida.

Aos meus irmãos, Enio Dickmann e Luzia Dickmann, por seus esforços dedicados a mim em todos os momentos que precisei, pelos incentivos, pelo amor e atenção incondicional e por serem tão importantes em minha vida.

Aos meus cunhados José Rodrigues da Silva e Sirlei Pires de S. Dickmann, pelo apoio, atenção, incentivo, e por estarem sempre dispostos a me ajudar nas mais variadas situações.

À minha linda sobrinha Geovanna de Souza Dickmann, por renovar minhas energias com sua alegria contagiante e fazer sempre ter esperanças no impossível.

Ao meu amor Douglas da S. Schwaicerski, por todo amor, pela dedicação, paciência, confiança, cuidado que tem dado a mim durante todos estes anos, e simplesmente por ser uma pessoa exemplar e importantíssima em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela saúde, proteção, inspiração, por estar presente em minha vida em todos os momentos. Tudo o que há de melhor na vida tem a presença Divina.

Ao Prof. Dr. Marcelo Andreotti, meu orientador, meu agradecimento especial, por seu profissionalismo, ética, boa vontade, bom coração, disponibilidade, paciência, bom senso e pela oportunidade. Sua participação foi extremamente importante para a realização deste trabalho. Espero agradecidamente continuarmos os trabalhos nos próximos anos, com a já aprovação para início do doutorado.

À Faculdade de Engenharia (FE/Unesp) – Campus de Ilha Solteira, ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção, pela oportunidade concedida para minha formação.

Ao CNPQ, inicialmente pela concessão a bolsa de estudos no mestrado.

À FAPESP, pela concessão de bolsa de mestrado (Processo FAPESP nº 2013/03439-3), e pelo apoio financeiro concedido para realização do projeto de pesquisa.

Aos membros da banca de defesa dessa dissertação, Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá e Prof. Dr. Marco Antônio C. de Carvalho, pela disponibilidade e aprendizado ao longo desses anos.

Ao meu amigo Marcelo Fernando Pereira Souza, meu muito Obrigada, por ter sido o incentivador e colaborador para meu ingresso ao mestrado e por sempre estar ao meu lado apoiando, ajudando em todos os momentos e incentivando a nunca desistir mesmo nas situações mais adversas, e como estímulo repassava sua frase de vida “Nunca perco as esperanças”.

Aos meus amigos de mestrado e para vida toda, pois em tudo que precisei sempre estiveram me apoiando tanto nos momentos de trabalho quanto me fazendo companhia, pois aqui vocês foram minha família. Agradeço imensamente à Gabriela C. Catalani, Allan H. Nakao, Sheila Caioni, Tiago L. Parente, Ariani Garcia, Ariadne Carla de Carvalho, Edjair Augusto Dal Bem, Nídia Raquel Costa. Agradeço ainda pela amizade e apoio aos amigos: Carina Oliveira, Belisa Saito, Valquiria Krolikowski, João Paulo Ferreira, Henrique H. Berto.

À Thays Ap. Abreu pela amizade, auxílio nos momentos que precisei e por dividir as fases difíceis e alegres da minha vida.

A todos os funcionários da FE/Unesp – Campus de Ilha Solteira, sendo em especial: Marcelo Rinaldi da Silva (técnico do laboratório de nutrição de plantas), Carlos Araújo da Silva e João Batista Mariano de Carvalho (técnicos do laboratório de fertilidade do solo),

Sidival Antunes de Carvalho e Wilder Jordão (técnicos do laboratório de bromatologia), pela amizade e auxílio na realização de análises em seus respectivos laboratórios.

À Fazenda de Ensino e Pesquisa da FE/Unesp – Campus de Ilha Solteira, assim como a todos os seus funcionários, pelo auxílio na concessão da área experimental e de condições para a realização do trabalho. Agradeço em especial aos colaboradores: Alvino da Silva, Cesar Henrique A. Seleguim, Valdivino dos Santos, Juliano B. de Abreu, Sinval A. de Abreu, Manoel F. R. Bonfim.

A todos os amigos e colegas que de alguma forma estiveram me apoiando e ajudando na realização deste trabalho, bem como, durante todo o período de mestrado.

RESUMO

O crescimento das áreas cultivadas sob Sistema Plantio Direto (SPD) no Brasil, está cada vez mais diversificando as formas como os sistemas de produção são implantados e manejados. Os elevados gastos com insumos agrícolas fazem com que a produção tenha altos custos. Assim, cresce o interesse pelo uso de inoculantes que em sua composição possuam bactérias promotoras de crescimento de plantas, principalmente pela busca de uma agricultura sustentável com menor poluição ambiental aliado a redução dos custos de produção. Diante disso, o presente estudo objetivou verificar em um Latossolo Vermelho Distrófico, sob condições irrigadas no Cerrado: 1) o efeito da adubação fosfatada e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* nas sementes de aveia preta sobre sua nutrição e produtividade de matéria seca da parte aérea e raízes; 2) avaliar o efeito residual da adubação fosfatada e da decomposição da palhada da aveia sobre o crescimento e produtividade do milho com e sem inoculação com *Azospirillum brasilense* e do capim-Marandu em consórcio; 3) após o período simulando a vedação do pasto (60 dias após a colheita do milho), avaliar a qualidade bromatológica e nutricional do capim-Marandu, e o efeito de sua palhada sobre os componentes da produção e produtividade do feijão de inverno em sucessão; e 4) ao final de cada ciclo produtivo avaliar o efeito dos tratamentos sobre a fertilidade do solo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 4 repetições, em esquema fatorial 5 x 2, ou seja, cinco doses de P_2O_5 (0; 30; 60; 120 e 240 kg ha⁻¹) aplicadas a lanço na semeadura da aveia preta cultivar IAPAR 61, com e sem a inoculação das sementes com a bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense*, na dose de 100 mL 25 kg⁻¹ de sementes. Cada unidade experimental (parcela) constituiu-se de 4,4 m de largura e 10 m de comprimento, perfazendo 44 m². A inoculação das sementes de aveia preta por *Azospirillum brasilense* incrementou a altura das plantas, com maior produção de matéria seca da parte aérea e de raízes. Proporcionou também aumento dos teores de N e P na parte aérea, e N e Mg nos tecidos radiculares da cultura. A adubação fosfatada na aveia preta aumentou a produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, com proporcional maior acúmulo de N, P, Ca e Mg para a parte aérea e somente de S nas raízes. A inoculação das sementes de milho por *Azospirillum brasilense* e a adubação fosfatada residual não interferiram sobre o crescimento, componentes da produção e produtividade de grãos de milho consorciado com capim-Marandu. Contudo, as plantas de milho inoculadas acumularam maiores teores de P, Ca, Mg e S, enquanto que a forrageira advinda do consórcio com milho inoculado com *Azospirillum*

brasiliense apresentou valores superiores de proteína bruta e menores teores de fibras. A inoculação das sementes de aveia preta e do milho com *Azospirillum brasiliense* em consórcio com capim-Marandu antecessores ao cultivo de feijoeiro de inverno melhorou o estado nutricional das plantas, entretanto, com efeito negativo na produtividade de grãos. A adubação fosfatada da cultura da aveia proporcionou efeito residual positivo para o feijoeiro de inverno com incremento dos componentes da produção e produtividade de grãos. Em virtude da calagem em superfície e adubação dos cultivos, aliados à decomposição e mineralização dos resíduos vegetais das culturas de aveia preta, consórcio do milho com capim-Marandu e feijoeiro de inverno sobre o solo, verificou-se a manutenção da fertilidade do solo, com incrementos nos teores de MO, K, Mg e S, bem como aumento do pH, saturação de bases e redução da acidez potencial na camada de 0 a 0,20 m, independentemente da inoculação ou não com *Azospirillum brasiliense*.

Palavras-chave: *Zea mays*, *Urochloa brizantha*, *Avena strigosa*, *Phaseolus vulgaris*, Integração Lavoura-Pecuária.

ABSTRACT

The cultivated areas under no-tillage system increase in Brazil is changing the ways in which production systems are implemented and managed. The high expenditure on agricultural inputs cause the high costs in the production. Thus, the growing interest in the inoculants use, which has in its composition bacteria that promote plant growth, especially the search for sustainable agriculture with environmental pollution and production costs reduction. Faced this challenges, the present study has aimed to verify in a dystrophic red latosol (oxisol), under irrigated conditions in the Cerrado: 1) the phosphate fertilization and inoculation with and without *Azospirillum brasilense* effect in oat seeds on their nutrition and shoots and roots dry matter production; 2) to evaluate the residual phosphate fertilization and decomposition effect of oat straw on corn growth and productivity with and without inoculation with *A. brasilense* and Marandu grass in associated cropping; 3) after the pasture stockpiling simulation period (60 days after the corn harvest), to evaluate the Marandu grass bromatological and nutritional quality, and the haystack effects on the production components and winter bean productivity in succession; and 4) at the end of each crop cycle, to evaluate the treatments effect on soil fertility. The experimental design consists in randomized blocks with four replications in a factorial scheme 5 x 2, with five doses of P₂O₅ (0, 30, 60, 120 and 240 kg ha⁻¹) scattering at oat sowing IAPAR 61 cultivar, with and without seed inoculation with diazotrophic bacteria *A. brasilense* at a dose 100 mL 25 kg⁻¹ of seed. Each experimental unit (plot) has consisted in 4,4 m wide and 10 m length, totaling 44 m². The oat seeds inoculation by *A. brasilense* has increased plant height, improving shoots and roots dry matter production. Also has provided a N and P increase in shoots, and N and Mg in root in the crop. The oat phosphate fertilization has increased the shoots and roots dry matter production, with N, P, Ca and Mg proportional bigger accumulation in the shoot and only S in the roots. The maize seed inoculation by *A. brasilense* and the residual phosphate fertilization have not interfered on growth, production components and grain yield of corn intercropped with Marandu grass. However, the inoculated corn plants have accumulated P, Ca, Mg and S in higher levels, while the forage coming from the associated cropping with corn inoculated with *A. brasilense* has shown higher values of crude protein and lower fiber content. Oat and corn seeds inoculation with *A. brasilense* intercropped with Marandu grass predecessors to winter common bean cultivation has improved the plant nutritional status, however, with a negative effect on grain yield. The phosphate fertilization in oat crop has provided a positive residual

effect for the winter common bean, increasing the production components and grain yield. Due to surface application of lime and crops fertilization, combined with the oat crop decomposition and mineralization residues, corn intercropped with Marandu grass and winter common bean crop on the ground, have resulted in the soil fertility maintenance, increasing organic matter (OM) and K, Mg and S content, as well as increasing the pH, base saturation and potential acidity reduction in the layer 0 to 0.20 m, regardless the *Azospirillum brasilense* inoculation.

Key-words: *Zea mays*, *Urochloa brizantha*, *Avena strigosa*, *Phaseolus vulgaris*, Crop-Livestock Integration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Dados climáticos coletados na estação meteorológica da FEPE, durante o período de condução do Experimento. Selvíria, 2013/2014.....	30
Figura 2- Semeadura da Aveia preta	32
Figura 3- Aveia preta no florescimento.....	32
Figura 4- Pós-semeadura do consórcio.....	37
Figura 5- Fase de coleta de folhas para análises.....	37
Figura 6- Cultura de milho no florescimento.....	37
Figura 7- Cultura de milho aos 105 DAE.....	37
Figura 8- Consórcio no dia da colheita.....	38
Figura 9- Espigas de milho do experimento.....	38
Figura 10- Capim-Marandu 60 dias após colheita do milho.....	38
Figura 11 - Área de consórcio após operação triton.....	41
Figura 12- Dia da semeadura do feijoeiro.....	41
Figura 13- Cultura do feijoeiro 56 DAE.....	41
Figura 14- Maturação do feijoeiro.....	41
Figura 15- Massa seca de parte aérea (A), teor de N acumulado (B), teor de P acumulado (C) e teor de Ca acumulado (D) na matéria seca das plantas de aveia preta. Selvíria/MS, 2013.....	44
Figura 16- Teor de enxofre nos tecidos foliares da cultura do milho em função da aplicação de P_2O_5 residual. Selvíria/MS, 2014.....	50

Figura 17- Teor de cálcio na palhada da cultura do milho em função da aplicação de P_2O_5 residual. Selvíria/MS, 2014.....	56
Figura 18- Teor de P na matéria seca da <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu em função do P_2O_5 residual. Selvíria/MS, 2014.....	63
Figura 19- Número de grãos por planta (A), número de grãos por vagem (B) e produtividade do feijoeiro de inverno (C) em função da inoculação ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> no milho em consórcio com <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu antecessor e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 2- Análise química do solo na camada de 0 a 0,20 m, antes da instalação do experimento e da calagem superficial. Selvíria/MS, 2013.....	30
Tabela 2- Médias de altura da planta, massa seca de parte aérea e acúmulo de macronutrientes pela aveia preta, em função da inoculação ou não por <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação fosfatada. Selvíria/MS, 2013.....	42
Tabela 3- Médias do comprimento de raízes (CR), produção de massa seca de raiz (MSR) e acúmulo de macronutrientes pelas raízes da aveia preta, em função da inoculação ou não por <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação fosfatada. Selvíria/MS, 2013.....	46
Tabela 4- Desdobramento da interação inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação fosfatada na cultura da aveia para K, Ca e S acumulados no sistema radicular. Selvíria/MS, 2013.....	47
Tabela 5- Médias dos teores de macronutrientes foliares e índice de clorofila foliar (ICF) do milho consorciado com <i>U. brizantha</i> cv. Marandu, em função da inoculação ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.....	49
Tabela 6- Desdobramento da interação inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação fosfatada residual para o teor de K nos tecidos foliares do milho. Selvíria/MS, 2014.....	50
Tabela 7- Médias de altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de espigas (NE), população final de plantas (STAND) e massa seca das plantas (MSP) de milho consorciado com <i>U. brizantha</i> cv. Marandu, em função da inoculação ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.....	51
Tabela 8- Médias do número de fileiras de grãos por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), massa de grãos por espiga (MGE), massa de 100 grãos (M100) e produtividade do milho consorciado com <i>U. brizantha</i> cv. Marandu, em função da inoculação ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.....	54

Tabela 9- Desdobramento da interação inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação fosfatada residual para número de espigas (NE) e produtividade de massa seca de plantas de milho. Selvíria/MS, 2014.....	55
Tabela 10- Médias dos teores de macronutrientes na palhada do milho consorciado com <i>U. brizantha</i> cv. Marandu, em função da inoculação ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.....	56
Tabela 11- Desdobramento da interação inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação fosfatada residual para teores de P e Ca na palhada do milho. Selvíria/MS, 2014.....	57
Tabela 12- Médias de teores de macronutrientes (1º corte) e produção de matéria seca (MS) das plantas de <i>U. brizantha</i> cv. Marandu, em função da inoculação ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> no milho do consórcio e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.....	58
Tabela 13- Desdobramento da interação inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> no milho do consórcio e adubação fosfatada residual para os teores de Ca e Mg da matéria seca das plantas <i>U. brizantha</i> cv. Marandu (1º corte). Selvíria/MS, 2014.....	59
Tabela 14- Médias de teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEM), lignina (LIG), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade da matéria seca (DMS) da <i>U. brizantha</i> cv. Marandu, em função da inoculação ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação fosfatada residual, 60 dias após a colheita do milho em consórcio (2º corte). Selvíria/MS, 2014.....	61
Tabela 15- Médias dos teores de macronutrientes (2º corte) e matéria seca (MS) das plantas <i>U. brizantha</i> cv. Marandu, em função da inoculação ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> no milho do consórcio e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.....	62
Tabela 16- Médias do índice de clorofila foliar (ICF) e teores de macronutrientes foliares do feijoeiro de inverno, em função da inoculação ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> no milho em consórcio com <i>U. brizantha</i> cv. Marandu e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.....	64
Tabela 17- Médias do número de plantas (NP), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), comprimento de planta (CP), massa de 100 grãos e produtividade (PROD) do	

feijoeiro de inverno, em função da inoculação ou não do milho em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.....66

Tabela 18- Desdobramento da interação inoculação com *Azospirillum brasilense* do milho em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu e adubação fosfatada residual para número de grãos por planta (NGP), número de grãos de vagem (NGV) e produtividade do feijoeiro de inverno. Selvíria/MS, 2014.....68

Tabela 19- Valores de F e médias da fertilidade do solo na camada de 0 a 0,20 m, após a dessecação da aveia preta, em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada. Selvíria-MS, 2014.....70

Tabela 20- Desdobramento da interação inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada para o teor de magnésio, soma das bases e saturação por bases do solo coletado após a colheita da aveia preta em função em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada. Selvíria/MS, 2014.....71

Tabela 21- Valores de F e médias da fertilidade do solo na camada de 0 a 0,20 m, após colheita do milho em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada residual. Selvíria-MS, 2014.....72

Tabela 22- Valores de F e médias da fertilidade do solo na camada de 0 a 0,20 m, após a colheita do feijoeiro, em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* das sementes de aveia preta, do milho em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu, e adubação fosfatada residual. Selvíria-MS, 2014.....73

Tabela 23- Desdobramento da interação inoculação com *Azospirillum brasilense* das sementes de aveia preta, do milho em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu e adubação fosfatada residual para o teor de P e soma das bases (SB) do solo coletado após a colheita do feijoeiro. Selvíria/MS, 2014.....74

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1	Sistema Plantio Direto (SPD).....	20
2.2	Aveia Preta como produtora de palha em SPD	21
2.3	Consortiação da <i>Urochloa brizantha</i> com a cultura do milho.....	22
2.4	Efeito do Fósforo nas pastagens	23
2.5	Inoculação de sementes de gramíneas com <i>Azospirillum</i> spp	24
2.6	Produtividade do feijoeiro de inverno sobre palhada de braquiárias em SPD	26
3	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1	Caracterização da área experimental	29
3.2	Histórico da área experimental, caracterização e preparo inicial	29
3.3	Experimento I – Aveia preta (<i>Avena strigosa</i> Schreb) sob Sistema Plantio Direto (SPD).....	30
3.3.1	<i>Delineamento experimental e tratamentos</i>	31
3.3.2	<i>Instalação e condução do experimento</i>	31
3.3.3	<i>Avaliações realizadas</i>	32
3.3.4	<i>Análise estatística</i>	32
3.4	Experimento II – Cultivo de milho consorciado com capim-Marandu em sistema plantio direto sobre a palhada de aveia antecessora	33
3.4.1	<i>Delineamento experimental e tratamentos</i>	33
3.4.2	<i>Instalação e condução do experimento</i>	33
3.4.3	<i>Avaliações realizadas</i>	34
3.4.4	<i>Análise estatística</i>	38
3.5	Experimento III – Cultivo do feijoeiro de inverno sobre a palhada do consórcio milho/capim-Marandu.....	38
3.5.1	<i>Delineamento experimental e tratamentos</i>	39
3.5.2	<i>Instalação e condução do experimento</i>	39
3.5.3	<i>Avaliações realizadas</i>	39
3.5.4	<i>Análise estatística</i>	40
3.6	Caracterização da fertilidade do solo	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1	Efeito dos tratamentos sobre a Aveia Preta	42

4.2	Safra de milho inoculado ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação fosfatada residual consorciado com U. brizantha cv. Marandu.....	47
4.3	Cultivo do feijoeiro de inverno sobre a palhada do consórcio milho/capim-Marandu.....	63
4.4	Alterações nos atributos químicos do solo após cultivo da aveia preta, do consórcio do milho com capim-Marandu e do feijoeiro de inverno.....	68
5	CONCLUSÕES.....	75
	REFERÊNCIAS	76

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o crescimento do Sistema Plantio Direto (SPD), está cada vez mais diversificando as formas como os sistemas de produção são implantados e manejados, e assume grande importância por constituir uma maneira racional de cultivo, por atenuar problemas com erosão, desestruturação do solo, perdas de nutrientes e desequilíbrio da macro e micro fauna das áreas agrícolas.

Para se obter sucesso no SPD, um dos fatores primordiais é o cuidado na implantação e no manejo da cobertura do solo. O solo agrícola deve estar sempre protegido por palhada residual ou plantas. Esta cobertura do solo é obtida pela rotação intensa das culturas, dos resíduos de colheita, da parte aérea das culturas em desenvolvimento e das plantas de cobertura do solo ou adubos verdes (KLIEMANN et al., 2006). A aveia preta (*Avea strigosa*) é umas das espécies que vem de encontro a essas necessidades, pois seu uso estende-se para o sistema plantio direto (SPD), por ser uma das espécies que mais contribui para a produção de matéria seca em cultivo de outono/inverno e por proporcionar rápida cobertura do solo em regiões de clima mais frio (NOGUEIRA et al., 2013).

Nascente e Crusciol (2012) citam que dentre os sistemas que integram o SPD, o cultivo consorciado de culturas graníferas (como o milho, soja, arroz e sorgo) com forrageiras tropicais é uma ótima opção para produção de palhada residual. Neste sistema, a forrageira pode ser utilizada para a alimentação animal, no período de entressafra, ou como palha, para continuidade do SPD. Nesses consórcios, o mais comum é o realizado com milho e o gênero *Urochloa* (BORGHI; CRUSCIOL, 2007; FREITAS et al., 2008, PARIZ et al., 2009).

O consórcio do milho com *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) proporciona maior produção de palhada e com isso melhor cobertura de solo, situação favorável ao sistema plantio direto, e em consequência, gera maiores produtividades nas culturas subsequentes como é o caso do cultivo de feijão de inverno (CHIODEROLI et al., 2010).

Dentre os nutrientes que mais limitam a produção de grãos no Brasil, em especial as gramíneas, destaca-se o fósforo (P), principalmente nas regiões de cerrado onde se encontram os Latossolos, que pela sua constituição oxídica da fração argila apresentam alta complexação do nutriente e portanto, torna-se fator de restrição para a produção das culturas agrícolas (VALDERRAMA et al., 2011).

Ainda que as exigências em fósforo sejam, em quantidade, bem menores quando comparado aos outros nutrientes, as doses normalmente recomendadas são altas, em função da baixa eficiência de aproveitamento desse nutriente pela cultura, decorrente da alta

capacidade de adsorção do fósforo adicionado ao solo, reduzindo sua disponibilidade às plantas (CONCEIÇÃO et al., 2012).

Os elevados gastos com insumos agrícolas fazem com que a produção tenha altos custos. Assim, cresce o interesse pelo uso de inoculantes que em sua composição possuam bactérias promotoras de crescimento de plantas, principalmente pela busca de uma agricultura sustentável com menor poluição ambiental aliado a redução dos custos de produção (HUNGRIA et al., 2010). Tais custos podem ser minimizados fazendo com que as plantas apresentem sistema radicular mais desenvolvido, capaz de explorar melhor o solo e incrementar a absorção de água e nutrientes, proporcionando melhores condições de desenvolvimento da planta e aumento de produtividade.

Novakowski et al. (2011) relataram que uma das alternativas para se obter aumento da produção com custos menores e sem prejudicar o ambiente seria aliar o potencial genético das plantas com os recursos biológicos do solo, como as bactérias diazotróficas, em especial as do gênero *Azospirillum*. Estas bactérias têm sido usadas como inoculantes em diversas culturas, tais como, cereais, algodão, cana-de-açúcar, café, Urochloas e outras (REIS, 2007). Também Okon e Vanderleyden (1997), relataram que o gênero *Azospirillum* promove ganhos em produtividade de importantes culturas nas mais variadas condições de clima e solo; contudo, salientam que o ganho com *Azospirillum* vai mais além do que simplesmente auxiliar na fixação biológica do N, auxiliando também no aumento da superfície de absorção das raízes da planta e, conseqüentemente, no aumento do volume de substrato do solo explorado, papel este, fundamental na absorção de nutrientes pouco móveis no solo, como o fósforo. Tal constatação é justificada pelo fato da inoculação modificar a morfologia do sistema radicular, aumentando tanto o número de radículas, quanto diâmetro das raízes laterais e adventícias.

Assim, propôs-se para o presente estudo em um Latossolo Vermelho Distrófico, sob condições irrigadas no Cerrado, avaliar: 1) o efeito da adubação fosfatada e da inoculação ou não com *A. brasilense* das sementes de aveia preta sobre sua nutrição e produtividade de matéria seca da parte aérea e raízes; 2) avaliar o efeito residual da adubação fosfatada e da decomposição da palhada da aveia sobre o crescimento e produtividade do milho com e sem inoculação pelo *A. brasilense* e do capim-Marandu em consórcio; e 3) após o período simulando a vedação do pasto (60 dias após a colheita do milho), avaliar a qualidade bromatológica e nutricional do capim-Marandu, e o efeito de sua palhada sobre os componentes da produção e produtividade do feijão de inverno em sucessão, e ao final de cada ciclo produtivo as alterações na fertilidade do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistema Plantio Direto (SPD)

No Brasil na década de 1970, surgiram os primeiros resultados de pesquisa em sistema plantio direto (SPD), e se expandiu rapidamente entre os agricultores, estando adaptada à diferentes regiões e níveis tecnológicos (CASÃO JR., 2008).

Neste contexto, a utilização do SPD, em 2003 na região dos Cerrados, já representava cerca de 41% dos sistemas de produção, sendo que, esse percentual ultrapassou 65% em 2008/2009 (MACEDO, 2009). O grande avanço desse sistema de cultivo se deu pelas vantagens comparativas com os sistemas tradicionais, em termos agronômicos, econômicos e ambientais. Em condições tropicais, uma das maiores preocupações no SPD tem sido a manutenção da palhada sobre o solo aliada à sua reciclagem de nutrientes. Assim, inúmeros trabalhos têm sido desenvolvidos na busca de espécies forrageiras com esta dupla aptidão, principalmente em condições do Cerrado brasileiro.

A implantação do sistema plantio direto requer cuidados por parte dos produtores rurais, porém depois de estabelecido suas vantagens se estendem não apenas ao solo, mas também à produtividade das culturas, determinando maior competitividade dos sistemas agropecuários (ALVARENGA et al., 2008). Devido à drástica redução da erosão, e ao mesmo tempo resultando em melhorias de atributos físicos e químicos do solo, o SPD diminui o potencial de contaminação do ambiente e oferece ao agricultor maior garantia de renda, pois a estabilidade da produção é ampliada em comparação aos métodos tradicionais de manejo de solo, refletindo na produtividade (CRUZ et al., 2012).

Em função de condições climáticas, a correta escolha da espécie vegetal a ser utilizada é extremamente importante, uma vez que devem ser consideradas as características de cada região e a classe de solo (PARIZ, 2010). Em áreas sob SPD exige-se a implantação de culturas especificamente para este fim para que ocorra a manutenção da cobertura do solo, mas há também a possibilidade de implantação de uma cultura comercial no outono-inverno, que tem como vantagem aumentar a rentabilidade, ao mesmo tempo em que contribui para a manutenção da cobertura do solo (TRABUCO, 2008).

No Cerrado, o clima é caracterizado por inverno seco, altas temperaturas no decorrer do ano que aliado à irregularidade da precipitação dificulta a implantação de espécies de cobertura e principalmente a permanência da palha sobre a superfície do solo. Portanto, o uso de gramíneas forrageiras para a formação de palha, vêm despertando o interesse de muitos agricultores e pesquisadores (TORRES, 2003; KLUTHCOUSKI e AIDAR, 2003; ANDRIOLI, 2004; PARIZ, 2010).

Segundo Amado et al. (2002), o cultivo de plantas de cobertura antecedendo a cultura do milho pode resultar em aumento de produtividade, seja pelo cultivo de leguminosa que reduz a necessidade de adubo nitrogenado, seja pelo cultivo de gramíneas que, com maior relação C/N, proporcionam um período maior de cobertura do solo, devido à sua decomposição mais lenta (CERETA et al., 2002). Estas espécies se destacam ainda pela adaptação a solos de baixa fertilidade, facilidade de estabelecimento, considerável produção de biomassa, o que proporciona excelente cobertura vegetal do solo.

As taxas de decomposição das plantas de cobertura dependem da natureza do material vegetal, da produtividade de matéria seca, da fertilidade do solo, do manejo da cobertura e das condições climáticas, representadas, principalmente, pela pluviosidade e temperatura. Sendo assim, a decomposição de resíduos das culturas é uma variável importante na ciclagem de nutrientes em sistema plantio direto e o conhecimento de sua dinâmica é fundamental para a compreensão do processo, uma vez que o conhecimento desta ciclagem, resultará em sua utilização mais eficiente pelas culturas e principalmente na redução dos impactos negativos causados ao ambiente (KLIEMANN et al., 2006). Portanto, a palhada funciona também, como um reservatório de nutrientes que são liberados gradualmente, principalmente pela ação dos microorganismos às culturas em sucessão.

2.2 Aveia preta como produtora de palha em SPD

A aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) é uma gramínea de inverno que apresenta rusticidade, tolerância à acidez, menor exigência em fertilidade de solo e tem se adaptado bem nos estados do Sul do Brasil, São Paulo e Mato Grosso do Sul (DERPSCH; CALEGARI, 1992). Caracteriza-se por apresentar resposta à adubação nitrogenada e fosfatada, que aumenta consideravelmente a produção de biomassa.

A cultura de aveia preta fornece excelente cobertura do solo, por produzir alta quantidade de matéria seca. A cobertura por palha, seja esta de aveia, seja de outra cultura, tem a capacidade de modificar o regime térmico diário do solo, principalmente pela capacidade de refletir a radiação solar, impedindo que esta chegue diretamente ao solo para aquecê-lo em demasia, evitando prejuízos às culturas nos meses mais quentes do ano (BORTOLUZZI; ELTZ, 2000).

Os resíduos de espécies gramíneas, como aveia preta, apresentam baixa taxa de decomposição (alta relação C/N), o que determina melhor proteção do solo. Além disto, fatores como rusticidade, facilidade na aquisição de sementes e na instalação do cultivo, rápido crescimento inicial e alta produtividade de matéria seca fazem com que a aveia preta

seja a espécie mais utilizada como cobertura de solo no outono-inverno do sul do Brasil. A desvantagem do uso de gramíneas como cobertura de solo está relacionada com a deficiência momentânea de N que pode provocar nos estádios iniciais de desenvolvimento das culturas em sucessão, pois no processo de decomposição da palha, a biomassa microbiana do solo, ao imobilizar o N, diminui a sua disponibilidade para a cultura sucessora, podendo causar sua deficiência e redução da produtividade (BORTOLINI et al., 2000).

Em trabalho desenvolvido por Andrade et al. (2012), avaliando gramíneas forrageiras em cultivo de outono/inverno no cerrado, verificaram que de modo geral, as forrageiras tropicais milheto, sorgo forrageiro e capim-Tanzânia assemelharam-se ao cultivo de aveia preta no inverno, tanto na produção de fitomassa (mais de 7 t ha⁻¹), quanto na composição bromatológica.

2.3 Consorciação da *Urochloa brizantha* cv. Marandu com a cultura do milho

O Brasil possui cerca de 30 milhões de hectares de áreas de pastagens em algum estágio de degradação no Cerrado, com baixíssima produtividade para o alimento animal. Portanto, o uso correto de tecnologias e de boas práticas agropecuárias torna possível reinseri-los ao processo produtivo (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2014).

A recuperação das áreas de pastagens degradadas torna-se fundamental para a sustentabilidade do sistema produtivo, e pode ser feita por recuperação direta ou por meio de integração com lavoura (ILP). No caso do consórcio de forrageiras com culturas anuais, Kluthcouski e Aidar (2003), sugerem que seja feita a semeadura simultânea da cultura anual com a forrageira, ou aproveita-se o potencial das sementes da forrageira existentes no solo, tendo-se o pasto formado logo após a colheita da cultura. Essa tecnologia permite reduzir os custos de formação da pastagem, uma vez que a cultura anual amortiza os gastos com sementes e insumos (PARIZ et al., 2009; GARCIA et al., 2012).

Segundo Carvalho et al. (2010), a Integração Lavoura-Pecuária sob sistema plantio direto vem viabilizando a recuperação de áreas degradadas, redução dos custos de produção e o uso intensivo das áreas durante todo o ano, gerando resultados socioeconômicos e ambientais positivos.

No consórcio do milho com *Urochloa*, a forrageira pode ser utilizada para formação de palhada no sistema plantio direto durante o período que antecede o cultivo do feijão de inverno. Assim, o consórcio, manejado corretamente, proporciona o aumento da quantidade de palha, visando a melhor cobertura do solo para a realização da semeadura direta e em

alguns casos o aumento de produtividade na cultura subsequente (CHIODEROLI et al., 2010).

Os resultados de pesquisas envolvendo o cultivo consorciado de milho com *Urochloa brizantha* demonstram a viabilidade deste sistema de produção. Estes consórcios são possíveis graças ao diferencial de tempo e espaço no acúmulo de biomassa entre as espécies. Em algumas situações, pesquisadores relatam que a presença da forrageira não afetou a produtividade de grãos de milho, porém, em alguns casos, houve necessidade da aplicação de nicosulfuron em subdoses para reduzir o crescimento da forrageira, garantindo pleno desenvolvimento do milho (BORGHI e CRUSCIOL, 2007; PARIZ et al., 2011).

De acordo com Borghi e Crusciol (2007) além dessas vantagens, no sistema de integração lavoura-pecuária, por meio da consorciação de duas gramíneas, a forrageira tem a função de fornecer alimento para a exploração pecuária, a partir do final do verão até início da primavera, e, posteriormente, de formação de palhada, para o cultivo da cultura produtora de grãos, em sistema plantio direto.

Segundo Freitas (2005), as plantas forrageiras, principalmente as dos gêneros *Urochloa* e *Panicum*, apresentam capacidade de reestruturar o solo, devido ao sistema radicular vigoroso, fornecendo condições favoráveis à infiltração e retenção de água e ao arejamento. A parte aérea das plantas protege o solo, evitando perdas por erosão, possibilitando, também, diminuição das temperaturas diárias mais altas e menores perdas de água por evaporação, propiciando assim melhores condições ao desenvolvimento de micro e mesorganismos.

2.4 Efeito do Fósforo nas pastagens

As pastagens representam a principal e mais barata fonte natural de alimento do rebanho bovino, e vem se destacando cada vez mais diante das crescentes exigências do mercado consumidor em adquirir uma produção de alimentos sem o uso de agrotóxicos (SERAFFIM, 2010).

Segundo Valle et al., (2000), a *Urochloa brizantha* cv. Marandu é uma das espécies mais cultivadas e utilizadas em regiões sobre condições de Cerrado, apresentando-se com alta capacidade de adaptação e responsável por grande parte da alimentação do rebanho bovino criado a pasto. Quando realizada a adubação e o manejo adequado, essa cultura responde como uma excelente fonte de alimento, entretanto, perde o valor nutritivo, principalmente após o florescimento.

No Brasil, as condições ambientais são favoráveis para se ter pastagens de qualidade, porém, apesar da grande importância, essas pastagens em sua maioria encontram-se em

processo de degradação, ou degradadas, muitas vezes devido à falta de conhecimento sobre suas condições fisiológicas de crescimento e composição nutricional. Manejar uma pastagem de forma adequada significa produzir alimentos em grandes quantidades, além de procurar o máximo valor nutritivo da forragem (COSTA et al., 2006).

É de fundamental importância a recuperação e manutenção das pastagens para o avanço da pecuária, tendo em vista que o Brasil é um dos maiores produtores de leite e de carne em pasto. A baixa disponibilidade de fósforo nos solos brasileiros associada à alta capacidade de fixação desse nutriente vem acarretando grandes prejuízos à produção das plantas, de modo geral, pois além de reduzir o perfilhamento e retardar o desenvolvimento das gramíneas forrageiras, faz com que a pastagem tenha uma cobertura deficiente, abrindo espaços para plantas daninhas (OLIVEIRA et al., 2004), demonstrando assim, a importância da adubação fosfatada corretiva para se obter produtividades satisfatórias.

Maciel et al. (2007) verificaram respostas positivas das gramíneas à adubação fosfatada em solos de cerrado, mesmo as do gênero *Urochloa*, especialmente no período de formação das pastagens, pelo seu papel fundamental no perfilhamento.

O fósforo é um dos nutrientes essenciais para as plantas, e segundo Krolow et al. (2004) é o nutriente mais importante para as pastagens, após o nitrogênio; pois desempenha papel principal nos períodos iniciais da vida das plantas, quando estas necessitam de elevada disponibilidade no solo. Este nutriente é essencial para o desenvolvimento radicular e perfilhamento, passando a sua deficiência a limitar a capacidade produtiva das pastagens.

A carência de fósforo manifesta-se pelo ciclo vegetativo mais curto, pela falta ou pelo desenvolvimento deficiente de perfilho em gramíneas forrageiras e pela presença de plantas daninhas nas pastagens. Assim, em trabalho realizado por Zanini (2009), a aplicação de fósforo estimulou o desenvolvimento radicular das forrageiras estudadas promovendo reduções na relação parte aérea/sistema radicular, não interferindo na relação folha/colmo.

2.5 Inoculação de sementes de gramíneas com *Azospirillum* spp.

No contexto de expansão do agronegócio brasileiro, uma das visões estratégicas para o futuro deve ser, sem dúvida, a articulação do comércio frente à produção de fertilizantes. O prognóstico futuro para as áreas de cultivo no mundo pode ser caracterizado por uma menor expansão em área, entretanto, com aumento da produtividade. Portanto, especialmente no Brasil, que é um dos maiores produtores agrícolas de grãos, cana-de-açúcar, carne, café e produtos florestais, há necessidade de estratégias de pesquisas para incrementar a produção, com redução nos custos, sem alterar o ambiente (INACIO, 2013).

Uma alternativa para redução do uso de fertilizantes minerais, que são importados na maior parte, é o uso da inoculação das sementes por bactérias diazotróficas, sendo que entre os diversos gêneros destaca-se o *Azospirillum* (REIS JÚNIOR et al., 2008).

Na literatura existem vários trabalhos confirmando que *Azospirillum* produz fitohormônios que estimulam o crescimento das raízes de diversas espécies de plantas. Tien et al. (1979), por exemplo, verificaram que os componentes responsáveis pelo estímulo do crescimento de raízes liberados por *Azospirillum brasilense* eram o ácido indol-acético (AIA), giberilinas e citocininas.

Baseando-se em dados acumulados durante 22 anos de pesquisa com experimentos de inoculação a campo, Okon e Vanderleyden (1997) concluem que o gênero *Azospirillum* promove ganhos em produtividade de importantes culturas, nas mais variadas condições de clima e solo; contudo, salientam que o ganho com o uso do *Azospirillum* vai mais além do que simplesmente auxiliar na fixação biológica do N₂, auxiliando também no aumento da superfície de absorção das raízes da planta e, conseqüentemente, no aumento do volume de substrato do solo explorado, papel este, fundamental na absorção de nutrientes pouco móveis no solo, como é o caso do fósforo.

Tal constatação é justificada pelo fato da inoculação modificar a morfologia do sistema radicular, aumentando não apenas o número de radículas, mas, também, o diâmetro das raízes laterais e adventícias. Pelo menos parte, ou talvez muitos desses efeitos do *Azospirillum* nas plantas, possam ser atribuídos à produção, pela bactéria, de substâncias promotoras de crescimento, entre elas auxinas, giberelinas e citocininas, e não somente a fixação biológica de nitrogênio.

Cangahuala-Inocente et al. (2013) relataram que as bactérias promotoras de crescimento de plantas atuam em vários processos, dentre os quais destaca-se a fixação biológica de nitrogênio atmosférico, a síntese de hormônios, tais como auxinas, citocininas, giberelinas, etileno, e um grande número de moléculas, bem como na solubilização de fosfato no solo. Hungria (2011) cita que outro fator a ser considerado é que certas gramíneas, como as braquiárias, em cultivos sucessivos podem ser hospedeiras de bactérias diazotróficas nativas do solo.

Resultados da interação bactérias diazotróficas e milho em termos de potencial agrônomo, fixação de nitrogênio ou promoção do crescimento, dependem de muitos fatores bióticos e ambientais, tais como genótipo da planta, comunidade microbiológica do solo e disponibilidade de nitrogênio (ROESCH et al., 2006).

Sobre as respostas fisiológicas induzidas por *Azospirillum*, Barassi et al. (2008), relataram a melhoria em parâmetros fotossintéticos das folhas, incluindo o teor de clorofila e condutância estomática, maior teor de prolina na parte aérea e raízes, melhoria no potencial hídrico, incremento no teor de água do apoplasto, maior elasticidade da parede celular, maior produção de biomassa e maior altura de plantas.

Também Bashan et al. (2004), constataram incremento em vários pigmentos fotossintéticos, tais como clorofila a, b, e pigmentos fotoprotetivos auxiliares, como violaxantina, zeaxantina, atheroxantina, luteína, neoxantina e beta-caroteno, que resultariam em plantas mais verdes e com menor suscetibilidade ao estresse hídrico, quando inoculadas com *Azospirillum brasilense*.

O aumento da produtividade devido à inoculação com *Azospirillum* nos ensaios conduzidos no Brasil é correlacionado não só com o aumento do teor de N nos tecidos, mas também com outros nutrientes, como o P e K, fato também relatado em outros países (BASHAN e HOLGUIN, 1997; STEENHOUDT e VANDERLEYDEN, 2000; BASHAN et al., 2004). Além disso, apresentam características intrínsecas que possibilitam a interação com outros microrganismos do solo na rizosfera, por exemplo, fungos micorrízicos arbusculares (CANGAHUALA-INOCENTE et al., 2013).

2.6 Produtividade do feijoeiro de inverno sobre palhada de braquiárias em SPD

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) é uma leguminosa de grande importância pelo caráter econômico, e significado social, fazendo parte da alimentação diária de milhões de pessoas no Brasil (MELÉM JUNIOR et al.; 2011). A produção nacional atingiu 3,5 milhões de toneladas de grãos, produzidos numa área de 3,36 milhões de hectares (CONAB, 2014).

A cultura está entre as principais espécies anuais em adaptação ao SPD e tem sido a mais importante, em área cultivada, nos sistemas irrigados por aspersão, no período de entressafra, com semeadura de maio a junho (KLUTHCOUSKI; STONE, 2003). Portanto, uma das melhores alternativas para produção de palha para a cultura é o uso de forrageiras tropicais, que quando adubadas podem incrementar a produção de massa seca e a ciclagem de nutrientes na área de cultivo, com posterior aproveitamento pelo feijão em sucessão (PRIMAVESI et al., 2004).

As forrageiras tropicais, aproveitam os nutrientes residuais deixados pelas lavouras na superfície do solo, reciclam os nutrientes do subsolo, repõem a matéria orgânica e promovem a aração biológica do mesmo, decorrente da abundância e agressividade de seus sistemas radiculares e da atividade biológica (AIDAR; KLUTHCOUSKI, 2003).

A decomposição dos resíduos das culturas atua na ciclagem de nutrientes em SPD e o conhecimento de sua dinâmica é fundamental para a compreensão do processo e sincronização com a necessidade da cultura em sucessão. Poucos estudos de campo, envolvendo a perda de massa e a liberação de nutrientes pela decomposição de resíduos forrageiros foram desenvolvidos, e menos ainda são aqueles com enfoque na dinâmica de distribuição de nutrientes nos vários compartimentos do sistema palhada-solo ao longo do tempo. O conhecimento da ciclagem dos nutrientes nos agrossistemas resulta em sua utilização mais eficiente pelas culturas e na redução dos impactos negativos ao ambiente (KLIEMANN; BRAZ; SILVEIRA, 2006).

Segundo Silveira et al. (2005), as palhadas de gramíneas são fornecedoras de nutrientes às culturas sucessoras a médio e longo prazo, especialmente na camada superficial. São exemplos os aumentos significativos dos teores de P e K nas camadas superficiais do solo no SPD. Na literatura são encontrados diversos resultados de aumento na produtividade de grãos em cultivos sobre palhadas de gramíneas e leguminosas (OLIVEIRA, 2010). De acordo com Toledo-Souza et al., (2008) citado por Oliveira (2010), o feijoeiro resultou em maiores produtividades quando cultivado em áreas sobre palhadas de gramíneas. Atribuiu-se esse desempenho à menor incidência do fungo *Rhizoctonia spp.* e *Fusarium spp.*, causadores de doenças radiculares no feijoeiro.

Em condições de Cerrado, Kluthcouski e Aidar (2003) consideraram que as principais vantagens da palhada de braquiária para o SPD são a maior eficiência na cobertura da superfície do solo, resultando em maior conservação de água, a menor variação na temperatura do solo; a maior longevidade na cobertura do solo em razão da lenta decomposição de seus resíduos; o controle/minimização das doenças, tais como o mofo-branco, podridão de *Fusarium* e podridão de *Rhizoctonia*, por ação isolante ou alelopática causada pela microflora do solo sobre os patógenos; e a maior capacidade de supressão física das plantas daninhas, podendo reduzir ou até mesmo tornar desnecessário o uso de herbicidas pós-emergentes.

De acordo com Cruz (2012), além da adubação fosfatada e nitrogenada, existem outros fatores que interagem na produtividade do feijoeiro no SPD como o clima, o solo, a quantidade de palha sobre o solo e as espécies de plantas de cobertura. Assim, diversos trabalhos têm demonstrado a influência dos múltiplos tipos de palhada sobre a produtividade do feijoeiro nas condições de solo e clima estudadas. Esses resultados refletem a necessidade de se verificar melhor as interações entre os componentes da produção da cultura e os

sistemas de cultivo, tipos de cobertura do solo, bem como as quantidades e formas de adubação no SPD.

Em sistemas conservacionistas, como o plantio direto, onde há a presença de resíduos vegetais na superfície do solo, acredita-se que a eficiência de recuperação do N pode ser melhorada ao se identificar o momento de sua liberação dos resíduos vegetais devido aos processos de mineralização e imobilização do N pela fauna microbiana do solo. Em função desses processos, tem sido sugerido aumentar as doses de N ou antecipar toda dose deste nutriente em relação à semeadura, seja por alguns dias ou mesmo na cultura antecessora. Os resultados obtidos nesses estudos, em diferentes regiões, demonstraram que não há diferenças entre aplicar o N todo na semeadura daqueles obtidos pelas técnicas convencionais de adubação parcelada na semeadura e em cobertura (BARBOSA FILHO; COBUCCI; MENDES, 2005). Entretanto, esse efeito significativo da antecipação de adubação nitrogenada na semeadura advém, em sua maioria, de trabalhos em regiões mais frias do Brasil (Sul) e com culturas de gramíneas em sucessão, sendo escassos os trabalhos desta prática cultural na cultura do feijão em condições de Cerrado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho de pesquisa foi composto por três experimentos sequenciais, numa área onde o solo estava sendo cultivado com culturas anuais em sistema plantio direto há 10 anos, sendo a cultura anterior feijão de inverno. A área de estudo foi irrigada por aspersão (pivô central), quando necessário, em função de déficits hídricos, durante todo o período experimental.

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido em área sob SPD, nos anos de 2013 e 2014, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Engenharia/UNESP – Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria/MS.

As coordenadas geográficas do local são 20° 20' 05" S e 51° 24' 26" W, com altitude de 335 m. O relevo é caracterizado como moderadamente plano, tendo sido o solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso (EMBRAPA, 2006). O tipo climático é Aw, segundo classificação de Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A precipitação média anual é de 1370 mm e a temperatura de 23,5 °C (HERNANDEZ et al., 1995).

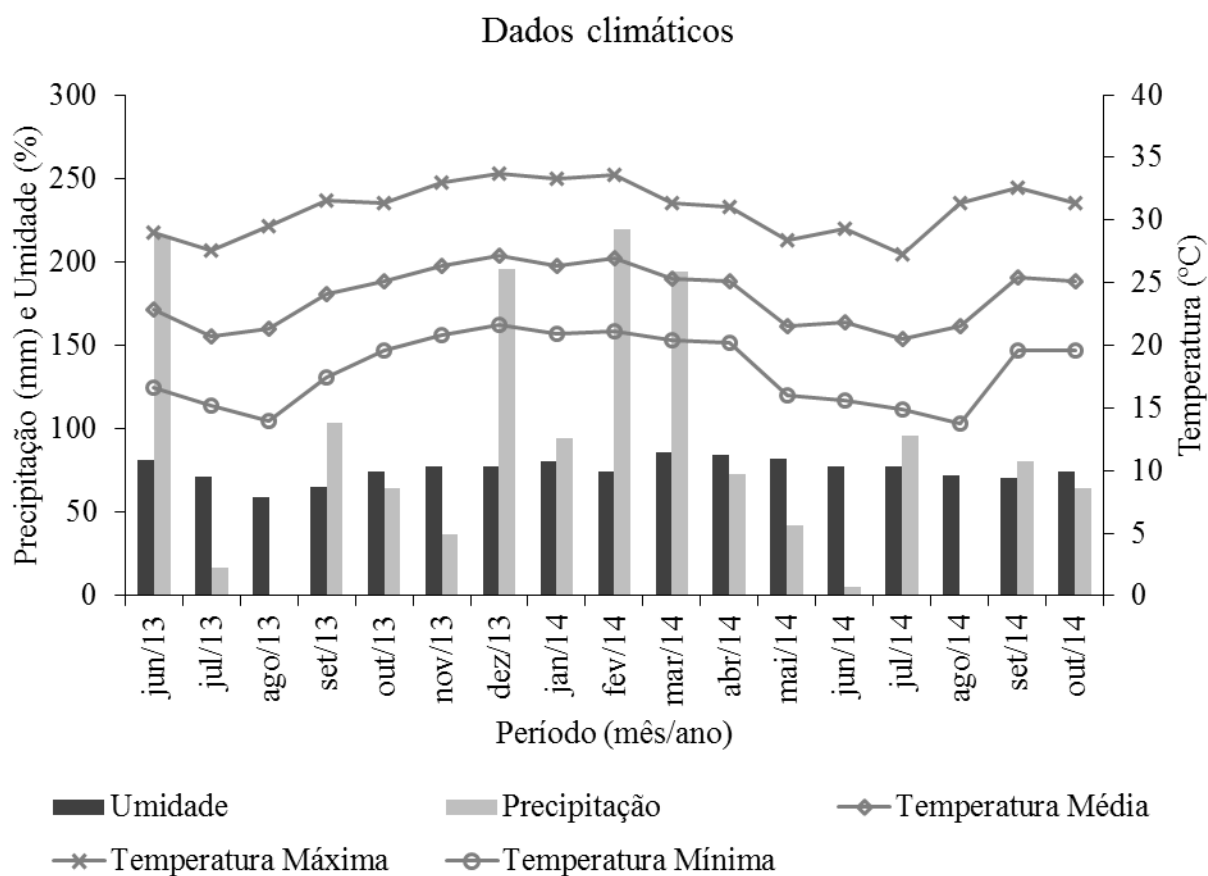
Durante a condução do experimento foram coletados junto à estação meteorológica situada na FEPE da FE/UNESP, os dados diários referentes às temperaturas máximas, médias, mínimas, precipitação pluvial e umidade relativa do ar (Figura 1).

3.2 Histórico da área experimental, caracterização e preparo inicial

O solo no qual a pesquisa foi desenvolvida, estava sendo cultivado com culturas anuais em SPD há 10 anos, sendo a cultura anterior feijão de inverno. Portanto, com objetivo de caracterizá-lo inicialmente, isto é, antes da semeadura da aveia preta, efetuou-se um levantamento da fertilidade do solo (10/04/2013).

Para tanto, foram coletadas vinte amostras de solo com estrutura deformada, com o auxílio de um trado tipo rosca, na profundidade de 0 a 0,20 m, das quais foi gerada uma amostra composta para posterior análise (RAIJ et al., 2001). Os resultados da análise de solo encontram-se na Tabela 1. Com base nesta, realizou-se a aplicação de calcário dolomítico (PRNT de 87%) buscando elevar a saturação por bases à 70%, com a dose de 1,7 t ha⁻¹ (superficial sem incorporação) em abril de 2013.

Figura 1 - Dados climáticos coletados na estação meteorológica da FEPE, durante o período de condução do Experimento. Selvíria/MS, 2013/2014.



Fonte: A autora

Tabela 1 - Análise química do solo na camada de 0 a 0,20 m, antes da instalação do experimento e da calagem superficial. Selvíria/MS, 2013.

pH (CaCl ₂)	M.O.	P resina	H+Al	K	Ca	Mg	S	SB	V
	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmol _c dm ⁻³)						%
5,0	25	36	36	2,2	19,0	14,0	3,0	35,2	49

Fonte: A autora

O preparo da área foi realizado com dessecação preliminar da flora daninha, com o uso do herbicida Glyphosate (1,44 kg ha⁻¹ do ingrediente ativo (i.a.)), e posterior manejo utilizando triturador horizontal de resíduos vegetais.

3.3 Experimento I – Aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) sob Sistema Plantio Direto (SPD)

Conduziu-se este experimento no ano agrícola de 2013.

3.3.1 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 2, ou seja, cinco doses de fósforo aplicados a lanço na semeadura da aveia preta cultivar IAPAR 61 (0; 30; 60; 120 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de MAP), com e sem a inoculação das sementes com a bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense*, fornecida pelo inoculante AZO Total (EMBRAPA) na dose de 100 mL 25 kg⁻¹ de sementes. A inoculação das sementes foi efetuada momentos antes da semeadura e à sombra. Cada unidade experimental (parcela) apresentou a dimensão de 4,4 m de largura e 10 m de comprimento, perfazendo 44 m².

3.3.2 Instalação e condução do experimento

No dia 12/06/2013 a aveia preta (cv. IAPAR 61) foi semeada mecanicamente por meio de semeadora-adubadora com mecanismo sulcador tipo disco duplo desencontrado para SPD, em área irrigada (pivô central), numa profundidade de aproximadamente 0,03 m, espaçamento entre linhas de 0,17 m e com uma densidade de 60 sementes por metro (Figura 2). No dia da semeadura as sementes foram inoculadas ou não com a bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense*.

A adubação de semeadura (12/06/2013) constou da aplicação a lanço do MAP como fonte de fósforo, nas doses de acordo com cada tratamento (0, 30, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅), corrigindo-se a quantidade necessária de N, na semeadura, pelo uso de ureia, uma vez que o MAP continha 12% de N. Na adubação de cobertura (03/07/2013) foram aplicados 60 kg ha⁻¹ de K₂O, seguindo as recomendações de Camargo et al. (1997).

As plantas foram conduzidas até o estágio de início de enchimento de grãos (Figura 3) e assim coletadas (02/10/2013) plantas para as avaliações. Posteriormente a esta coleta, as plantas da área experimental foram dessecadas (04/10/2013) com o herbicida Glyphosate (1,44 kg ha⁻¹ do ingrediente ativo (i.a.)), sem ceifa.

Figura 2- Semeadura da Aveia preta

Fonte: A autora

Figura 3- Aveia preta no florescimento

Fonte: A autora

3.3.3 Avaliações realizadas

a) Determinação de comprimento da raiz primária e altura da planta de aveia preta

Foram coletadas manualmente 10 plantas dentro de 1 m² (quadrado de metal de 1,0 x 1,0 m) de cada parcela e efetuadas as avaliações de mensuração com auxílio de régua graduada em mm do comprimento das raízes primárias (distância entre o colo da planta até o ápice radicular) e da altura das plantas (distância entre o colo até o ápice da inflorescência).

b) Determinação de massa verde e matéria seca de parte aérea e raízes da aveia preta

As plantas foram separadas em raízes e parte aérea, advindas de 3 repetições de 1 m² (quadrado de metal de 1,0 x 1,0 m) de cada parcela, as quais foram identificadas, efetuada as pesagens em balança de precisão de 0,01 g, e secas em estufa a 65°C até massa constante, para determinação da matéria seca da parte aérea e raízes.

c) Determinação dos teores de nutrientes da parte aérea e raízes da aveia preta

Após secos em estufa a 65°C, os materiais (parte aérea e raízes) foram moídos (09/10/2013) em moinho do tipo Willey com malha de 2 mm, e em laboratório foram realizadas as análises para obtenção dos teores nutricionais (N, P, K, Ca, Mg e S) das diferentes frações (parte aérea e raízes) conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas, da Faculdade de Engenharia (FE/Unesp) – Campus de Ilha Solteira. De posse da produção de matéria seca e teores nutricionais foram calculados os acúmulos de nutrientes por hectare.

3.3.4 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$). O efeito de inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* foram comparados pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Enquanto que o efeito da adubação fosfatada foi avaliado por 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, 1999).

3.4 Experimento II – Cultivo de milho consorciado com capim-Marandu em sistema plantio direto sobre a palhada de aveia antecessora

Este experimento foi conduzido no ano agrícola de 2013/2014, após a dessecação da cultura de aveia preta implantada no experimento I.

3.4.1 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 5×2 , ou seja, instalado na mesma área das parcelas do experimento I (aveia preta), para avaliar o efeito residual da adubação fosfatada nas cinco doses (0; 30; 60; 120 e 240 kg ha^{-1} de P_2O_5), com e sem a inoculação das sementes do milho com a bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense*, fornecida pelo inoculante AZO Total (EMBRAPA) na dose de $100 \text{ mL } 25 \text{ kg}^{-1}$ de sementes.

Novamente, a inoculação foi efetuada momentos antes da semeadura, à sombra, e as sementes também foram tratadas com fungicidas e/ou inseticidas conforme o padrão comercial da Empresa fornecedora das sementes do híbrido utilizado. Cada unidade experimental (parcela) apresentou a dimensão de 4,4 m de largura e 10 m de comprimento, perfazendo 44 m^2 , aproveitando assim a área experimental anteriormente utilizada no cultivo da aveia preta. O milho foi consorciado com a *Urochloa brizantha* cv. Marandu, semeada conjuntamente nas entrelinhas do milho.

3.4.2 Instalação e condução do experimento

Após as avaliações na aveia preta (02/10/2013) a área foi dessecada (04/10/2013) com uso do herbicida Glyphosate ($1,44 \text{ kg ha}^{-1}$ do ingrediente ativo (i.a.)), deixando as plantas intactas, sem manejo com triturador horizontal de resíduos vegetais.

Com o intuito de efetuar caracterizações do solo para avaliar o efeito da decomposição da palha e do residual da adubação fosfatada sobre a fertilidade foram realizadas coletas de solo, por parcela, na camada 0 a 0,20 m. Para tanto, foram coletadas (07/11/2013) dez amostras simples por parcela, com auxílio de um trado tipo rosca, das quais foram geradas

amostras compostas, as quais foram levadas para a secagem e análise química conforme metodologia proposta por Raij et al. (2001).

O milho foi semeado no dia 04/12/2013, em sistema plantio direto sobre a palhada de aveia preta antecessora, com semeadora-adubadora de mecanismo sulcador do tipo haste (Figura 4). Utilizou-se o híbrido simples AG 8088 YG, em espaçamento entre linhas de 0,90 m e população de 60 mil plantas ha⁻¹, adubado na semeadura com 200 kg ha⁻¹ do formulado 20-0-20, seguindo as recomendações de Cantarella et al. (1997).

A semeadura do capim-Marandu foi realizada simultaneamente à do milho, sendo efetuada com outra semeadora-adubadora com mecanismo sulcador do tipo disco duplo desencontrado para SPD, onde foram semeadas duas linhas da forrageira nas entrelinhas da cultura produtora de grãos. As sementes foram acondicionadas no compartimento do fertilizante da semeadora e depositadas na profundidade de 0,07 m, espaçadas em 0,34 m de entre linhas, utilizando-se aproximadamente 7 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis (VC=76%), localizando-se, dessa forma, abaixo das sementes de milho. Após a semeadura do consórcio milho/capim-Marandu, realizou-se o estaqueamento da área (11/12/2014).

Em 06/01/2014, quando a cultura do milho atingiu o estágio fenológico V6 (seis folhas totalmente desenvolvidas), procedeu-se a adubação de cobertura, aplicando-se manualmente 120 kg ha⁻¹ de N, na forma de sulfato de amônio. A adubação de cobertura foi realizada próxima às linhas do milho, sendo feita após a adubação, irrigação da área experimental com uma lâmina de 14 mm para incorporação do adubo ao solo.

3.4.3 Avaliações realizadas

a) Determinação das leituras de índice de clorofila foliar (ICF) com o clorofilômetro

No período do florescimento, após a emissão da inflorescência feminina (Figuras 5 e 6), ou seja, no momento em que mais de 50% das plantas encontravam-se pendoadas e com a presença de estilo-estigmas (cabelo), foram efetuadas as leituras ICF (30/01/2014) utilizando-se clorofilômetro digital (CFL 1030 - Falker). As leituras foram realizadas no terço médio das folhas da base da espiga, utilizando-se em média 10 folhas por parcela (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

b) Determinação dos teores de nutrientes foliares no milho

Para diagnose foliar, coletaram-se da área útil da parcela, 20 terços médios das folhas opostas imediatamente abaixo da espiga principal aproveitando-se as colhidas para as leituras de índice de clorofila foliar (30/01/2014). Depois de colhidos, os terços médios das folhas foram acondicionados em sacos de papel e secos em estufa de circulação forçada de ar a 65°C

durante 72 horas. Posteriormente, o material foi moído em equipamento dotado de peneira com crivo de 1 mm, e em seguida, foram encaminhadas para análise da matéria seca quanto aos teores de N, P, K, Ca, Mg e S (MALAVOLTA et al., 1997).

c) Determinação dos atributos morfológicos, componentes da produção e produtividade de grãos da cultura do milho

Um dia antes da colheita (01/04/2014), foram mensurados os componentes morfológicos (diâmetro basal do colmo, altura da planta e da inserção da espiga principal) e os componentes da produção (população de plantas, número de espigas ha⁻¹) (Figuras 7 e 8).

A contagem do número de plantas e do número de espigas foi efetuada na área útil da parcela (duas linhas centrais desprezando-se um metro em ambas as extremidades) em cada unidade experimental. As alturas das plantas (ALTP) e da inserção da espiga principal (AIE) foram determinadas mediante mensuração, com régua graduada em centímetros, da distância entre o colo da planta e a inserção do pendão floral e a distância entre o colo da planta e a espiga principal, respectivamente em 10 plantas por parcela.

O diâmetro basal do colmo (DBC) foi determinado no segundo entrenó acima do solo com o auxílio de paquímetro. Estas determinações foram efetuadas em 10 plantas aleatoriamente dentro da área útil de cada unidade experimental, por ocasião da avaliação do estande final de plantas.

A colheita das espigas de milho foi realizada em 02/04/2014, das quais foram efetuadas as avaliações dos outros componentes da produção (comprimento de espiga, número de fileiras de grãos/espiga, de grãos/fileira, de grãos/espiga, massa de grãos/espiga e de 100 grãos).

O comprimento da espiga principal (CE) foi determinado com régua graduada em centímetros, em dez espigas aleatoriamente coletadas em cada unidade experimental (Figura 9). Posteriormente foram avaliados o número de fileiras de grãos por espiga (NFE) e o número de grãos por fileira (NGF). O número de grãos por espiga (NGE) foi calculado multiplicando-se o NF pelo NGF, em dez espigas por parcela. A massa de 100 grãos (M100) foi determinada pela média dos grãos de quatro amostras de 100 grãos, e os resultados foram corrigidos para o teor de 13% de umidade (base úmida).

A produtividade de grãos (PROD) foi determinada colhendo-se manualmente todas as espigas das plantas contidas na área útil da parcela. Após a colheita, as espigas foram debulhadas mecanicamente, pesando-se os grãos, calculando-se a produtividade da parcela, extrapolada para kg ha⁻¹ e corrigida para as condições de 13% de umidade.

d) Determinação da produtividade de massa seca da parte aérea do milho e do capim-Marandu

Após a colheita do milho (03/04/2014), foram avaliadas as produtividades de palha resultante da cultura do milho e do capim por tratamento. Para tanto, foram coletados os resíduos de plantas de milho em 2 m de linha/parcela. Em cada uma das amostras o material cortado foi pesado e colocado em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C até massa constante, para a quantificação da PMS (extrapolada para kg ha⁻¹). Posteriormente, o material foi moído e determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg e S (MALAVOLTA et al., 1997).

No mesmo dia da coleta dos resíduos de plantas de milho (03/04/2014), foram coletadas 3 repetições de 1 m² (quadrado de metal de 1,0 x 1,0 m) da parcela (altura de corte de 0,05 m) do capim-Marandu. Em cada uma das amostras o material cortado foi pesado para determinação da massa fresca e colocado em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C até massa constante, para a quantificação da PMS (extrapolada para kg ha⁻¹). A matéria seca produzida foi pesada e moída e para avaliação dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S (MALAVOLTA et al., 1997), para posterior cálculo do acúmulo de nutrientes na parte aérea e possível aporte de nutrientes ao solo.

e) Determinação da produtividade de massa seca do capim-Marandu após simulação do período de vedação do pasto

Na pastagem formada após o consórcio (28/05/2014), aproximadamente 60 dias após a colheita do milho (período de vedação do pasto) (Figura 10), foram realizadas amostragens para determinação da produtividade de matéria seca da parte aérea do capim-Marandu em 3 repetições de 1 m² (quadrado de metal de 1,0 x 1,0 m), adotando-se como altura de corte 0,30 m, simulando o pastejo. Em cada uma das amostras, o material cortado foi pesado e colocado em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C até massa constante, para a quantificação da PMS (extrapolada para kg ha⁻¹).

A matéria seca produzida foi pesada e moída e para avaliação dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S (MALAVOLTA et al., 1997), para posterior cálculo do acúmulo de nutrientes na parte aérea e possível aporte de nutrientes ao solo.

f) Determinação da composição bromatológica do capim-Marandu

Da matéria seca advinda do capim coletado após o consórcio (28/05/2014), foi também analisada quanto aos teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e lignina (LIG), conforme metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002), e estimados os teores de NDT pela equação

[$NDT = 83,79 - (0,4171 \times FDN)$] sugerida por Cappelle et al. (2001). Para a obtenção da digestibilidade da matéria seca (DMS), foi utilizada a equação [$DMS = 88,9 - (0,779 \times FDA)$] proposta por Linn e Kuehn (1997).

Figura 4- Pós-semeadura do consórcio



Fonte: A autora

Figura 5- Fase de coleta de folhas



Fonte: A autora

Figura 6- Cultura de milho no florescimento



Fonte: A autora

Figura 7- Cultura de milho aos 105 DAE



Fonte: A autora

Figura 8- Consórcio no dia da colheita

Fonte: A autora

Figura 9- Espigas de milho do experimento

Fonte: A autora

Figura 10- Capim-Marandu 60 dias após colheita do milho

Fonte: A autora

3.4.4 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$). O efeito de inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* foram comparados pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Enquanto que o efeito da adubação fosfatada residual foi avaliado por 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, 1999).

3.5 Experimento III – Cultivo do feijoeiro de inverno sobre a palhada do consórcio milho/capim-Marandu

Este experimento foi conduzido no ano de 2014, após a dessecação do capim-Marandu do experimento II.

3.5.1 Delineamento experimental e tratamentos

Os tratamentos foram constituídos da semeadura da cultura do feijão de inverno (irrigado) sobre a palhada do consórcio milho/capim-Marandu, nas áreas das parcelas referentes à inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* do milho antecessor e as cinco doses de fósforo aplicadas na cultura da aveia preta anteriormente ao cultivo do consórcio, para avaliação do residual da adubação e contribuição da palhada na nutrição da planta e produtividade de grãos. Portanto, utilizou-se o mesmo delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 2 das parcelas dos experimentos anteriores.

3.5.2 Instalação e condução do experimento

Com o objetivo de efetuar caracterizações do solo para avaliar o efeito da decomposição da palha e do residual da adubação fosfatada sobre a fertilidade do solo foram realizadas coletas na camada 0 a 0,20 m. Para tanto, foram coletadas (26/05/2014) dez amostras simples por parcela, com auxílio de um trado tipo rosca, das quais foram geradas amostras compostas para serem submetidas a secagem e análise química conforme metodologia proposta por Raij et al. (2001).

Em 28/05/2014 foi efetuada a dessecação do capim-Marandu com herbicida Glyphosate na dose de 1440 g ha⁻¹ do i.a., e no dia 02/06/2014 as plantas foram manejadas com triturador horizontal de resíduos vegetais (triton) (Figura 11). Posteriormente, no dia 03/06/2014, o feijão cv. Pérola foi semeado mecanicamente com uso de semeadora-adubadora com mecanismo sulcador do tipo haste (facão) para SPD (Figura 12), em espaçamento de 0,45 m entre fileiras, distribuindo-se 15 sementes m⁻¹. Como adubação de semeadura foram aplicados 20 kg de N e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente utilizando como fontes a ureia e o KCl. Para tratamento das sementes utilizou-se 50 g i.a. Carboxina + 50 g i.a. Tiran/100 kg de sementes. Como adubação em cobertura, aos 30 dias após a emergência das plantas (estádio V4) utilizou-se 50 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia.

Não foram necessárias pulverizações de herbicidas, fungicidas e inseticidas durante o ciclo do feijoeiro (Figura 13).

3.5.3 Avaliações realizadas

a) Determinação das leituras de índice de clorofila foliar (ICF)

No florescimento do feijoeiro (R5) (29/07/2014), foram efetuadas leituras indiretas do teor foliar de clorofila, utilizando-se clorofilômetro digital (CFL 1030 - Falker), equipamento portátil que permite medições instantâneas na folha através de leituras ICF. As leituras foram feitas no terceiro trifólio completamente desenvolvido, com média de 10 leituras por folíolo, em dez plantas/parcela.

b) Determinação dos teores de nutrientes foliares do feijoeiro

No mesmo dia das leituras ICF foliares, foram coletados 20 trifólios maduros (3º trifólio) por parcela, os quais foram acondicionados em sacos de papel, devidamente identificados, levados ao laboratório e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura de 65°C até atingir massa constante, e posteriormente moídas em moinho tipo Wiley para determinação dos teores de macronutrientes, conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

c) Determinação dos atributos morfológicos, componentes da produção e produtividade de grãos do feijão de inverno

Ao final do ciclo da cultura (Figura 14) no dia (10/09/2014), as plantas da área útil de cada parcela (4 linhas centrais com 2 m de comprimento) foram colhidas e avaliadas quanto ao número de plantas por unidade experimental, afim da determinação do estande final de plantas (EFP), além da determinação da altura de inserção da primeira vagem (AIPV), em 10 plantas por parcela. Para determinação dos componentes da produção, foram utilizadas 10 plantas colhidas aleatoriamente na área útil de cada parcela, onde foram avaliados o número de vagens por planta (NVP), o número de grãos por vagem (NGV) e a massa de 100 grãos (M100), sendo os resultados corrigidos para o teor de 13% de umidade. Para determinação da produtividade de grãos (PG), todas as plantas da área útil da parcela foram trilhadas mecanicamente, pesadas, e posteriormente calculada e extrapolada para kg ha⁻¹ e corrigidos para o teor de 13% de umidade (base úmida).

3.5.4 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$). O efeito de inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* na aveia preta e no milho antecessores foram comparados pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Enquanto que o efeito da adubação fosfatada residual foi avaliado por 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, 1999).

Figura 11- Área de consórcio

Fonte: A autora

Figura 12- Dia da semeadura do feijoeiro

Fonte: A autora

Figura 13- Cultura do feijoeiro 56 DAE

Fonte: A autora

Figura 14- Maturação do feijoeiro

Fonte: A autora

3.6. Caracterização da fertilidade do solo

Após o cultivo da aveia preta, do consórcio (milho com capim-Marandu) e da cultura do feijoeiro foram efetuadas coletas de solo, para avaliar o efeito de decomposição da palha e do residual da adubação fosfatada sobre a fertilidade na camada de 0-0,20 m. Para tanto, coletaram-se dez amostras simples por parcela após cada cultivo, com auxílio de trado tipo rosca, das quais foram geradas amostras compostas para a secagem e análise química conforme metodologia proposta por Raij et al. (2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito dos tratamentos sobre a Aveia Preta

A inoculação com *A. brasilense* incrementou as quantidades de N e P acumuladas na matéria seca, bem como a altura de plantas e a produção de matéria seca da parte aérea da aveia preta (Tabela 2). Entretanto, não houve diferença significativa entre as plantas inoculadas ou não para o acúmulo de K, Ca, Mg e S na parte aérea da aveia preta.

Tabela 2 - Médias de altura da planta, massa seca de parte aérea e teores de macronutrientes acumulados pela aveia preta, em função da inoculação ou não por *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada. Selvíria/MS, 2013.

Treatments	Altura cm	MSPA	N	P	K	Ca	Mg	S
kg ha ⁻¹								
Inoculação – I								
Sem	126,90b	2.912b	28,1b	6,7b	27,6a	6,6a	3,8a	4,3a
Com	135,30a	3.162a	40,6a	7,7a	23,0a	6,5a	4,1a	4,8a
Teste F	14,93**	2,11*	32,12**	7,50*	3,85 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,52 ^{ns}	3,07 ^{ns}
DMS	4,46	352,17	4,50	0,70	4,8	1,3	0,7	0,7
P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) – D								
0	127,50	2.425 ^(a)	27,9 ^(b)	5,3 ^(c)	24,5	4,8 ^(d)	3,2	3,8
30	132,50	2.936	36,3	7,9	25,5	6,0	3,7	4,8
60	129,10	3.024	27,5	6,7	23,7	6,6	3,5	4,3
120	132,00	3.314	38,3	8,0	27,8	8,3	5,0	5,0
240	134,40	3.488	41,9	8,2	24,7	6,9	4,3	4,8
Teste F – D	1,28 ^{ns}	4,51**	6,76**	8,49**	0,36 ^{ns}	3,32*	3,07 ^{ns}	2,00 ^{ns}
DMS	10,04	792,86	10,20	1,70	10,8	2,9	1,7	1,5
Modelo equação	-	L	L	Q	-	Q	-	-
R ² (%)	-	78,98	61,96	62,55	-	96,52	-	-
Teste F – E	-	15,10**	8,15**	4,35*	-	7,30*	-	-
Teste F – I x D	0,68 ^{ns}	0,28 ^{ns}	1,66 ^{ns}	1,55 ^{ns}	1,46 ^{ns}	2,01 ^{ns}	1,08 ^{ns}	0,40 ^{ns}
CV (%)	5,24	17,87	20,29	16,35	29,15	30,36	28,88	22,28

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

Fonte: A autora

Quando as sementes de aveia preta foram inoculadas por *A. brasilense* resultaram em plantas com maior porte quando comparadas com as plantas oriundas das sementes não inoculadas. Os resultados assemelham-se aos relatados por Domingues Neto et al. (2014), que estudando a inoculação de *A. brasilense* em sementes de aveia, constataram maior altura nas plantas inoculadas em relação a testemunha independente da dose utilizada do inoculante. Nakao et al. (2014) também verificaram maior altura nas plantas de sorgo granífero que receberam aplicação de *A. brasilense* via foliar. Contudo, Cavallet et al. (2000) e Nakao et al. (2014) não relataram efeito do *A. brasilense* sobre a altura das plantas de milho, sendo que, o primeiro trabalhou com a inoculação nas sementes e o segundo com a aplicação via foliar da bactéria.

A maior altura das plantas inoculadas refletiu em maiores produções de matéria seca (Tabela 2). Provavelmente a associação simbiótica estabelecida entre as plantas de aveia e as bactérias diazotróficas proporcionaram maior absorção de nutrientes, que resultaram em plantas de maior porte. Maiores teores de nutrientes nas células maximizam a síntese de carboidratos, lipídios e proteínas, substâncias de elevado peso molecular. Além do mais, na literatura existem vários trabalhos confirmando que o *Azospirillum* produz fitohormônios que estimulam o crescimento das raízes e parte aérea de diversas espécies de plantas (TIEN; GASKINS; HUBBELL, 1979).

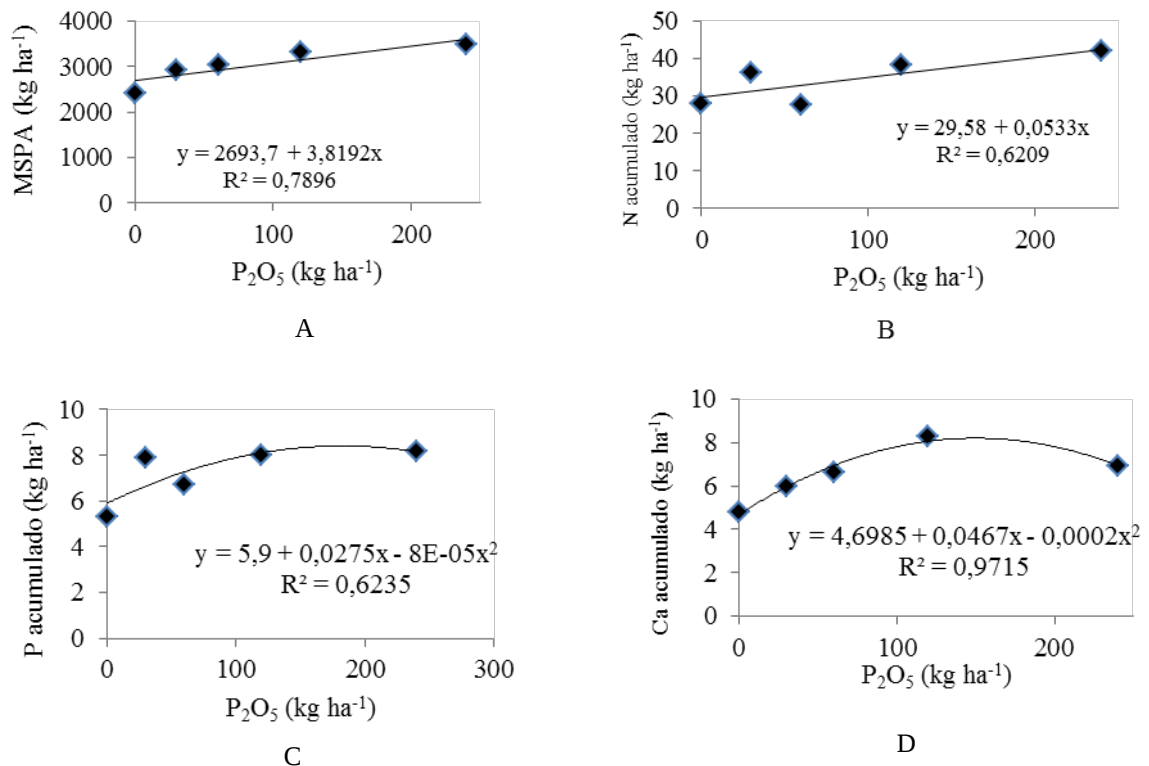
As plantas oriundas das sementes inoculadas acumularam maiores quantidades de N e P (Tabela 2), com destaque para o acúmulo de N (32% superior ao constatado para as plantas não inoculadas). O *A. brasilense* favorece a fixação de N_2 , resultando em maiores teores deste nutriente nos tecidos vegetais, além disso, pode-se inferir que a associação simbiótica estabelecida entre a planta e a bactéria elevou a capacidade de absorção do P disponível no solo, resultando em teores mais elevados do nutriente na planta. Desta forma, o *A. brasilense* torna-se importante não apenas na fixação do N_2 atmosférico, mas também, favorecendo maior absorção de nutrientes com pouca mobilidade no solo, como o P.

Tais resultados assemelham-se aos obtidos por Roesch et al. (2006) que afirmaram haver interação entre bactérias diazotróficas e gramíneas em termos de potencial agrônomo, fixação de N e promoção do crescimento, e estas são dependentes de fatores bióticos e ambientais, tais como genótipo da planta, comunidade microbológica do solo e disponibilidade de N.

A aplicação de P_2O_5 realizada a lanço na semeadura da aveia influenciou positivamente a matéria seca da parte aérea das plantas, além de influenciar no acúmulo de N, P e Ca, exceto para Mg e S (Tabela 2). Deste modo, para a produção de matéria seca houve resposta positiva linear (Figura 15A) com a aplicação de P_2O_5 . Prado, Romualdo e Vale (2006) relataram o efeito da aplicação de P na produção da matéria seca da aveia preta, em condições de vaso, com Latossolo Vermelho distrófico, constatando-se maiores produções decorrentes da aplicação de 200 mg dm^{-3} de P.

Assim, os resultados superiores constatados para a matéria seca das plantas cultivadas nas áreas submetidas a aplicação de P_2O_5 ocorreu, em parte, devido ao aumento dos teores de P nos tecidos vegetais da planta, reflexo do incremento de P no solo.

Figura 15 - Massa seca de parte aérea (A), teor de N acumulado (B), teor de P acumulado (C) e teor de Ca acumulado (D) na matéria seca das plantas de aveia preta. Selvíria/MS, 2013.



Fonte: A autora

Os resultados obtidos demonstram que houve resposta positiva a aplicação de P_2O_5 para o acúmulo de P na planta. Entretanto, os resultados se ajustaram um modelo quadrático (Figura 15C). Observou-se também que a quantidade de P_2O_5 acumulada pela aveia, na dose de 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 , foi semelhante ao constatado na dose de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Tal resultado pode ser atribuído à formação de compostos com baixa solubilidade como o fosfato de cálcio. Essa hipótese é reforçada pelos resultados de Ca acumulado na matéria seca (Figura 15D), que apresentou redução no seu teor a partir da maior dose aplicada de P_2O_5 e, com os resultados ajustando-se de forma quadrática e melhor resposta obtida para a aplicação de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

O incremento de P_2O_5 ao solo promoveu maior acúmulo de N nas plantas, com os resultados se ajustando a função linear (Figura 15B). Assim, pode-se inferir que o incremento de P ao solo não promove efeito antagônico deste nutriente sobre a absorção de N e, que o aumento na concentração de N, decorrentes do incremento de P_2O_5 podem estar relacionados com o valor do pH do solo, que favoreceu maior nitrificação com consequente absorção do N, evidenciando adequado equilíbrio entre os nutrientes. Contudo, resultados contrários foram constatados por Prado, Romualdo e Vale (2006) que não observaram aumento no teor de N

nos tecidos vegetais em função da aplicação de P. Entretanto, se assemelham aos resultados obtidos por Araújo et al. (2010) que verificaram aumento nos teores de N pela aplicação de P na cultura do milho.

Os teores de S na parte aérea das plantas de aveia não foram alterados pelos tratamentos (Tabela 2). A ausência de resultados para os teores de S em relação a inoculação ou não por *A. brasilense* pode estar relacionada ao aumento no teor de N acumulado na matéria seca das plantas, pois, o N por ser um ânion monovalente, é adsorvido preferencialmente nos locais de troca do solo. Deste modo, o aumento do N decorrente da utilização do *A. brasilense* pode ter favorecido uma menor absorção do S. Situação semelhante foi observada para os tratamentos com incremento de P_2O_5 ao solo, já que, altos níveis de P no solo podem ter inibido uma maior absorção dos íons sulfatos.

Mesmo sem diferenças significativas entre os tratamentos para comprimento de raízes da aveia, constatou-se que as plantas inoculadas exibiram maior quantidade de massa seca de raiz. Isto, provavelmente, se deve ao fato de que o *A. brasilense* favorece a produção de fitohormônios como auxinas e giberelinas que induzem a formação de pelos radiculares e raízes secundárias (RADWAN; MOHAMED; REIS, 2004), resultando num maior volume destas em relação às plantas não inoculadas. Esses resultados se assemelham aos relatados por Domingues Neto et al. (2014), os quais constataram maior produção de matéria seca de raízes de aveia oriundas de sementes inoculadas com *A. brasilense*.

A inoculação por *A. brasilense* também influenciou de forma significativa no acúmulo de N e Mg nos tecidos radiculares (Tabela 3), pois as plantas inoculadas apresentaram acúmulos de N e Mg na matéria seca das raízes superiores aos observados para as plantas não inoculadas. Os resultados constatados para o N são decorrentes da capacidade da bactéria em fixar o N_2 atmosférico e disponibilizá-lo para a planta hospedeira. Deste modo, o *A. brasilense* demonstra papel fundamental à nutrição mineral das plantas de aveia preta, visto que, após inoculadas as plantas exibiram maiores teores de N e Mg, sendo o primeiro essencial na formação de aminoácidos e proteínas e, o segundo fundamental para a constituição e funcionamento da molécula de clorofila.

Quanto aos demais macronutrientes acumulados nos tecidos radiculares, houve efeito da interação doses de P_2O_5 e inoculação para K, Ca e S (Tabela 3). Os resultados do presente trabalho contrariam os relatados por Prado, Romualdo e Vale (2006), que trabalhando, em vaso, com aplicação de P e N na cultura da aveia preta observaram que a aplicação de P influenciou significativamente os macronutrientes acumulados na raiz, com exceção para o S acumulado.

Tabela 3 - Médias do comprimento de raízes (CR), produção de massa seca de raiz (MSR) e acúmulo de macronutrientes pelas raízes da aveia preta, em função da inoculação ou não por *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada. Selvíria/MS, 2013.

Tratamentos	CR cm	MSR	N	P	K	Ca	Mg	S
kg ha ⁻¹								
Inoculação – I								
Sem	13,85a	293,0b	2,0b	0,4a	2,1a	0,8a	0,4b	1,0a
Com	12,90a	333,0a	2,5a	0,4a	2,0a	0,9a	0,6a	1,0a
Teste F	3,19 ^{ns}	5,03*	5,02*	2,75 ^{ns}	0,52 ^{ns}	1,51 ^{ns}	11,95**	0,42 ^{ns}
DMS	1,08	36,0	0,5	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2
P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) – D								
0	12,75	312,0	2,4	0,4	1,9	0,9	0,5	1,2
30	13,25	297,0	2,3	0,4	2,0	0,8	0,4	1,1
60	12,87	306,0	2,1	0,4	1,9	0,8	0,5	0,9
120	13,75	281,0	2,1	0,4	1,9	1,0	0,4	0,9
240	14,25	370,0	2,5	0,5	2,5	0,8	0,5	1,0
Teste F – D	1,10 ^{ns}	2,89 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,46 ^{ns}	2,09 ^{ns}	1,54 ^{ns}	0,61 ^{ns}	2,73*
DMS	2,45	82,0	1,0	0,2	0,7	0,3	0,2	0,3
Modelo Equação	-	-	-	-	-	-	-	-
R ² (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F - E	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F – I x D	0,31 ^{ns}	1,84 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,25 ^{ns}	3,03*	3,83*	0,58 ^{ns}	9,67**
CV (%)	12,56	17,91	30,86	28,51	23,53	20,36	30,68	22,75

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

Fonte: A autora

No desdobramento da interação, as plantas que não foram inoculadas e foram cultivadas nas áreas que não receberam aplicação de P₂O₅ apresentaram maiores acúmulos de S quando comparadas às plantas inoculadas sem adubação fosfatada (Tabela 4). Entretanto, a aplicação de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionou resultados superiores em relação às plantas que não foram inoculadas via semente. As plantas de aveia preta não inoculadas, independente dos tratamentos com aplicação de P₂O₅, exibiram resultados que se adequaram a uma tendência quadrática, com valores menos expressivos de S, com ponto de mínimo calculado, para a dose de 167 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 4).

Justifica-se tal resultado pelo aumento da dose de P₂O₅, elevando-se os teores de H₂PO₄⁻ disponível na solução do solo e alterando o equilíbrio entre os ânions fosfatos e sulfatos. Estes íons competem pelo mesmo sítio de troca na fase sólida dos solos e, em condições normais, os ânions fosfatos tem preferência pelos locais de troca na camada arável (0-0,20 m), onde se concentra a maior parte das raízes. Assim, é possível inferir que o incremento de P₂O₅ ao solo reduziu o acúmulo de íons sulfatos nos tecidos radiculares das plantas de aveia preta que não

foram inoculadas, pela provável lixiviação de íons SO_4^{-2} , fato que pelo crescimento radicular superficial das raízes pode ter acarretado em menor absorção (Tabela 4).

A não ocorrência de efeitos positivos da aplicação de P_2O_5 sobre os teores de P acumulados nas raízes pode estar relacionada ao fato do nutriente apresentar grande mobilidade na planta. Desta forma, o P absorvido pelas raízes foi rapidamente redistribuído para a parte aérea, região responsável pela maior parte da síntese dos compostos bioquímicos do qual o elemento se faz necessário.

Tabela 4 - Desdobramento da interação inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada na cultura da aveia para K, Ca e S acumulados no sistema radicular. Selvíria/MS, 2013.

Inoculação	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Equação	R ² (%)
	0	30	60	120	240		
K acumulado (kg ha ⁻¹)							
Sem	2,0a	2,2a	2,0a	1,5b	2,7a	Y= 2,247-0,011x+0,00005x ² *	75,64
Com	1,7a	1,9a	1,7a	2,4a	2,2a	-	ns
Ca acumulado (kg ha ⁻¹)							
Sem	1,0a	0,8a	0,9a	0,8b	0,7a	-	ns
Com	0,8a	0,8a	0,8a	1,2a	0,9a	Y= 0,710+0,0053x-0,00002x ² *	61,36
S acumulado (kg ha ⁻¹)							
Sem	1,6a	0,8b	0,9a	0,8a	0,9a	Y= 1,397-0,01x+0,00003x ² **	65,91
Com	0,8b	1,4a	0,9a	1,0a	1,1a	-	ns

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **e *: significativo a 1 e 5% respectivamente. ns: não significativo.

Fonte: A autora

Para o K acumulado nas raízes, verificou-se maior valor com utilização do *A. brasilense* combinado à dose de 120 kg ha⁻¹ (Tabela 4). As plantas de aveia não inoculadas, independente da adubação fosfatada, exibiram resultados com ajuste quadrático com ponto de mínimo calculado para 110 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , com menor valor médio alcançado. Para as plantas oriundas das sementes inoculadas, os resultados obtidos diferem dos relatados por Prado, Romualdo e Vale (2006), que verificaram aumento no teor de K em função da aplicação de P em aveia preta. Rosolem e Marcello (1998) também constataram aumento no teor de K na raiz de soja devido ao uso crescente de P.

Resultados semelhantes aos constatados para o K foram observados para o Ca acumulado nas raízes, que exibiram valores superiores nas plantas inoculadas cultivadas nas áreas que receberam 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 (Tabela 4). Também se verificou que as plantas inoculadas responderam ao incremento de P_2O_5 , com os resultados adequando-se em um modelo quadrático com ponto de máximo na dose de 132 kg ha⁻¹ (Tabela 4).

4.2 Safra de milho inoculado ou não com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada residual consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu

Analisando-se o estado nutricional dos tecidos foliares do milho, verificou-se efeito da inoculação das sementes de milho com *Azospirillum brasilense* sobre os teores de P, Mg e S, sendo estes, respectivamente, 10; 6,7 e 15% superiores aos teores avaliados nas plantas provenientes das sementes não inoculadas (Tabela 5). Entretanto, vale ressaltar que, em comparação aos valores críticos de nutrientes foliares para milho, citados por Cantarella et al. (1996), os teores de N, K, Ca, Mg foliares ficaram abaixo do nível crítico.

Hungria et al. (2010), avaliando a inoculação com estirpes selecionadas de *Azospirillum brasilense* e *A. lipoferum* na melhoria da produtividade de milho e trigo no Brasil, relataram efeito na absorção de vários macros e micronutrientes pelas plantas inoculadas, com aumento na eficiência do uso desses nutrientes disponíveis.

Para o índice de clorofila foliar (ICF), não houve diferença significativa para inoculação com *Azospirillum brasilense* (Tabela 5). Explicação pode ser atribuída ao histórico de SPD da área experimental, pois a ciclagem de N da palhada residual é maior que a imobilização em áreas com mais de 10 anos de SPD. Além do mais, segundo Hungria (2011), outro fator a ser considerado é que certas gramíneas, como as braquiárias, em cultivos sucessivos podem ser hospedeiras de bactérias diazotróficas nativas do solo, e pelo histórico da área de 2 anos de pastagem anterior ao feijão de inverno, aveia preta e depois o consórcio do milho com capim-Marandu, podem justificar esta ausência de resposta.

Dobbelaere et al. (2001), mencionam que a fixação biológica do N atmosférico pode contribuir no mecanismo de promoção do crescimento, maximizando a capacidade das plantas em absorver e assimilar os nutrientes do solo. Neste sentido, Jordão et al. (2010) e Kappes et al. (2011), em seus trabalhos com inoculação de *A. brasilense* nas sementes de milho, constataram maiores índices de clorofila foliar nos tratamentos com a presença da bactéria diazotrófica, entretanto, em solos arenosos e em áreas em início de SPD, sem consórcio com braquiárias.

Baseando-se em dados acumulados durante 22 anos de pesquisa com experimentos de inoculação a campo, Okon e Vanderleyden (1997) concluíram que o gênero *Azospirillum* spp. promove ganhos em produtividade de importantes culturas nas mais variadas condições de clima e solo; contudo, salientam que o ganho com *Azospirillum* spp. vai mais além do que simplesmente auxiliar na fixação biológica do N₂, auxiliando também no aumento da superfície de absorção das raízes da planta e, conseqüentemente, no aumento do volume de substrato do solo explorado, papel este, fundamental na absorção de nutrientes pouco móveis

no solo, como é o caso do P e Mg e até dos mais móveis como o S, fato este verificado no presente trabalho (Tabela 5).

Tabela 5 - Médias dos teores de macronutrientes foliares e índice de clorofila foliar (ICF) do milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	ICF
g kg ⁻¹							
Inoculação – I							
Sem	24,8a	2,8b	14,9a	1,9a	0,9b	1,7b	51,31a
Com	25,5a	3,0a	15,9a	1,9a	1,0a	2,0a	52,77a
Teste F	1,60 ^{ns}	4,66*	2,61 ^{ns}	0,65 ^{ns}	9,57**	37,60**	2,11 ^{ns}
DMS	1,0	0,1	1,3	0,1	0,1	0,1	2,05
P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) – D							
0	25,4	2,9	15,0	1,9	1,0	1,8	49,98
30	25,1	2,8	16,0	1,8	0,9	1,9	54,66
60	25,6	3,0	15,8	2,1	1,0	1,9	51,66
120	25,6	2,9	15,8	1,9	0,9	1,8	51,55
240	23,9	2,8	14,5	1,8	0,8	1,7	52,35
Teste F – D	1,70 ^{ns}	1,75 ^{ns}	0,82 ^{ns}	2,83 ^{ns}	2,09 ^{ns}	2,71*	2,30 ^{ns}
DMS	2,3	0,3	2,9	0,4	0,3	0,2	4,62
Modelo equação	-	-	-	-	-	Q	-
R ² (%)	-	-	-	-	-	74,87	-
Teste F - E	-	-	-	-	-	7,15*	-
Teste F – I x D	0,74 ^{ns}	0,23 ^{ns}	3,19*	1,42 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,18 ^{ns}	1,40 ^{ns}
CV (%)	6,22	6,60	12,72	10,33	9,17	5,22	6,09

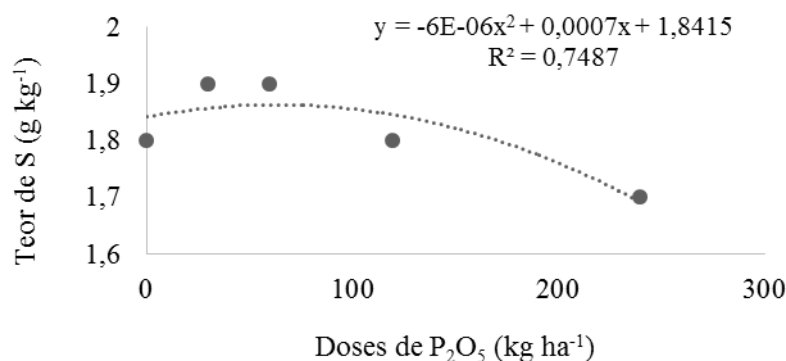
Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

Fonte: A autora

Tal constatação é justificada pelo fato da inoculação modificar a morfologia do sistema radicular, aumentando não apenas o número de radículas mas, também, o diâmetro das raízes laterais e adventícias. Outro fator que pode ter influenciado no aumento do teor de P na planta, seja o fato delas terem produzido maiores quantidade de hormônios promotores de crescimento devido à ação das bactérias.

A adubação residual de P₂O₅ promoveu alterações apenas nos teores de S nos tecidos foliares da planta (Figura 16). Com isso, em função das doses de P₂O₅ aplicados na cultura da aveia preta houve resposta quadrática para o teor de S no milho. A máxima eficiência técnica obtida para o tratamento foi de 1,9 g kg⁻¹ ao aplicar uma dose calculada de 58 kg ha⁻¹ de P₂O₅, pois altos níveis de P no solo podem ter inibido a maior absorção dos íons sulfatos.

Figura 16 - Teor de enxofre nos tecidos foliares da cultura do milho em função do P_2O_5 residual no solo. Selvíria/MS, 2014.



Fonte: A autora

No desdobramento da interação dos tratamentos para o teor de K, foi possível constatar valores superiores do nutriente nas plantas inoculadas ($16,5\ g\ kg^{-1}$) (Tabela 6). Entretanto, vale ressaltar que mesmo as plantas não inoculadas exibiram teores de K considerados adequados para o bom desenvolvimento da cultura (CANTARELLA et al., 1996). Também, as plantas inoculadas exibiram teores de K, em função das doses de P_2O_5 , que se ajustaram de forma linear, respondendo negativamente ao efeito residual de doses crescentes de P_2O_5 .

Tabela 6 - Desdobramento da interação inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada residual para o teor de K nos tecidos foliares do milho. Selvíria/MS, 2014.

Inoculação	P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$)					Equação	R^2 (%)
	0	30	60	120	240		
	K ($g\ kg^{-1}$)						
Sem	15,5a	17,0a	15,0a	14,5a	12,5b	-	ns
Com	14,5a	15,0a	16,5a	17,0a	16,5a	$Y = 16,2875 - 0,1541x^{**}$	79,96

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% respectivamente. ns: não significativo.

Fonte: A autora

A inoculação das sementes de milho com *A. brasilense* proporcionou valores superiores para altura de plantas (AP) e altura de inserção da primeira espiga (AIE) do milho. No entanto, a utilização no *A. brasilense* não proporcionou aumento da população final de plantas (STAND) e da matéria seca destas plantas após a colheita dos grãos (MSP) (Tabela 7).

Resultados da associação bactérias diazotróficas e milho em termos de potencial agrônomo, fixação de nitrogênio ou promoção do crescimento, dependem de muitos fatores bióticos e ambientais, tais como genótipo da planta, comunidade microbológica do solo e disponibilidade de nitrogênio (ROESCH et al., 2006). Assim, Barassi et al. (2008) relataram que a melhoria em parâmetros fotossintéticos das folhas no potencial hídrico, incrementando

o teor de água do apoplasto e maior elasticidade da parede celular, podem aumentar a produção de biomassa e consequentemente a altura de plantas, como aqui verificado.

Para os demais atributos, diâmetro do colmo (DC), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), número de espigas (NE) (Tabela 7), e inclusive para os componentes da produção e produtividade do milho, não houve efeito significativo da inoculação com *A. brasilense* (Tabela 8).

Os menores valores de massa seca obtidos para as plantas inoculadas podem estar diretamente associados a menor população final de plantas inoculadas, pois, evidenciou-se redução no número de plantas inoculadas em comparação às não inoculadas (Tabela 7). Entretanto, isto pode estar mais relacionado as condições edafoclimáticas da região durante a condução do experimento do que propriamente a um efeito negativo do *A. brasilense* sobre as plantas, resultando assim, numa menor população final de plantas com consequente redução da massa destas plantas por unidade de área.

Tabela 7 - Médias de altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de espigas (NE), população final de plantas (STAND) e massa seca das plantas (MSP) de milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.

Tratamentos	AP	AIE	DC	CE	DE	NE	STAND	MSP
	cm					nº		kg ha ⁻¹
Inoculação - I								
Sem	254,19b	121,50b	1,95a	18,48a	4,79a	55.264a	55.278a	10.236a
Com	257,59a	124,97a	2,02a	18,36a	4,74a	54.604a	52.431b	9.038b
Teste F	5,27*	9,77**	3,56 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,18 ^{ns}	0,40 ^{ns}	7,83**	14,37**
DMS	3,05	2,28	0,07	0,80	0,10	2.132	2.088	648,3
P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) – D								
0	255,14	121,94	2,01	18,13	4,72	53.021	53.299	8.711
30	257,08	125,70	1,94	18,35	4,74	54.253	53.004	9.745
60	254,01	123,34	1,96	18,63	4,75	54.722	53.316	10.152
120	257,21	122,56	2,00	18,60	4,80	57.708	55.486	9.415
240	256,00	122,63	2,02	18,38	4,80	54.965	54.167	10.162
Teste F – D	0,66 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,44 ^{ns}	2,20 ^{ns}	0,79 ^{ns}	2,44 ^{ns}
DMS	5,86	5,14	0,15	1,80	0,22	4.799	4.702	1.459,5
Modelo equação	-	-	-	-	-	-	-	-
R ² (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F - E	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F – I x D	2,10 ^{ns}	1,60 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,12 ^{ns}	3,47*	2,05 ^{ns}	4,87**
CV (%)	1,84	2,85	5,20	6,68	3,21	5,98	5,98	10,37

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

Fonte: A autora

Estudando a inoculação de *Azospirillum* em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul, Quadros (2009) observou que houve aumento no volume de raízes nos cultivares avaliados, além de aumentar a produção de matéria seca na parte aérea de plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense*, o que parece estar relacionado com o aumento das atividades das enzimas fotossintéticas.

Também, em estudos com a cultura do milho, Braccini et al. (2012) relataram incrementos na massa seca da parte aérea das plantas em função da inoculação com *Azospirillum brasilense*, porém, associado com uso de biorregulador vegetal e, aplicado via foliar na fase V₄, na região norte do estado do Paraná.

A ausência de efeito da inoculação sobre a massa de 100 grãos assim como, para os demais componentes de produção foram decisivos para a não ocorrência de alterações na produtividade da cultura (Tabela 8). De acordo com Ohland et al. (2005), a massa de grãos é o componente de produção menos alterado pelas práticas de manejo e que, este componente é influenciado pelo genótipo, pela disponibilidade de nutrientes, além das condições climáticas estabelecidas durante os estádios de enchimento dos grãos.

Nesse sentido, resultados positivos para esse importante componente de produção depende primordialmente da absorção e assimilação de quantidades adequadas de nutrientes, dentre eles, o nitrogênio. Assim, a deficiência e/ou baixa disponibilidade deste nutriente no solo e conseqüentemente nos tecidos celulares da planta poderia proporcionar a formação de grãos com menor massa. Como não houve incremento de N nos tecidos foliares das plantas (Tabela 5), pode-se sugerir que os resultados semelhantes obtidos para a massa de 100 grãos estejam associados ao fato das plantas inoculadas não terem acumulado maiores quantidades de N em comparação as plantas não inoculadas.

Cabe destacar também que, segundo Hungria (2011), outro fator a ser considerado é que certas gramíneas, como as braquiárias, em cultivos sucessivos podem ser hospedeiras de bactérias diazotróficas nativas do solo, e pelo histórico da área de 2 anos de pastagem anterior ao feijoeiro de inverno, aveia preta e depois o consórcio do milho com capim-Marandu, podem justificar esta ausência de resposta.

Deste modo, a presença das bactérias nas condições do presente estudo não foi suficiente para incrementar a produtividade de grãos da cultura. Estes resultados obtidos diferem dos constatados por Cavallet et al. (2000), que observaram respostas positivas com a inoculação de *A. brasilense* no milho, com aumento de 17% na produtividade de grãos, de 5.211 para 6.067 kg ha⁻¹. Bartchechen et al. (2010) verificaram, em estudo com inoculante comercial a base de *A. brasilense* combinado a doses de N, que a inoculação proporcionou

resultados de produtividade superiores estatisticamente em relação a testemunha, no entanto, os autores não detectaram diferenças na produtividade com a inoculação isolada ou combinada à adubação nitrogenada de cobertura. Enquanto que Lana et al. (2012) confirmaram os efeitos benéficos da inoculação constatando incrementos de 7 a 15% na produtividade do milho em função da inoculação com *A. brasilense*.

A resposta positiva das plantas à inoculação com bactérias diazotróficas pode ser atribuída a diversos fatores, além da síntese de substâncias promotoras do crescimento, dentre os quais, citam-se a alteração da atividade metabólica por meio de efeitos sobre as membranas celulares e proteção contra fitopatógenos (BASHAN et al., 2004). Também, a presença da bactéria pode favorecer uma maior solubilização de fosfatos e promover aumento na resistência das plantas ao estresse (GRAY; SMITH, 2005).

No entanto, a eficiência das bactérias diazotróficas muitas vezes é reduzida em função destas estarem associadas livremente à planta, seja na rizosfera ou no interior dos tecidos, tornando-se muito susceptíveis ao ambiente (GYANESHWAR et al., 2002), assim como o genótipo da planta hospedeira (INIGUEZ et al., 2004). Além disso, é necessário considerar que as condições de cultivo podem afetar o desempenho esperado com o uso de bactérias diazotróficas, uma vez que em seu trabalho, Campos et al. (2000) não constataram resposta para a produtividade de grãos da cultura do milho, utilizando o inoculante Graminante®, o que possivelmente deu-se em função da especificidade da bactéria ao genótipo avaliado.

O efeito residual das doses de P_2O_5 sobre o desenvolvimento e produtividade da cultura do milho em consórcio com a *U. brizantha* cv. Marandu não exibiu ajustes significativos para nenhum atributo avaliado (Tabelas 7 e 8). Esses resultados são importantes visto que, por meio deles, se pode observar que o residual do P aplicado na cultura antecessora (aveia preta), não resultou em melhorias para as características agrônômicas analisadas e produtividade do milho. Uma das hipóteses é o teor inicial de P no solo de 36 mg dm^{-3} que, atrelado à ciclagem promovida pela palhada da aveia pode ter sido suficiente para o consórcio em sucessão.

Harger et al. (2007) verificaram que para a produção de matéria seca da parte aérea da cultura do milho, a partir da fonte superfosfato triplo, todas as doses diferiram estatisticamente da testemunha, e os dados obtidos se ajustaram a uma função quadrática. Neste caso a produção máxima foi obtida com a dose de 131 kg ha^{-1} de P_2O_5 . No entanto, vale ressaltar que as diferenças de resultados entre os trabalhos são devido ao manejo aplicado a cultura e ao teor inicial de P no solo, pois, no presente estudo, avaliou-se apenas o efeito residual da adubação fosfatada e não seu efeito direto sobre a cultura do milho.

Tabela 8 - Médias do número de fileiras de grãos por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), massa de grãos por espiga (MGE), massa de 100 grãos (M100) e produtividade do milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.

Tratamentos	NFE	NGF	NGE	MGE	M100	PROD
	nº		g		kg ha ⁻¹	
Inoculação - I						
Sem	15,5a	35,8a	559,0a	169,90a	30,83a	6.627a
Com	15,0a	36,1a	539,1a	166,65a	31,23a	6.287a
Teste F	3,31 ^{ns}	0,22 ^{ns}	2,89 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,39 ^{ns}	2,19 ^{ns}
471,	0,54	1,34	24,0	8,54	1,33	472,0
P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) – D						
0	15,3	35,8	548,3	163,75	30,14	6.164
30	15,3	36,0	551,5	168,63	30,76	6.369
60	15,0	36,3	552,9	170,75	31,40	6.666
120	15,5	35,7	552,3	172,75	31,90	6.638
240	15,1	35,9	540,4	165,50	30,95	6.450
Teste F – D	0,35 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,64 ^{ns}
DMS	1,22	3,02	54,1	19,22	3,00	1.062
Modelo equação	-	-	-	-	-	-
R ² (%)	-	-	-	-	-	-
Teste F - E	-	-	-	-	-	-
Teste F – I x D	0,74 ^{ns}	0,56 ^{ns}	2,26 ^{ns}	1,98 ^{ns}	0,72 ^{ns}	1,14 ^{ns}
CV (%)	5,48	5,76	6,74	7,82	6,63	11,26

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

Fonte: A autora

No desdobramento da interação entre inoculação e doses de P₂O₅ (Tabela 9) para o número de espigas de milho, constatou-se diferenças entre os tratamentos com *A. brasilense* apenas para a dose de 60 kg ha⁻¹ P₂O₅. Nesse sentido, as plantas oriundas de sementes não inoculadas e que, foram submetidas ao efeito residual do P apresentaram valores médios superiores às plantas inoculadas. No entanto, os resultados obtidos pela aplicação crescente de P₂O₅ na aveia preta não influenciaram no número de espigas de milho da área, não havendo assim, ajuste de regressão para os resultados. Um dos fatores para a ausência de resposta ao incremento de P₂O₅ e seu efeito residual pode estar no teor médio inicial constatado no solo da área experimental, valor este considerado como adequado para o bom desenvolvimento do milho. Associado a isso, tem o fato da ciclagem de nutrientes a partir dos restos vegetais da cultura da aveia preta, o que pode ter incrementado maiores quantidades do nutriente ao solo, elevando seu teor a padrões considerados como suficientes para o estabelecimento e bom desenvolvimento do consórcio e produtividade do milho.

Tabela 9 - Desdobramento da interação inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada residual para número de espigas (NE) e produtividade de massa seca de plantas de milho. Selvíria/MS, 2014.

Inoculação	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Equação	R ² (%)
	0	30	60	120	240		
	NE (número)						
Sem	53.750a	53.333a	58.611a	56.111a	54.514a	-	ns
Com	53.292a	55.174a	50.833b	53.306a	55.417a	-	ns
	MSP (kg ha ⁻¹)						
Sem	8.864a	10.452a	12.067a	9.458a	10.337a	Y = 8.489,3647 + 6,0953x*	65,91
Com	8.559a	9.038a	8.236b	9.371a	9.986a	-	ns

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **e

*: significativo a 1 e 5% respectivamente. ns: não significativo. S: sem inoculação e C: com inoculação.

Fonte: A autora

Maiores ganhos de produção de massa seca das plantas de milho foram conseguidos na combinação entre plantas não inoculadas cultivadas nas áreas adubadas inicialmente com 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 9). Os resultados constatados para as plantas não inoculadas e submetidas ao efeito residual de doses de P₂O₅ apresentaram ajuste linear, de resposta positiva. Desta maneira, é possível dizer que a massa seca das plantas foram incrementadas pela aplicação crescente de P₂O₅ ao solo, mesmo que a adubação tenha sido realizada no período de semeadura da aveia preta.

Na Tabela 10 constam os teores de nutrientes da palhada de milho após a colheita de grãos, e que serviriam de fonte nutricional para ciclagem de nutrientes no SPD. Verificou-se que em função da inoculação das sementes por *Azospirillum brasilense* houve incremento apenas para o N em relação às plantas não inoculadas. Desta forma, pode-se dizer que a presença das bactérias diazotróficas melhorou a eficiência de absorção deste nutriente, pela provável fixação de N₂ para a planta decorrente da relação simbiótica estabelecida entre a planta e o microrganismo no sistema radicular do milho (BASHAN e HOLGUIN, 1997; STEENHOUDT e VANDERLEYDEN, 2000; BASHAN et al., 2004). Entretanto, a presença do *A. brasilense* não influenciou positivamente nos teores dos demais macronutrientes, sendo verificado valores inferiores para P e Ca (0,7 e 1,6 g kg⁻¹, respectivamente) nas plantas inoculadas.

Semelhante aos resultados exibidos para o estado nutricional dos tecidos foliares do milho, o efeito residual da adubação fosfatada sobre os teores dos macronutrientes na palhada do milho alteraram apenas o teor de Ca (Tabela 10).

Tabela 10 - Médias dos teores de macronutrientes na palhada do milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.

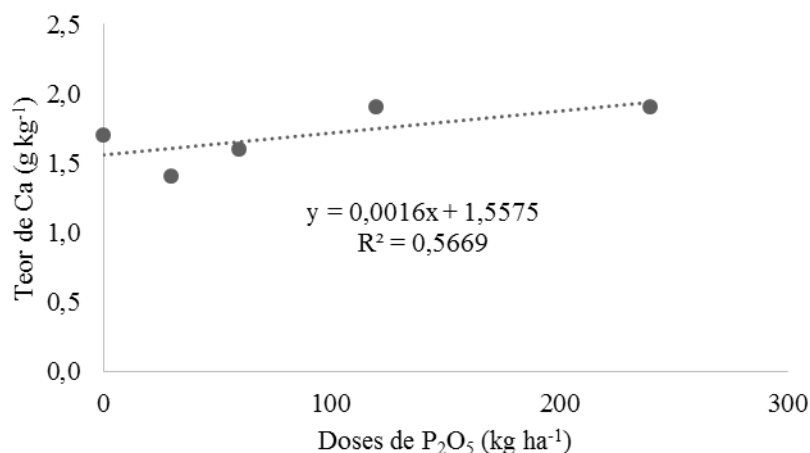
Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
g kg ⁻¹						
Inoculação - I						
Sem	5,6b	0,9a	10,0a	1,8a	2,1a	1,2a
Com	6,4a	0,7b	10,7a	1,6b	2,1a	1,2a
Teste F	9,25**	13,76**	1,81 ^{ns}	6,01*	0,57 ^{ns}	0,58 ^{ns}
DMS	0,5	0,1	1,0	0,2	0,2	0,1
Doses de P ₂ O ₅ - D						
0	6,3	0,8	10,8	1,7	2,1	1,3
30	5,6	0,6	9,8	1,4	2,0	1,2
60	6,3	0,8	10,8	1,6	2,0	1,3
120	6,1	0,8	9,8	1,9	2,1	1,2
240	5,8	0,8	10,6	1,9	2,1	1,3
Teste F - D	1,28 ^{ns}	1,45 ^{ns}	0,95 ^{ns}	2,79*	0,28 ^{ns}	1,54 ^{ns}
DMS	1,2	0,3	2,0	0,5	0,4	0,2
Modelo equação	-	-	-	L	-	-
R ² (%)	-	-	-	56,69	-	-
Teste F - E	-	-	-	6,33*	-	-
Teste F - I x D	1,49 ^{ns}	4,56**	1,27 ^{ns}	4,13**	0,94 ^{ns}	1,22 ^{ns}
CV (%)	13,65	22,58	14,80	19,21	13,17	8,34

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

Fonte: A autora

Desta maneira, por efeito da adubação fosfatada residual, em virtude do P incrementar o crescimento radicular, pode-se constatar ajustes lineares com respostas positivas de acúmulo de Ca na palhada de milho em função da aplicação crescente de P₂O₅ na semeadura da aveia preta antecessora (Figura 17).

Figura 17 - Teor de cálcio na palhada da cultura do milho em função do P₂O₅ residual no solo. Selvíria/MS, 2014.



Fonte: A autora

No desdobramento da interação inoculação e adubação fosfatada residual para o teor de P (Tabela 11), verificou-se diferenças entre os tratamentos com inoculação para aplicação de 120 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅, bem como para a testemunha (sem aplicação de P₂O₅). Independente dos tratamentos com doses de P₂O₅, maiores teores do nutriente foram constatados para as plantas oriundas das sementes não inoculadas. Contudo, não foi possível constatar um ajuste significativo dos resultados para as plantas não inoculadas, assim como também, para as plantas inoculadas.

Tabela 11 - Desdobramento da interação inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada residual para teores de P e Ca na palhada do milho. Selvíria/MS, 2014.

Inoculação	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Equação	R ² (%)
	0	30	60	120	240		
	P (g kg ⁻¹)						
Sem	1,0a	0,6a	0,7 ^a	0,9a	1,0a	-	ns
Com	0,7b	0,7a	0,8 ^a	0,6b	0,6b	-	ns
	Ca (g kg ⁻¹)						
Sem	1,8a	1,6a	1,8a	1,7a	2,4a	-	ns
Com	1,6a	1,3a	1,5a	2,1a	1,5b	Y= 1,5885+0,00271x**	64,89

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **e

*: significativo a 1 e 5% respectivamente. ns: não significativo.

Fonte: A autora

Para o Ca foi possível verificar que apenas a maior dose de P₂O₅ residual apresentou diferença entre os tratamentos com inoculação, com teores superiores para a palhada das plantas não inoculadas (Tabela 11). Nesse sentido, o valor de Ca encontrado nas plantas não inoculadas foi 37,5% superior aos resultados obtidos nas plantas inoculadas pelo *A. brasilense*. Contudo, os teores de Ca observados nas plantas inoculadas se adequaram numa função linear positiva ao efeito residual da aplicação de P₂O₅ na semeadura da aveia preta.

Constatou-se incremento nos teores de N, Ca e Mg nos tecidos vegetais da *Urochloa brizantha* cv. Marandu estabelecida no consórcio a partir das sementes de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense* (Tabela 12). Entretanto, mesmo havendo aumento dos teores destes nutrientes nos tecidos, este não foi suficiente para proporcionar incrementos na produção de matéria seca da forrageira. Contudo, vale ressaltar que mesmo não havendo diferenças significativas, as plantas do consórcio em que o milho foi inoculado exibiram, em média, 669 kg ha⁻¹ a mais de massa seca, valor esse que pode ser considerável para o ganho e rentabilidade do produtor rural. Ganho este que se maximiza se considerar que os animais terão 669 kg de forragem com 15% a mais de proteína para consumo.

Tabela 12 - Médias de teores de macronutrientes (1º corte) e produção de matéria seca (MS) das plantas de *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* no milho do consórcio e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	MS
	g kg ⁻¹						kg ha ⁻¹
Inoculação – I							
Sem	13,1b	2,9a	15,4a	3,9b	3,3b	3,3a	4.806a
Com	15,3a	2,7a	17,5a	4,5a	3,8a	3,5a	5.475a
Teste F	21,40**	2,10 ^{ns}	4,08 ^{ns}	8,21**	6,95*	1,27 ^{ns}	3,78 ^{ns}
DMS	0,96	0,27	2,13	0,36	0,37	0,50	695,5
Doses de P ₂ O ₅ – D							
0	14,0	2,9	16,4	4,3	3,9	3,5	5.654
30	14,4	2,7	16,9	5,1	3,7	3,2	5.432
60	15,6	2,8	16,8	4,0	3,3	3,5	4.497
120	13,3	2,8	16,5	3,9	3,4	3,3	5.056
240	13,6	2,9	15,8	3,7	3,3	3,5	5.038
Teste F – D	2,83 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,14 ^{ns}	6,88 ^{ns}	1,53 ^{ns}	0,21 ^{ns}	1,36 ^{ns}
Modelo equação	-	-	-	-	-	-	-
R ² (%)	-	-	-	-	-	-	-
Teste F - E	-	-	-	-	-	-	-
Teste F – I x D	0,77 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,18 ^{ns}	4,62**	2,95*	1,66 ^{ns}	0,15 ^{ns}
CV (%)	10,39	14,78	19,97	13,38	16,35	22,85	20,88

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

Fonte: A autora

A aplicação de doses P₂O₅ e seu efeito residual sobre a *U. brizantha* não proporcionou diferenças estatísticas para os teores de nutrientes nos tecidos da parte aérea. A produção da matéria seca do capim-Marandu também não foi influenciada pela adubação fosfatada (Tabela 12). Exceto para os teores de S, todos os macronutrientes avaliados exibiram valores que se enquadram dentro da faixa considerada como adequada para o bom desenvolvimento da cultura, segundo Werner et al. (1997). Para o S os valores obtidos no presente estudo ficaram acima do limite superior da faixa considerada como suficiente para o desenvolvimento da *U. brizantha*, fato justificável pelo histórico de SPD da área em que a decomposição de resíduos vegetais é considerada a fonte principal do nutriente.

O P é considerado a “bateria” do sistema radicular das forrageiras, sendo o responsável pelo crescimento e pleno desenvolvimento das raízes, fazendo com que estas, cresçam e se desenvolvam satisfatoriamente e ocupem um maior volume de solo. Assim, a falta de resultados positivos ao incremento de P₂O₅ no solo por meio da adubação residual pode ser justificada pela ciclagem dos resíduos da aveia e pelo teor adequado de P no solo antes da instalação do consórcio na área (média de 36 mg dm⁻³).

No desdobramento da interação inoculação do milho e P residual, as plantas de capim-Marandu inoculadas exibiram teores de Ca superiores (5,5 e 5,1 g ka⁻¹) às plantas não inoculadas quando combinadas com 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e sem aplicação de P₂O₅ (testemunha),

respectivamente (Tabela 13). Entretanto, para a dose de 120 kg ha⁻¹, maiores resultados foram observados para as plantas não inoculadas. Além disso, as plantas não inoculadas proporcionaram resultados que se ajustaram num modelo linear negativo ao incremento de P₂O₅ no solo. Elevadas adubações fosfatadas favorecem maior disponibilidade do P, no entanto, em situações de menor acidez dos solos, e altos teores de Ca, podem favorecer a ligação destes elementos enquanto íons livres, formando sais de baixa solubilidade, reduzindo assim, a disponibilidade de ambos os nutrientes às plantas, e, portanto, menores teores nos tecidos.

Para o teor de Mg nas plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, verificou-se maior concentração quando da utilização do *A. brasilense* no milho do consórcio, somente para o tratamento testemunha (sem aplicação de P₂O₅). As plantas de capim-Marandu advindas do consórcio com o milho inoculado exibiram resultados em resposta ao incremento de P₂O₅ que se adequaram num modelo quadrático, com valor menos expressivo (2,9 g kg⁻¹ de Mg) obtido para a dose calculada de 179 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (ponto de mínimo). Semelhante ao que se evidenciou para o Ca, a redução nos teores de Mg decorrentes do incremento de P por meio da adubação fosfatada na aveia preta, pode estar associado a grande capacidade de ligação destes nutrientes enquanto íons livres na solução do solo, devido ao aumento nos teores de um ou de ambos. Desta maneira, pode ter ocorrido a formação de fosfato de magnésio (MgPO₄), sal de baixa solubilidade assim como o fosfato de cálcio, reduzindo significativamente a absorção dos nutrientes.

Tabela 13 - Desdobramento da interação inoculação com *Azospirillum brasilense* no milho do consórcio e adubação fosfatada residual para os teores de Ca e Mg da matéria seca das plantas *U. brizantha* cv. Marandu (1º corte). Selvíria/MS, 2014.

Inoculação	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Equação	R ² (%)
	0	30	60	120	240		
Ca (g kg ⁻¹)							
Sem	3,5b	4,6b	3,7a	4,2a	3,7a	Y= 5,0855-0,00701x**	63,59
Com	5,1a	5,5a	4,3a	3,6b	3,7a		
Mg (g kg ⁻¹)							
Sem	3,0b	3,5a	3,1a	3,3a	3,2a	-	ns
Com	4,7a	3,9a	3,5a	3,3a	3,3a	Y= 4,544-0,0179x+0,00005x ² *	93,78

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% respectivamente. ns: não significativo.

Fonte: A autora

A inoculação das sementes de milho com *Azospirillum brasilense* alterou os teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL) e digestibilidade da matéria seca (DMS) da *Urochloa brizantha* cv. Marandu

estabelecida no consórcio, aos 60 dias após colheita do milho, simulando a vedação da pastagem (Tabela 14).

A inoculação por *A. brasilense* elevou os teores de proteína bruta na matéria seca do capim, proporcionando ganhos de 14,95% em relação as plantas não inoculadas. Esses ganhos estão diretamente relacionados ao aumento constatado nos teores de alguns nutrientes na matéria seca das plantas, com destaque para o N (Tabela 14). Pois, é sabido a importância deste elemento para a formação dos aminoácidos essenciais, responsáveis pela síntese das proteínas vegetais. Esses resultados se assemelham aos relatados por Santos (2013), que estudando o teor de proteína bruta na parte aérea do capim-Marandu observou que a inoculação com bactérias diazotróficas associativas na forrageira influenciou de forma significativa o teor de proteína bruta ao longo dos cortes realizados em intervalos de trinta, sessenta e noventa dias.

Assim como ocorreu para a proteína bruta, a digestibilidade da matéria seca da *U. brizantha* foi influenciada pela presença da bactéria diazotrófica, com valores superiores obtidos para as plantas em que o milho do consórcio foi inoculado via sementes. Entretanto, vale ressaltar que o ganho foi mínimo em relação às plantas não inoculadas (Tabela 14).

Os ganhos constatados para as variáveis anteriormente citadas estão intimamente associados a redução das concentrações de fibras em detergente neutro e detergente ácido, além do teor de celulose verificados nos tecidos vegetais. Nesse sentido, os resultados obtidos permitem inferir que a inoculação do *A. brasilense* via sementes de milho promoveu decréscimos nos teores de fibras do capim-Marandu em consórcio, com redução de 3,64%, 5,46% e 4,67% de FDN, FDA e celulose, respectivamente.

Os valores percentuais obtidos em função da inoculação, mesmo que sejam considerados pequenos para os compostos avaliados individualmente, representou um ganho final de aproximadamente 15% no teor de proteína bruta do capim. Assim, é possível inferir que a adoção da prática de inoculação do milho, por serem bactérias diazotróficas de vida livre, podem ter estabelecido simbiose com o capim-Marandu, e esta quando destinada à alimentação animal proporciona incremento de proteína em sua dieta, além de melhorar a digestibilidade da forragem. Portanto, este manejo leva a obter ganhos na conversão alimentar, com material vegetal mais rico em proteínas e com menor teor de fibras.

É importante reportar que mesmo não havendo diferenças entre os tratamentos quanto aos teores de nutrientes digestíveis totais, os valores obtidos em ambos os casos podem ser considerados satisfatórios para a pastagem (Tabela 14). Uma das hipóteses para a ausência de resultados para essa importante característica da forrageira, pode estar no fato do solo da área

experimental apresentar boa fertilidade e um histórico de 10 anos em SPD, possibilitando às plantas, mesmo não inoculadas, uma boa nutrição.

A adubação fosfatada, independente da dose de P_2O_5 , não promoveu efeito sobre nenhuma das características bromatológicas avaliadas. Também, não foi constatado efeito da interação entre inoculação por *A. brasilense* do milho e doses de P_2O_5 (Tabela 14).

Tabela 14 - Médias de teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEM), lignina (LIG), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade da matéria seca (DMS) da *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada residual, 60 dias após a colheita do milho em consórcio (2º corte). Selvíria/MS, 2014.

Resíduo, 60 dias após a colheita do milho em consórcio (2 corte). Servina/MS, 2014.								
Tratamentos	PB	FDN	FDA	CEL	HEM	LIG	NDT	DMS
%								
Inoculação - I								
Sem	9,03b	62,02a	39,71a	32,93a	22,31a	5,01a	83,66a	88,74b
Com	10,35a	59,76b	37,54b	31,39b	22,21a	4,65a	83,66a	88,75a
Teste F	5,11*	5,22*	4,72*	4,34*	0,10 ^{ns}	2,39 ^{ns}	4,53**	5,74*
DMS	1,20	2,03	2,05	1,51	0,81	0,58	0,05	0,01
Doses de P ₂ O ₅ - D								
0	9,11	61,37	39,59	32,79	21,79	5,30	83,66	88,74
30	10,06	59,72	37,71	31,73	22,01	4,50	83,66	88,75
60	9,37	61,02	38,26	31,69	22,76	4,86	83,66	88,75
120	9,81	61,59	39,54	32,82	22,05	5,17	83,66	88,75
240	10,09	60,75	38,04	31,79	22,71	4,50	83,66	88,75
Teste F – D	0,44 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,51 ^{ns}	1,01 ^{ns}	1,35 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,62 ^{ns}
DMS								
Modelo equação	-	-	-	-	-	-	-	-
R ² (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F - E	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F – I x D	0,75 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,65 ^{ns}	1,29 ^{ns}	0,21 ^{ns}	1,60 ^{ns}	0,53 ^{ns}
CV (%)	19,02	5,14	8,16	7,25	5,58	18,50	1,00	1,25

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

Fonte: A autora

Decorridos 60 dias de vedação (após a colheita do milho) foi realizada uma nova avaliação do estado nutricional na parte aérea da *U. brizantha* cv. Marandu (Tabela 15). Para esta avaliação constatou-se que a inoculação do milho do consórcio com *A. brasilense* promoveu incrementos nos valores de N no capim, assim como verificado na avaliação realizada 60 dias antes.

Comportamento semelhante foi obtido para o Mg, com aumento no teor dos tecidos do capim devido a inoculação do milho com as bactérias diazotróficas. Entretanto, os resultados obtidos para o Ca no primeiro corte da forrageira, não persistiu no segundo corte, demonstrando redução do teor deste nutriente nas plantas inoculadas durante o período entre os cortes realizados para as aferições do estado nutricional da cultura (Tabela 15).

No entanto, os teores de Ca nos tecidos das plantas inoculadas ou não ficaram dentro da faixa considerada adequada (3 a 6 g kg⁻¹) para o pleno desenvolvimento do capim segundo Werner et al. (1997).

Verificou-se também que, a presença do *A. brasilense* nas parcelas onde o milho foi inoculado, incrementou os teores de S (2,7 g kg⁻¹). Este aumento do teor de S nas plantas inoculadas pode estar relacionado a menor presença de P nos tecidos foliares (Tabela 15). Ao considerar que os dois nutrientes são ânions, pode haver competição pelo mesmo sítio de troca na absorção. Nesse sentido, a redução do P na matéria seca das plantas inoculadas está relacionada com questões intrínsecas da relação simbiótica constituída entre a planta e o microrganismo além da influência dos fatores abióticos sobre esta relação. Contudo, é possível dizer que em solos que apresentam níveis satisfatório de fertilidade, sobretudo para o P, a ocorrência de efeitos positivos no acúmulo do nutriente devido a inoculação por *A. brasilense* pode ser reduzida nas plantas de *U. brizantha*.

Tabela 15 - Médias dos teores de macronutrientes (2° corte) e matéria seca (MS) das plantas *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* no milho do consórcio e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	MS
	g kg ⁻¹					kg ha ⁻¹	
Inoculação - I							
Sem	14,4b	2,6a	17,9a	3,5a	3,4b	2,4b	10.978a
Com	16,6a	2,1b	17,2a	3,8a	4,0a	2,7a	12.625a
Teste F	5,10*	12,66**	0,50 ^{ns}	1,54 ^{ns}	10,19**	4,84*	3,15 ^{ns}
DMS	1,91	0,28	2,03	0,44	0,36	0,29	1.903
Doses de P ₂ O ₅ – D							
0	14,6	2,2	18,3	3,9	3,8	2,6	11.585
30	16,1	2,0	16,3	3,5	3,7	2,4	12.036
60	15,0	2,4	18,8	3,5	3,6	2,7	10.730
120	15,7	2,4	17,0	3,7	3,7	2,5	11.461
240	16,1	2,6	17,5	3,7	3,7	2,5	13.196
Teste F – D	0,44 ^{ns}	2,70*	0,80 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,78 ^{ns}
DMS							
Modelo equação	-	L	-	-	-	-	-
R ² (%)	-	69,23	-	-	-	-	-
Teste F - E	-	7,18*	-	-	-	-	-
Teste F – I x D	0,75 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,91 ^{ns}	1,68 ^{ns}	0,73 ^{ns}
CV (%)	19,04	18,78	17,87	18,72	14,81	17,32	24,85

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

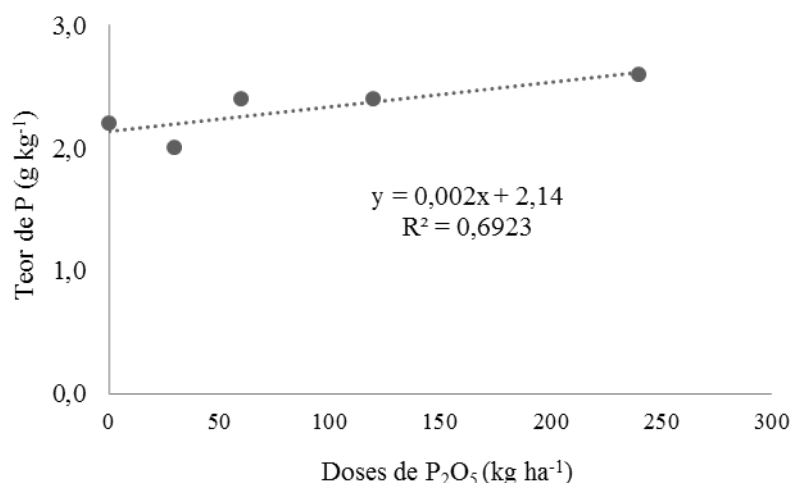
A autora

Não foi constatado efeito residual das doses de P₂O₅ sobre os teores dos demais macronutrientes e a produção da matéria seca da *U. brizantha* (Tabela 15). Mesmo sem efeito do P₂O₅ sobre os teores dos nutrientes nos tecidos da forrageira, estes, foram classificados

como adequados para a nutrição mineral destas plantas (WERNER et al., 1997). Desta maneira, pode-se inferir que a ausência de alterações na produção de matéria seca do capim-Marandu decorrente da adubação fosfatada pode estar relacionada com a fertilidade do solo da área experimental (10 anos em SPD), mesmo para os solos das áreas do tratamento testemunha (sem aplicação de P_2O_5), o que reduz os prováveis efeitos positivos da adubação fosfatada residual.

A aplicação de P_2O_5 realizada na semeadura da aveia proporcionou maiores teores de P na matéria seca do capim-Marandu, cujo ajuste foi linear (Figura 18).

Figura 18 - Teor de P na matéria seca da *Urochloa brizantha* cv. Marandu em função do P_2O_5 residual. Selvíria/MS, 2014.



Fonte: A autora

4.3 Cultivo do feijoeiro de inverno sobre a palhada do consórcio milho/capim-Marandu

A inoculação por *A. brasilense* no milho do consórcio antecessor alterou os teores de P, Ca e Mg disponíveis nos tecidos foliares do feijoeiro. A adubação fosfatada residual, assim como a combinação dos tratamentos não influenciaram nos teores nutricionais e no índice de clorofila foliar (ICF) do feijoeiro (Tabela 16).

Houve efeito negativo da utilização do *A. brasilense* no milho do consórcio antecessor sobre os teores de P foliar do feijoeiro, com maiores valores ($5,2\ g\ kg^{-1}$) obtidos nas plantas de feijoeiro das áreas sem inoculação (Tabela 16). Contudo, independente da inoculação ou não pela bactéria diazotrófica, os valores médios constatados para o P nas plantas de feijoeiro ficaram acima dos níveis considerados como adequados para a cultura, segundo Malavolta et al. (1997), que consideram uma faixa de 2 a $3\ g\ kg^{-1}$ de P nos tecidos foliares como sendo adequado para o pleno desenvolvimento da cultura.

Os teores de Ca e Mg nas folhas do feijoeiro foram superiores nas plantas oriundas das parcelas em que o milho em consórcio com capim-Marandu foi inoculado via sementes (12,5 e 5,1 g kg⁻¹, respectivamente). De acordo com Raij et al. (1997) a faixa adequada vai de 10 a 25 g kg⁻¹ e 2,5 a 5,0 g kg⁻¹ de matéria seca para Ca e Mg, respectivamente. Diante destes resultados é possível constatar que o manejo da cultura do feijoeiro de inverno em sucessão ao consórcio milho/capim-Marandu com a inoculação do milho por *A. brasilense* teve maior importância para absorção do Ca, uma vez que os teores nas plantas não inoculadas, mesmo sendo considerados adequados a cultura, se apresentaram no limite inferior da faixa de suficiência citada por Raij et al. (1997).

Tabela 16 - Médias do índice de clorofila foliar (ICF) e teores de macronutrientes foliares do feijoeiro de inverno, em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* no milho em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.

Tratamentos	ICF	N	P	K	Ca	Mg	S
g kg ⁻¹							
Inoculação - I							
Sem	40,95a	49,6a	5,2a	25,8a	11,0b	4,9b	2,6a
Com	43,15a	51,5a	4,9b	26,4a	12,5a	5,1a	2,5a
Teste F	0,58 ^{ns}	1,47 ^{ns}	4,29*	0,48 ^{ns}	9,84**	5,51*	0,21 ^{ns}
DMS	5,95	3,33	0,23	1,76	0,98	0,14	0,20
Doses de P ₂ O ₅ – D							
0	42,49	48,0	5,1	24,8	11,8	5,1	2,7
30	37,49	48,1	5,0	27,3	11,4	4,9	2,4
60	46,99	52,9	5,0	25,5	12,3	5,1	2,7
120	38,63	50,7	5,3	26,5	11,6	4,9	2,5
240	44,66	53,1	5,0	26,5	12,0	5,0	2,5
Teste F – D	1,52 ^{ns}	1,84 ^{ns}	0,67 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,64 ^{ns}	1,21 ^{ns}
DMS	13,39	7,50	0,52	3,99	2,21	0,31	0,45
Teste F – I x D	1,38 ^{ns}	1,66 ^{ns}	2,02 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,65 ^{ns}
CV (%)	6,46	10,15	7,08	10,49	12,83	4,32	12,26

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

Fonte: A autora

Para o teor de Mg é importante salientar que altas concentrações do nutriente, como as verificadas no presente estudo, podem ocasionar desbalanço nutricional dos tecidos foliares e afetar o pleno desenvolvimento da cultura (RAIJ et al., 1997), sendo assim, a utilização do *A. brasilense* poderia elevar os níveis de Mg nos tecidos foliares acima do limite considerado como crítico para a cultura e, ocasionar danos nos tecidos decorrentes do excesso de nutriente. Os resultados observados para o Mg podem estar também, relacionados aos bons níveis deste nutriente disponível na camada cultivável de 0-0,20 m de solo, favorecendo maior absorção e redistribuição do nutriente na planta pela presença da bactéria. Desta maneira a utilização do

A. brasilense para fins de nutrição do Mg deve ser adotado com atenção aos níveis do nutriente disponível no solo, evitando seu uso em solos que apresentam elevados níveis de Mg no solo.

Os teores de N nos tecidos foliares do feijoeiro não foram incrementados pela aplicação do *A. brasilense*, tal fato pode estar ligado a adubação nitrogenada realizada na semeadura da cultura. Sabe-se que a fixação biológica de nitrogênio é reduzida quando há fornecimento de N mineral, assim, a prática da adubação mineral de N pode ter favorecido a não ocorrência de efeitos positivos das plantas em relação a maior absorção e acúmulo do nutriente em seus tecidos vegetais.

Deve-se considerar também que para se obter bons resultados com a inoculação, é fundamental fazer uso de bactérias específicas eficientes e realizar, anualmente, a prática da reinoculação, visando com que a bactéria consiga elevar sua população e colonizar o ambiente, evitando-se assim, a simbiose com espécies pouco eficientes (HUNGRIA et al., 2010). Também, a qualidade da inoculação pode ser afetada pelo tratamento das sementes do feijoeiro com fungicidas, inseticidas e o inoculante conjuntamente. Neste sentido, Araújo et al. (2007) constataram que o tratamento das sementes do feijoeiro reduziu a eficiência da inoculação destas plantas.

De acordo com Sala et al. (2007), existem diversos relatos de respostas positivas, e também de ausência de respostas ou mesmo de efeitos negativos à inoculação de bactérias endofíticas em sementes, e que esses resultados são dependentes da espécie vegetal, do genótipo, além das condições nutricionais e fatores abióticos do ambiente.

O efeito residual da adubação fosfatada realizada na semeadura da aveia preta não influenciou nos teores de macronutrientes dos tecidos foliares do feijoeiro (Tabela 16). A ausência de resultados significativos no aumento dos teores foliares pode estar relacionada ao fato deste nutriente apresentar baixa mobilidade no solo e ter sido aplicado a lanço antes da semeadura da aveia preta. Nestas circunstâncias, de acordo com Ciotta et al. (2002), os maiores acúmulos de P estão nas camadas superficiais do solo em sistema de plantio direto, características estas semelhantes às constatadas no solo da área em estudo, sob mais de 10 anos em SPD.

Houve diferença significativa entre os tratamentos com e sem inoculação do milho do consórcio antecessor, em que a aplicação de *A. brasilense* apresentou resultados inferiores as plantas não inoculadas em relação a produtividade do feijoeiro (Tabela 17). Entretanto, os valores de produtividade do feijoeiro obtidos, independentemente da inoculação das plantas

por *A. brasilense*, estão acima da média nacional e dentro da média para o estado de São Paulo (CONAB, 2014).

A ausência de resultados para os componentes da produção pode ter ocorrido em função da não especificidade destas bactérias diazotróficas do solo para o feijoeiro, o que pode ter reduzido a taxa de infecção das raízes do feijoeiro por bactérias do gênero *Rhizobium*. Associa-se também ao fato do solo da área experimental apresentar bons níveis de fertilidade e a adubação nitrogenada adequada, fatos que podem ter contribuído para redução na multiplicação do *A. brasilense* e, desta maneira, favorecido a ausência de respostas nas características agrônomicas e componentes de produção avaliados.

Tabela 17 - Médias do número de plantas (NP), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), comprimento de planta (CP), massa de 100 grãos e produtividade (PROD) do feijoeiro de inverno, em função da inoculação ou não do milho em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.

Tratamentos	NP	NVP	NGP	NGV	AIPV	CP	M100	PROD
		n°			cm		g	kg ha ⁻¹
Inoculação - I								
Sem	210,556a	17,2a	89,5a	5,2a	19,76a	69,21a	24,52a	2,874a
Com	215,833a	15,9a	84,4a	5,3a	20,10a	69,74a	25,16a	2,625b
Teste F	0,37 ^{ns}	3,98 ^{ns}	1,76 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,53 ^{ns}	16,97 ^{**}
DMS	17,041	1,40	7,90	0,21	1,23	3,57	1,10	123,66
Doses de P ₂ O ₅ - D								
0	212,500	15,8	79,5	5,0	19,90	68,10	24,75	2,551
30	202,778	16,1	84,8	5,3	19,08	68,68	25,03	2,637
60	205,556	15,9	84,6	5,3	20,08	68,01	25,30	2,779
120	220,833	18,3	99,5	5,6	20,25	72,63	24,76	2,843
240	224,306	16,7	86,5	5,2	20,50	69,95	24,36	2,937
Teste F - D	0,93 ^{ns}	1,75 ^{ns}	3,03*	3,54*	0,65 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,37 ^{ns}	5,35 ^{**}
Modelo equação	-	-	Q	Q	-	-	-	L
R ² (%)	-	-	78,67	93,40	-	-	-	85,71
Teste F - E	-	-	7,44*	12,34 ^{**}	-	-	-	-
Teste F - I x D	0,22 ^{ns}	1,82 ^{ns}	3,71 ^{ns}	2,74 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,62 ^{ns}	18,35 ^{**}
CV (%)	12,85	13,06	14,00	6,07	9,50	7,92	6,53	10,89

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

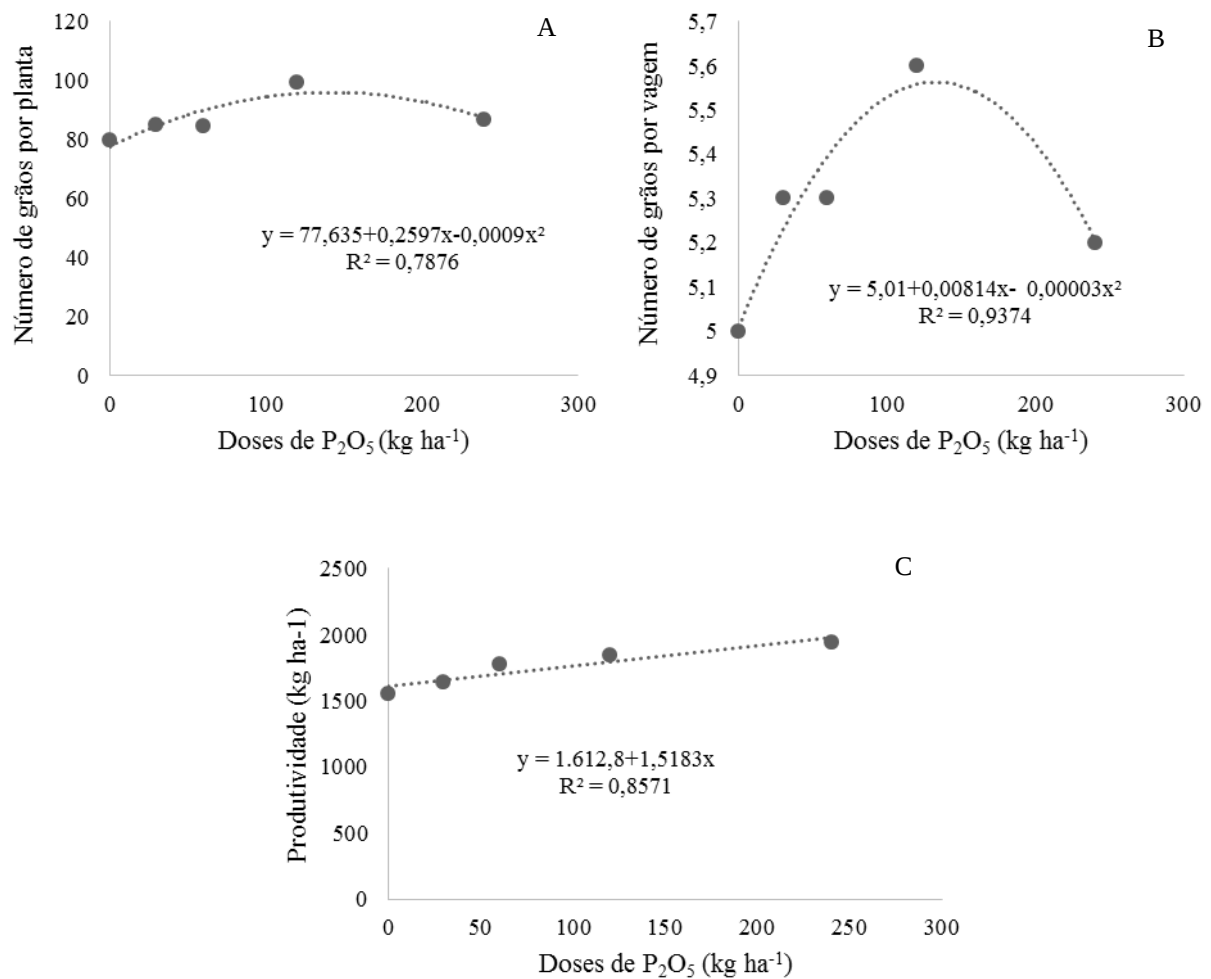
Fonte: A autora

As doses de P₂O₅ remanescentes alteraram o número de grãos por planta, número de grãos por vagem, enquanto que a interação doses de P₂O₅ remanescentes com os tratamentos de inoculação ou não por *A. brasilense* do milho do consórcio antecessor tiveram efeito significativo sobre a produtividade do feijão (Tabela 17).

Os resultados obtidos para o número de grãos por planta e número de grãos por vagem decorrentes da aplicação de doses de P₂O₅ se ajustaram à modelo quadrático (Figura 19A e

19B), com ponto de máximo calculado para a dose de 144 kg ha⁻¹ e 136 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente.

Figura 19 - Número de grãos por planta (A), número de grãos por vagem (B) e produtividade do feijoeiro de inverno (C) em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* no milho em consórcio com *Urochloa brizantha* cv. Marandu antecessor e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.



Fonte: A autora

Assim como o número de grãos por planta (Figura 19A) e número de grãos por vagem (Figura 19B) e muito provavelmente em função destes, a produtividade do feijoeiro respondeu positivamente à aplicação de doses de P₂O₅ realizada na semeadura da aveia preta, portanto, com efeito residual para o feijoeiro de inverno, um ano após a adubação. Os resultados se adequaram linearmente (Figura 19C), corroborando com os dados obtidos por Miranda et al. (2000) e Silva et al. (2001), que relataram incrementos na produtividade do feijoeiro, com o aumento das doses de P₂O₅. Também Fageria e Santos (1998) confirmaram a importância da

adubação fosfatada sobre a produção do feijoeiro, embora o P seja, entre os macronutrientes, o menos absorvido.

Segundo Raij (1991) as doses adequadas de fósforo ajudam no bom desenvolvimento da cultura desde o início até o final do seu ciclo, estimulando o crescimento radicular, formação dos primórdios das partes reprodutivas e formação de frutos e, em geral, incrementam a produção das culturas. Portanto, é provável que durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, as doses de P_2O_5 responsáveis pelas máximas produções supriram de forma equilibrada as necessidades nutricionais do feijoeiro.

As plantas advindas das parcelas onde o milho não foi inoculado e associadas as áreas que foram submetidas a aplicação de 30 e 60 kg ha⁻¹ de P_2O_5 e, sem P residual (testemunha) apresentaram produtividade de feijão superiores às parcelas de milho inoculado. Os resultados de produtividade das áreas inoculadas apresentaram ajuste linear positivo ao incremento de P_2O_5 residual do solo (Tabela 18). Enquanto que nas áreas onde o milho em consórcio antecessor não foi inoculado com *A. brasilense*, não houve ajuste significativo de regressão.

Tabela 18 - Desdobramento da interação inoculação com *Azospirillum brasilense* do milho em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu e adubação fosfatada residual para a produtividade do feijoeiro de inverno, em sucessão. Selvíria/MS, 2014.

Inoculação	P_2O_5 (kg ha ⁻¹)					Equação	R ² (%)
	0	30	60	120	240		
	Produtividade (kg ha ⁻¹)						
Sem	2.762a	2.868a	3.159a	2.768a	2.811a	-	ns
Com	2.339b	2.405b	2.399b	2.919a	3.064a	$Y = 2.324,3916 + 3,3423x^{**}$	87,47

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **e

*: significativo a 1 e 5% respectivamente. ns: não significativo.

Fonte: A autora

4.4 Alterações nos atributos químicos do solo após cultivo da aveia preta, do consórcio do milho com *U. brizantha* cv. Marandu e do feijoeiro de inverno

Avaliando-se os valores médios dos atributos químicos do solo, verificou-se que houve diferença significativa nas áreas onde as plantas de aveia preta foram submetidas a inoculação com *A. brasilense*, com destaque para as alterações nos teores da matéria orgânica (MO), potássio (K), magnésio (Mg) e soma de bases (SB) (Tabela 19). Constatou-se que o uso da inoculação das sementes de aveia preta influenciou positivamente sobre as variáveis analisadas comparadas a análise de solo inicial (Tabela 1). Tais resultados são justificáveis pela maior produção de matéria seca de parte aérea e raízes da aveia preta no tratamento com inoculação das sementes por *Azospirillum brasilense* (Tabelas 2 e 3), e, portanto, com maior ciclagem de nutrientes.

Devido ao efeito da inoculação com *A. brasilense* nas plantas de aveia preta, observou-se aumento significativo dos teores de K no solo, em virtude do nutriente não ter função estrutural na planta e rapidamente ser liberado da palhada da aveia preta, que neste tratamento apresentou a maior PMS (Tabela 2). Verificou-se ainda, ajuste linear positivo das doses de P_2O_5 sobre a concentração de K no solo, isso porque, o aumento da disponibilidade de P no solo e o efeito das bactérias diazotróficas permitiu maior incremento de massa radicular (Tabela 3), possibilitando consequentemente maior absorção e ciclagem do nutriente. Cabe destacar, que o K não exerce função estrutural na planta, sendo liberado mais rapidamente para a solução do solo durante a decomposição da palha, o que justifica sua maior concentração no solo após dessecação da cultura.

Com base nos dados obtidos, observou-se que o uso das doses de P_2O_5 pouco interferiram na fertilidade do solo, obtendo-se resposta positiva somente para os teores do próprio P (Tabela 19).

Ainda de acordo com os resultados para os atributos químicos do solo avaliados em pós colheita da aveia preta, pode-se verificar que por efeito da calagem superficial anterior a semeadura da cultura, houve melhoria quanto aos valores de pH, que refletiram na redução da acidez potencial e no incremento da saturação por bases do solo (V%), bem como do significativo aumento dos teores de Ca e Mg (calcário dolomítico) e disponibilidade de K, que neste caso teve o efeito da adubação de semeadura e da ciclagem da própria palhada da aveia.

Cabe destacar ainda que, na manutenção da fertilidade do solo, sistemas com rotação de culturas e cobertura permanente do solo por palhada, podem incrementar ou pelo menos manter os teores de MO do solo, e esta tem reflexo direto na sua qualidade físico-química. Assim, dentre os parâmetros que constituem a fertilidade dos solos, o teor de MO torna-se imprescindível nos sistemas de produção atuais, uma vez que ela possui a capacidade de reter várias vezes mais água que a sua massa, além de poder ser usada como veículo de armazenamento dos nutrientes para as plantas. Desta forma, solos com teores adequados de MO criam condições favoráveis de arejamento para o desenvolvimento do sistema radicular e, consequentemente, para o desenvolvimento geral da planta. Sendo assim, este parâmetro torna-se um fator limitante da produtividade e sustentabilidade das atividades agrícolas, principalmente no Cerrado de baixa altitude, que pelas condições climáticas, tem a degradação da matéria orgânica acelerada.

De acordo com Lopes (1977), os teores de matéria orgânica na maioria dos solos de cerrado situam-se entre 2% e 3%, resultados estes condizentes com os obtidos na presente

pesquisa. Este autor afirmou ainda que, os baixos teores de MO nos solos, resultam em baixos conteúdos de N, S e B potencialmente mineralizáveis.

Tabela 19 - Valores de F e médias da fertilidade do solo na camada de 0 a 0,20 m, após a dessecação da aveia preta, em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada. Selvíria/MS, 2014.

Atributo	P _{resina}	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	S	V
	(mg dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(CaCl ₂)			(mmol _c dm ⁻³)				(mg dm ⁻³)	(%)
Inoculação - I											
Sem	23,8a	21,0b	5,3a	2,7b	30,5a	20,4b	30,7a	52,4b	82,7a	4,2a	63,2a
Com	21,6a	23,1a	5,2a	3,6a	30,6a	25,6a	31,8a	58,6a	87,8a	4,5a	64,3a
Teste de F	0,36 ^{ns}	16,9 ^{**}	1,16 ^{ns}	15,4 ^{**}	1,10 ^{ns}	9,32 ^{**}	1,18 ^{ns}	4,43 [*]	3,27 ^{ns}	1,89 ^{ns}	0,53 ^{ns}
DMS	5,38	1,04	0,16	0,43	3,35	3,46	2,07	6,07	5,72	0,52	3,08
Doses de P₂O₅ - D											
0	18,5	21,5	5,1	2,9	28,4	18,0	33,8	48,3	81,9	4,9	57,3
30	19,8	22,8	5,4	2,9	32,8	28,3	29,3	60,7	87,6	4,1	68,3
60	18,9	22,2	5,3	3,0	29,1	21,8	30,9	55,1	86,6	4,0	62,8
120	26,0	21,6	5,3	3,5	27,9	21,5	30,6	53,9	85,2	4,3	63,5
240	28,8	21,9	5,3	3,5	34,4	25,4	31,8	59,4	85,0	4,4	66,7
Teste de F	2,54 [*]	0,79 ^{ns}	1,13 ^{ns}	1,77 ^{ns}	2,50 ^{ns}	4,35 ^{ns}	2,16 ^{ns}	2,20 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,41 ^{ns}	6,33 ^{ns}
Modelo											
Equação	L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R² (%)	89,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F - E	9,05 ^{**}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F - I x D	2,08 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,54 ^{ns}	1,69 ^{ns}	1,28 ^{ns}	3,14 [*]	2,01 ^{ns}	3,26 [*]	0,78 ^{ns}	0,44 ^{ns}	7,72 ^{**}
CV (%)	37,07	7,34	4,73	21,17	16,93	23,22	10,21	16,86	10,34	18,60	7,45

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{**} e ^{*}: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

Fonte: A autora

Segundo Anghinoni (2007), a principal relação existente entre a fertilidade do solo e a disponibilidade de N refere-se ao aumento nos teores de matéria orgânica. Porém, conforme Barducci et al. (2009), em sistemas de integração lavoura-pecuária, a utilização de fertilizantes nitrogenados nas forrageiras, após a colheita da cultura produtora de grãos, pode incrementar a disponibilidade do elemento ao sistema, proporcionando estabelecimento mais rápido da pastagem e aumento na produtividade de massa seca ao longo dos cortes/pastejos no período de outono-inverno, pois apesar da grande quantidade, a palha proveniente do milho não supre a demanda de N, principalmente pelos processos de imobilização microbiana.

Nos primeiros 5 a 10 anos de SPD (fase em que se encontrava a área do presente trabalho - inicial/transição), inicia-se o acúmulo de matéria orgânica, fósforo e palha na superfície e a imobilização de N aproxima-se da mineralização (ANGHINONI, 2007). Neste contexto, de acordo com Martha Júnior e Vilela (2007), a principal vantagem econômica da integração lavoura-pecuária na fase de pecuária reflete a elevada fertilidade do solo (efeito residual), que apesar de depender da adubação nitrogenada, geralmente dispensa a adubação com fósforo e potássio a médio prazo (até dois anos e meio), corroborando com o efeito da adubação fosfatada, mesmo que residual, na produção das culturas testadas e na melhoria da fertilidade do solo em questão.

Interações significativas entre as doses de P_2O_5 e inoculação das sementes de aveia preta por *A. brasilense* foram verificados para o teor de Mg, soma de bases e saturação por bases do solo (Tabela 20).

Tabela 20 - Desdobramento da interação inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada para o teor de magnésio, soma das bases e saturação por bases do solo coletado após a colheita da aveia preta em função em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada. Selvíria/MS, 2014.

Inoculação	P_2O_5 (kg ha ⁻¹)					Equação	R ² (%)
	0	30	60	120	240		
	Mg (mmol _c dm ⁻³)						
Sem	19,8a	21,3b	20,8a	17,0b	23,3a	-	ns
Com	16,3a	35,3a	22,8a	26,0a	27,5a	-	ns
	Soma de bases (mmol _c dm ⁻³)						
Sem	54,7a	56,6a	53,5a	45,6b	51,5b	-	ns
Com	42,0a	64,8a	56,7a	62,1a	67,4a	-	ns
	Saturação por bases (%)						
Sem	64,3a	65,8a	62,3a	57,8b	65,8a	Y= 66,1884-0,1078x+0,0004x ² *	69,29
Com	50,4b	70,8a	63,3a	69,3a	67,6a	Y= 55,5269+0,2153x-0,00069x ² **	53,49

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **e *: significativo a 1 e 5% respectivamente. ns: não significativo.

Fonte: A autora

Para o teor de Mg, a aplicação de 30 e 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 possibilitou diferenças entre os resultados obtidos para os tratamentos com inoculação (Tabela 20). Nesse sentido, valores superiores estatisticamente do nutriente (35,3 e 26 g kg⁻¹, respectivamente) foram exibidos nas plantas de aveia preta inoculadas via semente com *Azospirillum brasilense*. Entretanto, os resultados constatados para as plantas inoculadas, bem como, para as não inoculadas não se ajustaram a modelos de regressão testados quanto ao efeito da aplicação de P_2O_5 ao solo (Tabela 20).

Maiores valores para soma de base foram constatados para as plantas inoculadas, com destaque para as plantas cultivadas nas áreas que receberam a aplicação de 120 e 240 kg ha⁻¹

de P_2O_5 (Tabela 20). Para estas áreas foi observada diferença significativa entre as plantas inoculadas e não inoculadas.

Para o desdobramento da interação para saturação por bases do solo pós cultivo da aveia, houve diferenças estatísticas para os tratamentos com inoculação, onde foram verificados maiores valores de V% nas áreas adubadas com 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 e em áreas onde as sementes de aveia preta não foram inoculadas. Para a testemunha verificou-se que os resultados médios da V% foram superiores para os solos das unidades experimentais que não receberam sementes inoculadas com *A. brasilense* (Tabela 20).

Os valores de saturação por bases nas áreas cultivadas com plantas não inoculadas responderam de forma quadrática ao efeito da adubação fosfatada, com ponto de mínimo calculado para a dose de 135 kg ha^{-1} . Enquanto que para o solo das áreas cultivadas com plantas inoculadas, os resultados também responderam de forma quadrática, entretanto com ponto de máximo para a V% com a dose calculada de 156 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

Constatou-se que não houve efeito da inoculação ou não das sementes de milho com *Azospirillum brasilense* e da adubação fosfatada residual em cultivo consorciado com o capim-Marandu sobre a fertilidade do solo (Tabela 21).

Tabela 21 - Valores de F e médias da fertilidade do solo na camada de 0 a 0,20 m, após colheita do milho em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.

Tratamentos	P _{resina}	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	S	V
	(mg dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(CaCl ₂)			(mmol _c dm ⁻³)				(mg dm ⁻³)	(%)
Inoculante											
Com	28,0a	28,7a	5,4a	1,7a	24,2a	21,4a	26,2a	46,7a	73,4a	5,2a	63,9a
Sem	26,3a	28,5a	5,5a	1,7a	25,0a	20,0a	25,4a	46,5a	72,5a	5,1a	63,4a
Teste F	0,53 ^{ns}	0,19 ^{ns}	1,49 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,34 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Doses de P₂O₅											
0	24,1	28,3	5,3	2,0	20,6	18,8	27,0	41,4	69,6	4,9	59,0
30	27,9	28,6	5,5	1,7	26,9	23,1	25,3	49,7	75,7	4,8	66,5
60	28,0	28,9	5,5	1,8	26,0	21,1	25,0	48,9	74,8	4,5	65,0
120	28,0	28,8	5,4	1,2	25,6	19,9	25,8	47,3	73,1	5,9	64,1
240	28,0	28,4	5,4	1,7	23,9	20,1	25,9	45,7	71,5	5,6	63,6
Teste F	0,44 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,59 ^{ns}	2,22 ^{ns}	1,29 ^{ns}	0,56 ^{ns}	1,38 ^{ns}	1,02 ^{ns}	1,14 ^{ns}	1,43 ^{ns}
CV%	42,0	29,0	4,5	41,1	19,1	20,0	11,3	17,1	9,5	30,6	10,5

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

Fonte: A autora

Deve-se destacar a manutenção da fertilidade do solo, mesmo após a colheita do milho, tanto pelo histórico de SPD, quanto pela ciclagem de nutrientes da aveia preta antecessora.

Os valores médios da fertilidade do solo na camada de 0 a 0,20 m após colheita do feijoeiro não foram incrementados pela aplicação do *A. brasilense*, com exceção para o teor de P, soma de bases e teor de S (Tabela 22).

Tabela 22 - Valores de F e médias da fertilidade do solo na camada de 0 a 0,20 m, após a colheita do feijoeiro, em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* das sementes de aveia preta, do milho em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu, e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.

Atributo	P _{resina}	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	S	V
	(mg dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(CaCl ₂)			(mmol _c dm ⁻³)				(mg dm ⁻³)	(%)
Inoculação - I											
Sem	15,2a	22,6a	4,8a	1,1a	29,9a	21,6a	27,8a	54,9a	76,7a	7,0b	63,5a
Com	12,2b	22,6a	5,1a	1,3a	27,1a	22,0a	28,0a	47,6b	75,8a	14,1a	62,9a
Teste de F	7,0*	0,9 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,22 ^{ns}	2,58 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,10 ^{ns}	8,49**	0,16 ^{ns}	16,22**	0,10 ^{ns}
DMS	2,31	1,14	0,96	0,57	3,58	2,82	2,69	5,14	4,48	3,60	5,21
Doses de P₂O₅ - D											
0	10,5	22,5	5,2	1,3	26,8	21,5	28,8	50,6	77,9	10,1	63,3
30	12,1	23,0	5,4	1,1	30,1	21,3	27,3	53,9	71,3	12,0	62,1
60	12,3	22,9	4,1	1,1	27,6	21,5	28,8	46,1	77,7	14,4	62,4
120	15,8	22,4	4,7	1,1	32,6	23,9	26,9	60,5	81,3	8,8	65,9
240	17,6	22,3	5,4	1,4	25,5	20,6	27,8	45,2	73,0	7,7	62,2
Teste de F	5,35**	0,30 ^{ns}	1,15 ^{ns}	0,17 ^{ns}	2,08 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,33 ^{ns}	4,96 ^{ns}	2,72 ^{ns}	1,82 ^{ns}	0,30 ^{ns}
Modelo	L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Equação											
R² (%)	93,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F - E	20,03**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teste F - I x D	11,3**	0,10 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,66 ^{ns}	1,89 ^{ns}	1,35 ^{ns}	0,15 ^{ns}	4,76*	2,9 ^{ns}	2,01 ^{ns}	0,65 ^{ns}
CV (%)	26,26	7,87	30,26	34,68	19,48	20,07	14,96	15,46	9,07	33,25	12,80

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

Fonte: autora

Contudo, comparando-se com os cultivos antecessores da aveia preta e milho em consórcio com o capim-Marandu (Tabelas 19 e 21), mesmo com a exportação de grãos de milho e feijão, houve uma manutenção da fertilidade do solo, independentemente dos tratamentos, demonstrando a eficiência do sistema aqui testado na continuidade do SPD. Ressalva deve ser feita ao P, pois após o cultivo da aveia preta, o nutriente não foi repostado ao

solo via adubação, portanto, houve decréscimo em seus teores no solo (Tabela 22), mesmo em doses crescentes no cultivo inicial de aveia preta.

As doses de P_2O_5 iniciais (aveia preta) proporcionaram por efeito residual incrementos nas quantidades de P no solo, sendo que os demais nutrientes avaliados não responderam de forma positiva ao efeito residual da adubação fosfatada (Tabela 22).

Houve interação inoculação e adubação fosfatada residual para os teores de P e valores de soma de bases do solo (Tabela 22). No desdobramento da interação, as áreas que receberam 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 e não foram inoculadas exibiram teores de P superiores ($26,3 \text{ mg dm}^{-3}$) em relação ao verificado para o solo sobre o qual foram cultivadas as plantas inoculadas (Tabela 23).

Independente do solo ter sido cultivado com plantas inoculadas, os resultados obtidos para o teor de P disponível no solo se ajustaram à regressão quadrática. Para o solo cultivado com plantas não inoculadas, os resultados apresentaram ponto de mínimo calculado para 34 kg ha^{-1} . Enquanto que para as áreas onde as plantas não foram inoculadas, os valores de P adequaram-se em um modelo quadrático, com ponto de máximo calculado para a dose de 121 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

Tabela 23 - Desdobramento da interação inoculação com *Azospirillum brasilense* das sementes de aveia preta, do milho em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu e adubação fosfatada residual para o teor de P e soma das bases (SB) do solo coletado após a colheita do feijoeiro. Selvíria/MS, 2014.

Inoculação	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Equação	R ² (%)
	0	30	60	120	240		
P (mg dm ⁻³)							
Sem	10,5a	14,0a	11,5a	13,5a	26,3a	Y= 11,919-0,0204x+0,0003x ² *	94,78
Com	10,5a	10,3a	13,0a	18,0a	9,0b	Y= 8,838+0,1211x-0,0005x ² **	78,71
Soma de bases (mmol _c dm ⁻³)							
Sem	47,5a	64,9a	50,3a	58,6a	53,4a	-	ns
Com	53,7a	43,0b	41,9a	62,4a	37,1b	-	ns

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **e *: significativo a 1 e 5% respectivamente. ns: não significativo.

Fonte: A autora

Analisando-se a soma de bases do solo, observou-se que houve maior resposta do atributo para as áreas que receberam 30 e 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 quando associado ao cultivo de plantas não inoculadas por *A. brasilense* (Tabela 23). Para este atributo químico, os resultados exibidos para os tratamentos com ou sem inoculação não apresentaram ajustes significativos de regressão para a adubação fosfatada residual.

5 CONCLUSÕES

A inoculação das sementes de aveia preta por *Azospirillum brasilense* incrementou a altura das plantas, com maior produção de matéria seca da parte aérea e de raízes. Proporcionou também aumento dos teores de N e P na parte aérea, e N e Mg nos tecidos radiculares da cultura.

A adubação fosfatada na aveia preta aumentou a produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, com proporcional maior acúmulo de N, P, e Ca para a parte aérea e somente de S nas raízes.

A inoculação das sementes de milho por *Azospirillum brasilense* e a adubação fosfatada residual não resultou em efeitos positivos sobre o crescimento, componentes da produção e produtividade de grãos de milho consorciado com capim-Marandu, interferindo apenas em maiores teores de P, Ca, Mg e S, enquanto que a forrageira advinda do consórcio com milho inoculado com *A. brasilense* apresentou valores superiores de proteína bruta e menores teores de fibras.

A inoculação das sementes de aveia preta e do milho com *Azospirillum brasilense* em consórcio com capim-Marandu antecessores ao cultivo de feijão de inverno melhorou o estado nutricional das plantas, entretanto, com efeito negativo na produtividade de grãos.

A adubação fosfatada da cultura da aveia proporcionou efeito residual positivo para o feijoeiro de inverno com incremento dos componentes da produção e produtividade de grãos.

Em virtude da calagem em superfície e adubação dos cultivos, aliados à decomposição e mineralização dos resíduos vegetais das culturas de aveia preta, consórcio do milho com capim-Marandu e feijoeiro de inverno sobre o solo, verificou-se a manutenção da fertilidade do solo, com incrementos nos teores de MO, K, Mg e S, bem como aumento do pH, saturação de bases e redução da acidez potencial na camada de 0 a 0,20 m, independentemente da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense*.

REFERÊNCIAS

- AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Evolução das atividades lavoureiras e pecuária nos cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 25-58.
- ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; VIANA, J. H. M. Manejo de solos: plantas de cobertura do solo. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho: sistemas de produção**. 2. Versão Eletrônica 4. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35330/1/Plantas-cobertura.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2015.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de coberturas do solo, sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 241-248, 2002.
- ANDRADE, M. F.; TEDESCHI, L.; TEDESCHI, G.; PANTOLFI, N.; OUROS, C. C.; ANDREOTTI, M. Produtividade de matéria seca e composição bromatológica de espécies forrageiras em função de épocas de semeadura no inverno em cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, v.1, 2012. CD-ROM.
- ANDRIOLI, I. **Plantas de cobertura em pré-safra à cultura do milho em plantio direto, na região de Jaboticabal-SP**. 2004. 78 f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.
- ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R. F.; V. ALVARES, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 873-928.
- ARAÚJO, F. F.; CARMONA, F. G.; TIRITAN, C. S.; CRESTE, J. E. Fixação biológica de N₂ no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 535-540, 2007.
- ARAÚJO, M. M.; SANTOS, R. V. dos.; VITAL, A. de F. M.; ARAÚJO, J. L.; JR., J. A. de F. Uso do fósforo em gramíneas cultivadas em Neossolo do semi-árido. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 40-46, 2010.
- BARASSI, C. A.; SUELDO, R. J.; CREUS, C. M.; CARROZZI, L. E.; CASANOVAS, W. M.; PEREYRA, M. A. Potencialidad de Azospirillum en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.). **Azospirillum spp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 49-59.
- BARBOSA FILHO, M. P.; COBUCCI, T.; MENDES, P. N. **Adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro comum irrigado sob plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 7 p. (Circular Técnico, 70).

BARTCHECHEN, A.; FIORI, C. C. L.; WATANABE, S. H.; GUARIDO, R. C. Efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense* na produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.). **Campo Digital**, Campo Mourão, v. 5, n. 1, p. 56-59, 2010.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. *Azospirillum* – plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 43, n. 2, p. 103-121, 1997.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; BASHAN, L. E. de. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 50, n. 8, p. 521-577, 2004.

BARDUCCI, R. S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PUTAROV, T. C.; SARTI, L. M. N.; Produção de *Brachiaria brizantha* e *Megathirsus maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Revista Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 222, p. 211-222, 2009.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 897-903, 2000.

BORTOLUZZI, E. C.; ELTZ, F. L. F. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 449-457, 2000.

BRACCINI, A. L.; DAN, L. G. M.; PICCININ, G. G.; ORTIZ, A. H. T. Seed inoculation with *Azospirillum brasilense* associated with the use of bioregulators in maize. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 58-64, 2012.

CAMARGO, C. E. O.; FREITAS, J. G.; CANTARELLA, H. Aveia, centeio. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo; IAC, 1997. p. 2-53. (Boletim Técnico, 100)

CAMPOS, B. H. C.; THEISEN, S.; GNATTA, V. Avaliação de inoculante Graminante na cultura do milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 713-715, 2000.

CANGAHUALA-INOCENTE, G. C.; AMARAL, F. P.; FALEIRO, A. C.; HUERGO, L. F.; MAISONNAVE ARISI, A. C. Identification of six differentially accumulated proteins of *Zea mays* seedlings (DKB 240 variety) inoculated with *Azospirillum brasilense* strain FP2. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 58, p. 45-50, 2013.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van.; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo; IAC, 1997. p. 43-71. (Boletim Técnico, 100)

CAPPELLE, E. R.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C.; CECON, P. R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1837-1856, 2001.

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**, Dordrecht, v. 88, n. 2, p. 259-273, 2010.

CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A. G.; LLANILLO, R. F. **Sistema plantio direto no Sul do Brasil**: fatores que promoveram a evolução do sistema e desenvolvimento de máquinas agrícolas. Londrina: FAO/IAPAR, 2008.

CAVALLET, L. E.; PESSOA, A. C. dos S.; HELMICH, J. J.; HELMICH, P. R.; OST, C. F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 129-132, 2000.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M.G.; POLLETO, N.; SILVEIRA, M. J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 49-54, 2002.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M. de; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O. da R.; CESARIN, A. L. Consorciação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 6, p. 1101-1109, 2010.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; WOBETO, C. ACIDIFICAÇÃO DE UM LATOSSOLO SOB PLANTIO DIRETO. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 1055-1064, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, primeiro levantamento**, abril, 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_10_14_35_09_boletim_graos_setembro_2014.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2015.

CONCEIÇÃO, A. G. C.; COELHO, C. C. R.; BEZERRA, M. G. A.; LIMA, S. V.; SALDANHA, E. C. M. Matéria verde e seca de milho (*Zea mays*) submetido a diferentes dosagens de fósforo. In: SEMINÁRIO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA, 10., 2012, Belém. **Anais...** Belém: UFRA, 2012.

COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A.; PAULINO, V. T.; PEREIRA, R. G. de A. Formação e manejo de pastagens na Amazônia do Brasil. **Revista Electrónica de Veterinaria**, Málaga, v. 7, n. 1, p. 9-30, 2006.

CRUZ, J. F. da. **Desempenho de variedades de feijoeiro comum em plantio direto sob diferentes palhadas e adubações**. 2012. 75 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2012.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. 80 p. (IAPAR.Circular, 73).

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; VANDERLEYDEN, J.; DUTTO, P.; LABANDERA-GONZALEZ, C.; CABALLEROMELLADO, J.; AGUIRRE, J.F.; KAPULNIK, Y.; BRENER, S.; BURDMAN, S.; KADOORI, D.; SARIG, S.; OKON, Y. Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. **Australian Journal of Plant Physiology**, Clayton, v. 28, n. 9, p. 871-879, 2001.

DOMINGUES NETO, F. J.; YOSHIMI, F. K.; GARCIA, R. D.; DOMINGUES, M. C. S. Influência de *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento vegetativo, produção de forragem e acúmulo de massa seca da aveia preta. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 2013-2019, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa dos Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 2006. 306 p.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: Sistema de análise de variância. Lavras: UFLA/DEX, 1999.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. Adubação fosfatada para o feijoeiro em solo de várzea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 124-127, 1998.

FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; SANTOS, M. V.; AGNES, E. L.; CARDOSO, A. A.; JAKELAITIS, A. Formação de pastagem via consórcio de *Brachiaria brizantha* com o milho para silagem no sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2005.

FREITAS, F. C. L.; SANTOS, M. V.; MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; FREITAS, M. A. M.; SILVA, M. G. O. Comportamento de cultivares de milho no consórcio com *Brachiaria brizantha* na presença e ausência de Foramsulfuron +Iodosulfuron-Methyl para o manejo da forrageira. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 215-221, 2008.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; LIMA, A. E. S.; BUZETTI, S. Análise econômica da produtividade de grãos de milho consorciado com forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* em sistema plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 9, n. 2, p. 157-163, 2012.

GRAY, E. J.; SMITH, D. L. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 37, n. 3, p. 395-412, 2005.

GYANESHWAR, P.; KUMAR, G. N.; PAREKH, L. J.; POOLE, P. S. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 245, n. 1, p. 83-93, 2002.

HARGER, N.; BRITO, O. R.; RALISCH, R.; ORTIZ, R. F.; WATANABE, S. T. Avaliação de fontes e doses de fósforo no crescimento inicial do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 39- 44, 2007.

HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS-FILHO, M. A. F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP/FEIS – Área de Hidráulica e Irrigação, 1995. 45 p. (Série Irrigação, 1).

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2011. 19 p. (Documentos, 325).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M. S.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 331, n. 1-2, p. 413-425, 2010.

INACIO, S. R. F. **Produção e comercialização de insumos para produção de fertilizantes: Um panorama mundial e os paradigmas do Brasil**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Grupo de Extensão e Pesquisa em Logística Agroindustrial – ESALQ-LOG. Trabalho de estagiário júnior do Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial – Piracicaba, 2013.

INIGUEZ, A. L.; DONG, Y.; TRIPLETT, E. W. Nitrogen fixation in wheat provided by *Klebsiella pneumoniae* 342. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, Saint Paul, v. 17, n. 10, p. 1078-1085, 2004.

JORDÃO, L. T.; LIMA, F. F.; LIMA, R. S.; MORETTI, P. A. E.; PEREIRA, H. V.; MUNIZ, A. S.; OLIVEIRA, M. C. N. Teor relativo de clorofila em folhas de milho inoculado com *Azospirillum braziliense* sob diferentes doses de nitrogênio e manejo com braquiária. In: FERTBIO, 2010, Guarapari. **Anais...** Viçosa: SBCS, 2010. 1 CD ROM.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 334-343, 2011.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. Taxa de composição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36. n. 1. p. 21-28, 2006.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema santa fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. Cap.15, p. 409-441.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. Manejo sustentável dos solos dos cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 59-104.

KROLOW, R. H.; MISTURA, C.; COELHO, R. W.; SIEWERDT, L.; ZONTA, E. P. Efeito do fósforo e do potássio sobre o desenvolvimento e a nodulação de três leguminosas anuais de estação fria. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 2224-2230, 2004.

LANA, M. C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J. E. H. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 3, p. 399-405, 2012.

LINN, J.; KUEHN, C. The effects of forage quality on performance and cost of feeding lactating dairy cows. In: WESTERN CANADIAN DAIRY SEMINAR, 1997, Alberta. **Proceedings of the...** Alberta: [s.n.] 1997, p. 236.

LOPES, A. S. **Available water, phosphorus fixation and zinc levels in Brazilian Cerrado soils in relation to their physical, chemical and mineralogical properties**. 1977. 189 f. Tese (Doctor) - Department of Soil Science, North Carolina State University, Raleigh, 1977.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 133-146, 2009.

MACIEL, G. A.; COSTA, S. E. G. V. de A.; NETO, A. E. F.; FERREIRA, M. M.; EVANGELISTA, A. R. Efeito de diferentes fontes de fósforo na *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada em dois tipos de solos. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, n. 2, p. 227-233, 2007.

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.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. Resultado econômico e estratégias de intensificação da adubação de pastagens. In: MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. (Ed.) **Uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. p. 69-92.

MELÉM JÚNIOR, N. J. M.; BRITO, O. R.; JÚNIOR, N. da S. F.; FONSECA, I. C. de B.; AGUIAR, S. X. de. Nutrição mineral e produção de feijão em áreas manejadas com e sem queima de resíduos orgânicos e diferentes tipos de adubação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 7-18, 2011.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Recuperação de áreas degradadas**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/recuperacao-areas-degradadas>>. Acesso em: 04 jun. 2014.

MIRANDA, L. N. et al. Produtividade do feijoeiro em resposta a adubação fosfatada e a regime de irrigação em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 703-710, 2000.

NAKAO A. H.; SOUZA, M. F. P.; RODRIGUES, R. A. F.; DAL BEM, E. A.; CENTENO, D. C. Resposta do milho safrinha em função de fontes e doses de nitrogênio e inoculação foliar com *Azospirillum brasilense*. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 2690-2701, 2014.

NAKAO A. H.; SOUZA, M. F. P.; DICKMANN, L.; CENTENO, D. C.; RODRIGUES, R. A. F. Respostas do sorgo granífero à diferentes doses e épocas de inoculante (*Azospirillum brasilense*) via foliar. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 2702-2714, 2014.

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

NOGUEIRA, J. L.; SILVA, B. A.; CARVALHO, T. C.; PANOBIANCO, M. Teste de condutividade elétrica para avaliação do potencial fisiológico de sementes de aveia preta. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 6, p. 896-901, 2013.

NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E.; FALBO, M. K.; MORAES, A. de.; CHENG, N. C. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, supl.1, p. 1687-1698, 2011.

OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 63, n. 7, p. 366-370, 1997.

OLIVEIRA, T. N. de.; PAZ, L. G. da.; SANTOS, M. V. F. dos.; JÚNIOR, J. C. B. D.; FERREIRA, R. L. C.; PIRES, A. J. V.; SILVA, M. da C. Influência do fósforo e de diferentes regimes de corte na produtividade e no perfilhamento do capim-de-raiz (*Chloris orthoton* Doell). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 60-67, 2004.

OLIVEIRA, P. de. **Consórcio de milho com adubos verdes e manejo da adubação nitrogenada no cultivo de feijão em sucessão no sistema Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado**. 2010. 125 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; 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. **Desempenhos técnicos e econômicos de um sistema de integração lavoura-pecuária com a cultura do milho e adubação nitrogenada de capins dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* sob irrigação no cerrado**. 2010. 153 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A.; BERGAMASCHINE, 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 lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 360-370, 2009.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G.; FREITAS, A. R.; VIVALDI, L. J. Adubação nitrogenada em capim Coast cross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 68-78, 2004.

PRADO, R. M.; ROMUALDO, L. M.; VALE, D. W. Resposta da aveia preta à aplicação de fósforo sob duas doses de nitrogênio em condições de casa-de-vegetação. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 527-533, 2006.

QUADROS, P. D. de. **Inoculação de *Azospirillum* spp. em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul**. 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

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 Campinas, 1997.

RADWAN, T. E. E.; MOHAMED, Z. K.; REIS, V. M. Efeito da inoculação de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* na produção de compostos indólicos em plântulas de milho e arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 10, p. 987-994, 2004.

REIS JÚNIOR, F. B.; MACHADO, C. T. de T.; MACHADO, A. T.; SODEK, L. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1139-1146, 2008.

REIS, V. M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 22 p. (Documentos, 232).

ROESCH, L. F. W.; OLIVARES, F. L.; PASSAGLIA, L. P. M.; SELBACH, P. A.; SÁ, E. L. S de; CAMARGO, F. A. O. Characterization of diazotrophic bacteria associated with maize: effect of plant genotype, ontogeny and nitrogen-supply. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, Dordrecht, v. 22, n. 9, p. 967-974, 2006.

ROSOLEM, C. A.; MARCELLO, C. S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 03, p. 448-455, 1998.

SALA, V. M. R.; SILVEIRA, A. P. D. da; CARDOSO, E. J. B. N. Bactérias diazotróficas associadas a plantas não-leguminosas. In: SILVEIRA, A. P. D. da; FREITAS, S. dos S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007. Cap. 6, p. 97-115.

SANTOS, C. S. A. **Capim marandu submetido à inoculação com bactérias diazotróficas associativas em latossolo vermelho de Cerrado**. 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Rondonópolis, 2013.

SERAFIM, R. S. **Produção e composição química da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu adubada com água residuária de suinocultura**. 2010. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

SILVA, E. B.; RESENDE, J. C. F.; CINTRA, W. B. R. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo em solo arenoso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 973-977, 2001.

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

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 377-381, 2005.

STEENHOUDT, O.; VANDERLEYDEN, J. *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. **FEMS Microbiology Reviews**, Londres, v. 24, n. 4, p. 487-506, 2000.

TIEN, T. M.; GASKINS, M. H.; HUBBELL, D. H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). **Applied and Environmental Microbiology**, Washington DC, v. 37, n. 5, p. 1016-1024, 1979.

TORRES, J. L. R. **Estudo de plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de plantio direto no cerrado, na região de Uberaba-MG**. 2003. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

TRABUCO, M. **Produção de milho em plantio direto após plantas de cobertura**. 2008. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

VALDERRAMA, M.; BUZZETTI, 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.

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 17. Piracicaba, 2000. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000. p. 65-108.

WERNER, J. C.; MONTEIRO, F. A.; CARRIEL, J. M. Efeitos da calagem em capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) estabelecido. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 36, n. 2, p. 247-254, 1979.

ZANINI, F. H.; DOLEJAL, F. E. G.; CASTAGNARA, D. D.; OLIVEIRA, P. S. R.; MESQUITA, E. E. Desenvolvimento de forrageiras tropicais sob doses de fósforo. **Synergismus Scyentica UTFPR**, Pato Branco, v. 4, n. 1, p. 202-204, 2009.