



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

TIAGO DE LISBOA PARENTE

**PLANTAS DE COBERTURA, INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* E
ADUBAÇÃO COM NITROGÊNIO NO MILHO E COM ZINCO NA SOJA NA
REGIÃO DE CERRADO**

**Ilha Solteira
2019**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

TIAGO DE LISBOA PARENTE

PLANTAS DE COBERTURA, INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* E ADUBAÇÃO COM NITROGÊNIO NO MILHO E COM ZINCO NA SOJA NA REGIÃO DE CERRADO

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

Prof. Dr. EDSON LAZARINI

Orientador

**Ilha Solteira
2019**

FICHA CATALOGRÁFICA

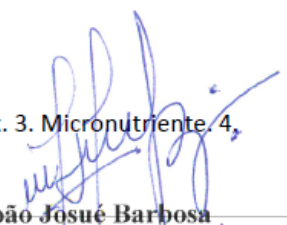
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

P228p Parente, Tiago de Lisboa.
Plantas de cobertura, inoculação de *Azospirillum* brasileiro e adubação com nitrogênio no milho e com zinco na soja na região de cerrado / Tiago de Lisboa Parente. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2019
72 f. : il.

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

Orientador: Edson Lazarini
Inclui bibliografia

1. Adubação nitrogenada. 2. *Glycine max*. 3. Micronutriente. 4. Produtividade de grãos. 5. *Zea mays*.



João Josué Barbosa

Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação
Diretor Técnico
CRB 8-5642

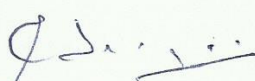
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Plantas de cobertura, inoculação com Azospirillum
brasilense e adubação com nitrogênio no milho e com
Zinco na soja na região de cerrado.

AUTOR: TIAGO DE LISBÔA PARENTE

ORIENTADOR: EDSON LAZARINI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA,
especialidade: SISTEMAS DE PRODUÇÃO pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. EDSON LAZARINI

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

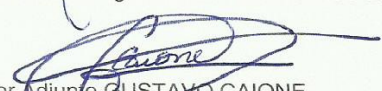

Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

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


Prof. Dr. MARCO 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 - UNEMAT


Professor Adjunto GUSTAVO CAIONE
Departamento de Agronomia / Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT - MT

Ilha Solteira, 07 de fevereiro de 2019.

DEDICO.

Aos meus familiares: minha querida esposa Sheila Caioni, meus pais Antônio de Lisboa Parente e Maria Aparecida Parente, meu irmão Felipe Parente, minha avó Maria Romana Parente (em memória), que me deram incentivo e apoio, sempre com exemplos de honestidade, fé e determinação.

A todos os agricultores deste país, pelo seu trabalho, esforço e determinação no cultivo do solo.

A todos os professores das Universidades que buscam incansavelmente passar conhecimento e formar profissionais nesta maravilhosa profissão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me concedido a vida e por permitir que eu vencesse mais este desafio, com sua bênção e proteção.

A minha querida esposa Sheila Caioni, pelo amor, carinho, companheirismo e compreensão. E por ter estado sempre ao meu lado, auxiliando de forma direta em todas as etapas de desenvolvimento deste projeto e durante todo o doutorado.

Aos meus pais Antônio de Lisboa Parente e Maria Aparecida Parente, e todos os familiares e amigos, que sempre incentivaram, dando apoio e torcendo por mais essa conquista.

Ao professor Dr. Edson Lazarini, pela orientação e auxílio no desenvolvimento deste projeto, e pelos exemplos de profissionalismo e caráter que levarei para vida profissional.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira, por me conceder o título de Doutor em Agronomia, e pela infraestrutura e material cedido.

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

Aos colegas da “Equipe Edson Lazarini”, pela amizade e pelo auxílio direto na fase de campo do projeto. Em especial aos amigos Raul Sobrinho Pivetta, João Willian Bossolani, Viviane Cristina Modesto, Lourdes Dickmann e Luiz Gustavo Moretti de Souza

Aos colaboradores da Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão (FEPE) de Selvíria, que também auxiliaram na condução do experimento.

A todos os demais professores, colegas e servidores da UNESP, que de alguma forma colaboraram durante o período de Doutorado, meu muito obrigado.

“Quando Deus fez a terra e o céu, ainda não havia na terra nenhuma planta do campo, pois no campo ainda não havia brotado nenhuma erva: Deus não tinha feito chover sobre a terra e não havia homem que cultivasse o solo e fizesse subir da terra a água para regar a superfície do solo. Então Deus modelou o homem com a argila do solo, soprou-lhe nas narinas um sopro de vida, e o homem tornou-se um ser vivente.”

“Deus fez brotar do solo todas as espécies de árvores formosas de ver e boas de comer.”

“Deus tomou o homem e o colocou no jardim de Éden, para que o cultivasse e guardasse.”

BÍBLIA SAGRADA: GÊNESIS 2,4b-7.9.15

RESUMO

A utilização de sistemas de cultivo conservacionistas de solo tem proporcionado inúmeros benefícios às culturas produtoras de grãos no Brasil, destacando-se o Sistema Plantio Direto (SPD), que possui cobertura do solo como um de seus três pilares essenciais. Neste sentido, a utilização de gramíneas de alta produção de fitomassa e elevada relação C/N, como o milho e o capim ruziziensis, são excelentes alternativas para regiões de clima tropical, além disso possuem um sistema radicular eficiente na exploração do perfil do solo. Aliado ao SPD, outras tecnologias também têm se mostrado promissoras na região do Cerrado, como é o caso da inoculação de bactérias promotoras de crescimento, como o *Azospirillum brasilense*, sendo utilizado com o intuito de reduzir as adubações nitrogenada no milho e melhorar os níveis de produtividade da cultura da soja em associação com bactérias simbióticas fixadoras de N. Na soja, além do uso de *A. brasilense*, tem sido crescente também o desenvolvimento de pesquisas com adubação de micronutrientes, em especial o Zn. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada associada à inoculação com *A. brasilense* na cultura do milho cultivado após diferentes plantas de cobertura. E avaliar o efeito da inoculação com *A. brasilense* e adubação com Zn na soja cultivada após diferentes plantas de cobertura. Os experimentos foram instalados na fazenda de ensino, pesquisa e extensão pertencente à Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, localizada no município de Selvíria – MS. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 2x2x4, sendo duas plantas de cobertura (milho e capim ruziziensis), inoculação com *A. brasilense* (com e sem) e quatro doses de nitrogênio no milho (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹), e quatro doses de zinco na soja (0, 3, 6 e 12 kg ha⁻¹ de Zn), com quatro repetições. Inicialmente foram instaladas as duas plantas de cobertura na área, e após o manejo das mesmas, uma parte da área foi cultivada com a cultura do milho e a outra parte com a cultura da soja. Os experimentos foram conduzidos na safra 2015/2016 e repetidos na safra 2016/2017. Foram avaliadas as características morfológicas e produtivas das culturas. Concluiu-se que a produtividade do milho e da soja foram maiores quando semeados após a cultura do milho. A inoculação com *A. brasilense* e adubação nitrogenada de cobertura proporcionou a maior produtividade do milho com 175 kg ha⁻¹ de N. Na soja a adubação com Zn aumenta linearmente a produtividade de grãos, e a inoculação com *A. brasilense* também é recomendada para cultura da soja

Palavras chaves: Adubação nitrogenada. *Glycine max*. Micronutriente. Produtividade de grãos. *Zea mays* L.

ABSTRACT

The use of soil conservation cropping systems has provided innumerable benefits to grain-producing crops in Brazil, notably the No-Tillage System (NTS), which has soil cover as one of its three essential pillars. In this sense, the use of grasses with high phytomass production and high C / N ratio, such as millet and ruziziensis grass, are excellent alternatives for regions of tropical climate, besides having an efficient root system on the farm of the soil profile. In addition to NTS, other technologies have also been shown to be promising in the Cerrado region, such as the inoculation of growth promoting bacteria, such as *Azospirillum brasilense*, with the aim of reducing nitrogen fertilization in maize and improving levels of productivity of soybean crop in association with symbiotic N - fixing bacteria. In addition to the use of *A. brasilense*, the development of research with micronutrient fertilization, especially Zn, has also been increasing. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of nitrogen fertilization associated with inoculation with *A. brasilense* on maize cultivated after different cover crops. And to evaluate the effect of inoculation with *A. brasilense* and fertilization with Zn in soybean cultivated after different cover crops. The experiments were carried out at the teaching, research and extension farm belonging to the Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Selviria country, Mato Grosso do Sul State, Brasil (20°20'05''S and 51°24'26''W). The experimental design was a randomized complete block design in a 2x2x4 factorial scheme, two cover crops (millet and ruziziensis grass), inoculation with *A. brasilense* (with or without) and four nitrogen doses in the maize (0, 50, 100 and 150 kg ha⁻¹), and four zinc doses in soybean (0, 3, 6 and 12 kg ha⁻¹ of Zn) with four replicates. Initially the two cover crops were installed in the area, and after the management of the same, part of the area was cultivated with the corn crop and the other part with the soybean crop. The experiments were conducted in the 2015/2016 crop and repeated in the 2016/2017 crop. The morphological and productive characteristics of the cultures were evaluated. It was concluded that corn and soybean yields were higher when sown after millet cultivation. The inoculation with *A. brasilense* and nitrogen fertilization yielded the highest productivity of maize with 175 kg ha⁻¹ of N. In soybean, fertilization with Zn increases grain yield linearly, and inoculation with *A. brasilense* is also recommended for soybean crop.

Key words: Nitrogen fertilization. *Glycine max*. Micronutrient. Yield grain. *Zea mays* L.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Desdobramento da interação entre plantas de cobertura e doses de N na safra 2015/2016 (A) e análise de regressão para altura de plantas em função das doses de N na safra 2016/2017 (B), no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria – MS	37
Figura 2. Desdobramento da interação entre plantas de cobertura e doses de N na safra 2015/2016 (A) e análise de regressão para altura de inserção da espiga em função das doses de N na safra 2016/2017 (B), no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria – MS.....	38
Figura 3. Análise de regressão para o índice de cor verde das folhas em função das doses de N em cobertura na safra 2015/2016 e 2016/2017, no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria – MS.....	41
Figura 4. Análise de regressão para o diâmetro basal do colmo em função das doses de N em cobertura na safra 2015/2016 e 2016/2017, no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria – MS.....	42
Figura 5. Análise de regressão para o acúmulo de fitomassa seca em função das doses de N em cobertura na safra 2015/2016 e 2016/2017, no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria – MS.....	43
Figura 6. Análise de regressão para o número de grãos por fileira e comprimento da espiga, em função das doses de N em cobertura na safra 2015/2016 (A) e 2016/2017 (B), no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria – MS.....	45
Figura 7. Análise de regressão para a massa de 100 grãos em função das doses de N em cobertura na safra 2015/2016 e 2016/2017, no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria – MS.....	47
Figura 8. Desdobramento da interação entre inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> e doses de N para o peso da espiga sem palha, no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria – MS, 2016/2017.....	48
Figura 9. Desdobramento da interação entre inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> e doses de N para a produtividade de grãos, no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria – MS, 2015/2016 (A) e 2016/2017 (B).....	50
Figura 10. Análise de regressão para a produtividade de fitomassa seca em função das doses de Zn na safra 2015/2016 e 2016/2017, na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS.....	54

Figura 11. Desdobramento da interação entre a inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> e doses de Zn para o número de ramos por planta, na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS, 2015/2016.....	55
Figura 12. Desdobramento da interação entre a inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> e doses de Zn para o número de ramos por planta, na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS, 2016/2017.....	57
Figura 13. Análise de regressão para o número de vagens por planta em função das doses de Zn aplicadas na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS, 2015/2016.....	58
Figura 14. Desdobramento da interação entre a inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> e doses de Zn para o número de vagens por planta, na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS, 2016/2017.....	59
Figura 15. Análise de regressão para a massa de 100 grãos em função das doses de Zn aplicadas na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS, 2015/2016.....	61
Figura 16. Análise de regressão para a produtividade de grãos em função das doses de Zn aplicadas na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS, 2015/2016.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados da análise de solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.....	28
Tabela 2. Médias dos tratamentos e teste F para as variáveis estande final de plantas, altura de planta e altura de inserção da espiga do milho híbrido DKB 350 PRO, em função das plantas de cobertura, inoculação com <i>A. brasilense</i> e doses de N em cobertura. Selvíria - MS, safras 2015/16 e 2016/2017.....	35
Tabela 3. Desdobramento da interação entre plantas de cobertura e inoculação com <i>A. brasilense</i> para altura de inserção da espiga no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria – MS, 2016/2017.....	39
Tabela 4. Médias dos tratamentos e teste F para as variáveis índice de clorofila foliar, diâmetro basal do colmo e acúmulo de fitomassa seca do milho híbrido DKB 350 PRO, em função das plantas de cobertura, inoculação com <i>A. brasilense</i> e doses de N em cobertura. Selvíria - MS, safras 2015/16 e 2016/2017.....	40
Tabela 5. Médias dos tratamentos e teste F para as variáveis comprimento da espiga, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira no milho híbrido DKB 350 PRO, em função das plantas de cobertura, inoculação com <i>A. brasilense</i> e doses de N em cobertura. Selvíria - MS, safras 2015/16 e 2016/2017.....	44
Tabela 6. Médias dos tratamentos e teste F para as variáveis massa de 100 grãos, peso da espiga e produtividade de grãos no milho híbrido DKB 350 PRO, em função das plantas de cobertura, inoculação com <i>A. brasilense</i> e doses de N em cobertura. Selvíria - MS, safras 2015/16 e 2016/2017.....	46
Tabela 7. Desdobramento da interação entre plantas de cobertura, inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> e doses de N para a variável peso da espiga sem palha (g) no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria MS, 2015/2016.....	47
Tabela 8. Médias dos tratamentos e teste F para as variáveis estande final de plantas, altura de inserção da primeira vagem e altura de plantas, na cultura da soja, cultivar BMX Potência RR, em função das plantas de cobertura, inoculação com <i>A. brasilense</i> e doses de Zn. Selvíria - MS, safras 2015/16 e 2016/2017.....	52
Tabela 9. Médias dos tratamentos e teste F para as variáveis acúmulo de fitomassa seca, número de ramos por planta e de vagens por planta na cultura da soja, cultivar BMX Potência RR, em função das plantas de cobertura, inoculação com <i>A. brasilense</i> e doses de Zn. Selvíria - MS, safras 2015/16 e 2016/2017.....	53

Tabela 10. Desdobramento da interação entre plantas de cobertura e inoculação com <i>A. brasilense</i> para o número de ramos por planta na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS, 2015/2016.....	55
Tabela 11. Desdobramento da interação entre plantas de cobertura e inoculação com <i>A. brasilense</i> para o número de ramos por planta na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS, 2016/2017.....	56
Tabela 12. Desdobramento da interação entre plantas de cobertura e inoculação com <i>A. brasilense</i> para o número de vagens por planta na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS, 2015/2016.....	59
Tabela 13. Médias dos tratamentos e teste F para as variáveis massa de 100 grãos e produtividade de grãos na cultura da soja, cultivar BMX Potência RR, em função das plantas de cobertura, inoculação com <i>A. brasilense</i> e doses de Zn. Selvíria - MS, safras 2015/16 e 2016/2017.....	60
Tabela 14. Desdobramento da interação entre plantas de cobertura e inoculação com <i>A. brasilense</i> para a produtividade de grãos na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS, 2016/2017.....	63

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	A cultura da soja: contexto histórico e importância econômica para o Brasil.....	18
2.2	A cultura do milho: contexto histórico e importância econômica para o Brasil....	20
2.3	Uso de <i>Urochloa ruziziensis</i> e milheto no sistema plantio direto.....	21
2.4	Inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> em milho e soja.....	24
2.5	Adubação com Nitrogênio na cultura do milho	25
3	MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1	Histórico e caracterização da área experimental	28
3.2	Preparo da área e implantação das plantas de cobertura	29
3.3	Delineamento experimental e tratamentos	29
3.3.1	<i>Cultura do milho</i>	29
3.3.2	<i>Cultura da soja</i>	30
3.4	Instalação e condução dos experimentos	30
3.4.1	<i>Instalação e condução da cultura do milho</i>	30
3.4.2	<i>Instalação e condução da cultura da soja</i>	21
3.5	Avaliações	32
3.5.1	<i>Avaliações no milho</i>	32
3.5.2	<i>Avaliações na soja</i>	34
3.6	Análise estatística	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1	Cultura do milho	35
4.2	Cultura da soja	52
5	CONCLUSÃO	64
	REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

O milho é tido como um dos cereais mais importante do mundo, sendo um dos mais produzidos e comercializado. Em parte, isso se deve ao seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo (GAZOLA *et al.*, 2014), sendo uma das principais fontes de energia para a alimentação humana e animal. Nas regiões do Cerrado brasileiro ele é cultivado geralmente no período de outono/inverno, em sucessão à cultura da soja, que é semeada na época de primavera/verão.

Na cultura do milho, o nitrogênio (N) é o nutriente exigido em maior quantidade, preponderante na composição final da cultura (SANTOS *et al.*, 2010), e desta forma, maiores quantidades de N utilizadas respondem positivamente no aumento de produtividade. Entretanto, devido ao custo elevado dos fertilizantes nitrogenados e a facilidade de perda do N em condições ambiente, é de extrema importância o estudo de práticas que visem o maior aproveitamento e a redução da adubação nitrogenada na cultura.

A soja, por sua vez, ocupa a maior área de produção de grãos do país, também ocupando lugar de destaque com importância na alimentação humana e animal, sendo importante fonte de óleo e proteína. O aumento da produção de grãos na cultura da soja nos últimos anos, ocorreu devido a melhoria das condições de cultivo e desenvolvimento de novas tecnologias nas diversas regiões brasileiras (FERREIRA JÚNIOR *et al.*, 2015), podendo citar como exemplo a modernização cada vez maior da mecanização agrícola, desenvolvimento de cultivares mais produtivas, práticas visando o melhor uso de fertilizantes, cultivos conservacionista, entre outras.

Um dos pontos que se tem dado importância nos últimos anos na cultura da soja é quanto a utilização de micronutrientes, como por exemplo o zinco (Zn), que é de extrema importância no sistema enzimático da planta, atuando diretamente no seu metabolismo e consequentemente no desenvolvimento e produtividade. Trabalhos desenvolvidos por Inocêncio *et al.* (2012) demonstraram respostas positivas na cultura da soja com aplicação de Zn, mesmo estando com teores deste nutriente no solo acima dos níveis de suficiência. Resultados como este demonstram a importância cada vez maior no estudo da adubação e nutrição das culturas, principalmente com micronutrientes.

Por outro lado, com o aumento dos preços dos insumos utilizados nas lavouras de soja e milho, muitas vezes torna-se cada vez mais importante o aprimoramento de práticas que maximizem o aproveitamento dos mesmos, melhorando a disponibilidade dos nutrientes para as plantas, visando assim à sustentabilidade do sistema de produção da cultura (PEDRAZZI *et al.*, 2016).

Neste sentido as bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs) podem auxiliar por diversos mecanismos na nutrição das culturas, destacando-se a produção de hormônios que interferem no crescimento das plantas e podem alterar a morfologia das raízes, possibilitando a exploração de maior volume de solo. Seu uso vem sendo muito estudado em gramíneas e até mesmo na cultura da soja, na forma de co-inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*. As bactérias diazotróficas mais estudadas como BPCPs associativas, ou seja, que não formam uma simbiose com a planta hospedeira, são pertencentes ao gênero *Azospirillum* (BASHAN; BASHAN, 2005), destacando-se a espécie *Azospirillum brasilense*.

Além desta técnica, práticas que visam a melhoria das condições físicas e químicas do solo, reciclagem de nutrientes no sistema e proteção do solo, tem um impacto positivo muito importante para o produtor. Nas últimas décadas, está sendo crescente o interesse pela utilização de culturas de cobertura associadas aos manejos conservacionistas, pois essas práticas podem diminuir a erosão, melhorar a infiltração de água no perfil do solo e fornecer nutrientes para a cultura em sucessão (AMADO *et al.*, 2000). E desta forma, o Sistema Plantio Direto (SPD) foi difundido na maioria das regiões produtoras de grãos do país, sendo fundamentado em seus três pilares, que são o não revolvimento do solo, rotação de culturas e a manutenção da cobertura do solo, protegendo o mesmo.

Entretanto, o clima do Cerrado é caracterizado por altas temperaturas e umidade no período de outubro a março e por redução de chuva de abril a setembro (MENDONÇA *et al.*, 2015; CASTRO *et al.*, 2017). Sendo assim, nas condições de elevadas temperaturas e umidade na primavera/verão, a decomposição dos resíduos vegetais ocorre de maneira acelerada, dificultando a manutenção desses sobre o solo. Portanto, deve-se atentar para a quantidade e durabilidade do material utilizado como cobertura, visando a manutenção do SPD (MENDONÇA *et al.*, 2015; ROSSI *et al.*, 2013). Desta forma, se implantadas de forma adequada ao sistema de rotação de culturas, as plantas de cobertura, em especial as gramíneas, podem produzir elevada biomassa com relação carbono/nitrogênio alta, o que garantirá a cobertura do solo por um período longo (BORGHI *et al.*, 2008).

A seleção de espécies com rápido estabelecimento e crescimento, capaz de acumular grandes quantidades de fitomassa para cobertura do solo e de ciclagem de nutrientes para posterior liberação para a safra sucessiva, é fundamental para sistemas de plantio direto (PACHECO *et al.*, 2011). Assim, gramíneas como milheto e *Urochloa ruziziensis* (Syn. *Brachiaria ruziziensis*), são espécies com rápido estabelecimento, alta produção de fitomassa (acima de 10.000 kg ha⁻¹), e eficientes na ciclagem de nutrientes (TEIXEIRA *et al.*, 2012; PEREIRA *et al.*, 2016).

Desta forma, tem-se a hipótese de que a utilização de plantas de cobertura promova o aumento na produção de palhada e consequentemente maior ciclagem de Zn na soja e N no milho, bem como de que a inoculação de *A. brasilense* nas culturas de soja e milho possa melhorar o desenvolvimento das mesmas impactando positivamente na produtividade, além da possibilidade de reduzir a dose de N no milho sem afetar a produção, e que a adubação com Zn na soja promova ganhos de produtividade. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada associada à inoculação com *A. brasilense* na cultura do milho cultivado após diferentes plantas de cobertura. E avaliar o efeito da inoculação com *A. brasilense* e adubação com Zn na soja cultivada após diferentes plantas de cobertura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da soja: contexto histórico e importância econômica para o Brasil

A cultura da soja é originária do continente asiático, mais precisamente na região do rio Yangtzé, na China. Contudo, a planta que hoje é cultivada mundo afora é muito diferente dos ancestrais que lhe deram origem (plantas rasteiras) e que evoluíram pelo aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre espécies selvagens, que foram domesticadas. O melhoramento da cultura iniciou-se com cientistas da antiga China que, através de sucessivos processos de cruzamentos dos genótipos ancestrais, passaram a direcionar a seleção visando obter as características mais desejadas (NUNES, 2016).

De acordo com registros históricos, a provável domesticação da cultura ocorreu há 5000 anos na Manchúria, região Nordeste da China. No ano 1100 A.C. já estava disseminada em alguns países asiáticos e chegou ao Ocidente apenas no início do século XVI (UNFRIED ; BRAGA, 2011). No século XIX a soja chegou a países como o Canadá, Filipinas, Argentina e Cuba (SEDIYAMA *et al.*, 1985).

Sua introdução no Brasil ocorreu em 1882 quando Gustavo D’Utra, então professor da “Eschola Agrícola da Bahia” do município de São Francisco do Conde no Recôncavo Baiano, realizou os primeiros estudos em materiais vindos dos EUA. Entretanto, tais cultivares não tiveram boa adaptação numa latitude em torno de 12° Sul. Já em 1900 e 1901 o Instituto Agrônomo de Campinas promoveu a primeira distribuição de sementes de soja a agricultores interessados em conhecer o comportamento da planta, e no ano de 1908 imigrantes japoneses já cultivavam soja no estado de São Paulo em latitude em torno de 22° Sul, onde as cultivares apresentaram melhor desempenho que na Bahia. Alguns anos depois, em 1923, Henrique Lobbe iniciou trabalhos com cultivares proveniente da China e também alguns testes com inoculação via semente de bactérias do gênero *Rhizobium* para fixação simbiótica de N (EMBRAPA, 2004; SEDIYAMA *et al.*, 2009; UNFRIED ; BRAGA, 2011).

No Brasil, a produção de soja em escala comercial se iniciou no Rio Grande do Sul por volta de 1935, e em 1941 a cultura foi registrada pela primeira vez nas estatísticas daquele estado, com uma área cultivada de 702 hectares. Na região sul, a soja era produzida com a finalidade de uso *in natura* (forrageiro) para alimentação de suínos, e a partir de 1950 a leguminosa expandiu para as regiões Sudeste, Norte e Nordeste do país. Como um atrativo à

cadeia produtiva da soja, na mesma década foi instalada no Brasil a primeira indústria de extração de óleo para fins alimentícios (BEZERRA *et al.*, 2015).

No patamar econômico atual, a soja apresenta-se como um dos principais produtos agrícolas para o país, sendo amplamente difundida devido a sua utilização em vários segmentos industriais. Atualmente, cinco estados brasileiros localizados na Região Centro-Sul do Brasil (Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás e Mato Grosso do Sul) concentram 75% da área cultivada com soja e cerca de 77% da produção nacional, com mais de 79 milhões de toneladas do grão (OLIVEIRA NETO, 2017).

Do ponto de vista nutricional, a soja não é reconhecida mundialmente como alimento básico, como é o caso de alguns cereais (trigo, arroz, milho e aveia), porém é uma oleaginosa que está entre as culturas mais importantes do mundo, devido seu uso como fonte de proteína e óleo vegetal. A porcentagem de óleo contida na semente é em torno de 20%, podendo variar entre 13 e 28%. Entre as fontes de óleos vegetais disponíveis no mundo, somente o óleo de soja representa 56% do total ofertado, já outras fontes como a canola, o algodão, girassol e amendoim juntos, equivalem a menos de 40% do total mundial (BEZERRA *et al.*, 2015).

A cultura da soja apresenta certas vantagens para produção de óleo frente à outras espécies utilizadas no país, como por exemplo o maior rendimento, pois em um hectare de soja cultivado é possível extrair de 480 a 1.080 kg ha⁻¹ de óleo. Para o cultivo de girassol, na mesma área pode-se obter em torno de 644 kg ha⁻¹, para a canola são cerca de 504 kg ha⁻¹, e o algodão aparece com 70 kg ha⁻¹. Este é um dos principais fatores que permitem que o óleo de soja represente cerca de 90% da produção de óleos vegetais no Brasil, chegando a 8.433 mil toneladas em 2017 (ABIOVE, 2018; BEZERRA *et al.*, 2015)

Por ser rica em proteína, o teor proteico médio das cultivares brasileiras está em torno de 40%. Tais características a qualificam como uma importante matéria-prima, pois o óleo extraído dos grãos é utilizado na alimentação humana, produção de biodiesel, como desinfetante, lubrificante e outros. Já o farelo é usado na alimentação humana, animal e na composição de outros produtos. Em razão da qualidade e do baixo custo relativo de sua produção, a soja é a principal fonte de farelo proteico do mundo, sendo produzidos mais de 188 milhões de toneladas, representando em torno de 67% do total mundial ofertado. Outras fontes de farelo proteico, como o girassol e o algodão, representam uma parte significativa deste produto, mas ainda muito longe de superar a soja (BEZERRA *et al.*, 2015).

Com relação a produção brasileira de soja, na última safra (2017/2018) a área cultivada com a oleaginosa chegou a 35.149.300 hectares com produtividade média nacional

estimada em 3.077 kg ha⁻¹ de grãos, chegando a uma produção total de 119.281,4 mil toneladas, indicando um aumento de 4,6% em relação à safra 2016/2017, mantendo-se como a principal cultura produtora de grãos do país. Em se tratando dos índices de produção, a região Centro-Oeste se destacou novamente como maior produtora, alcançando 53.945,4 mil toneladas, sendo o estado de Mato Grosso o maior produtor nacional de soja, com 32.306,1 mil toneladas do grão (CONAB, 2018).

Diante disto, percebe-se a importância desta cultura para a economia brasileira, sendo imprescindível que se pense no aumento da produtividade para lavouras comerciais, tanto para reduzir a pressão pela abertura de novas áreas de cultivo e, assim, contribuir para a preservação do meio ambiente, quanto para o aumento da rentabilidade da cultura. Para isso é indispensável que se estude possíveis motivos da desaceleração da sua eficiência produtiva e estratégias para ganho de produtividade (OLIVEIRA NETO, 2017).

2.2 A cultura do milho: contexto histórico e importância econômica para o Brasil

O milho (*Zea mays* L.) é um cereal nativo das Américas e foi domesticado a cerca de 7.500 a 12.000 anos atrás, sendo que as evidências científicas apontam que seja de origem mexicana, pois foram encontrados vestígios arqueológicos em ilhas próximas ao litoral mexicano que já registram seu cultivo a mais de 7.000 anos. A planta é uma variante do seu ancestral, o teosinte, e foi utilizada como alimento básico por várias civilizações ao longo dos séculos, como por exemplo os Astecas, Incas e Maias, que reverenciavam a planta na arte e na religião, devido a sua importância (PATERNIANI ; CAMPOS, 2005).

A presença do milho no continente americano foi registrada primeiramente em Cuba por Colombo em 1492, que posteriormente levou a cultura para a Europa em 1493. A princípio a espécie era tida apenas como uma planta exótica nos jardins europeus, mas logo foi reconhecida como uma cultura de grande valor. A partir de então, em poucos anos ela se dispersou para a França, Itália, sudeste da Europa e norte da África (PINHO *et al.*, 2017). No período das grandes navegações, já no início do século XVI e o processo de colonização da América, a cultura foi levada para outras partes do mundo.

Ao longo dos anos, o homem selecionou características do milho que atendiam às suas necessidades até chegar à planta que é conhecida hoje. Algumas destas características são desfavoráveis evolutivamente, e por isso ao longo dos anos a espécie foi se tornando dependente do homem para sua perpetuação e sobrevivência para que alcance altos patamares

de produtividade. Devido a sua grande variedade de raças e cultivares, ela é considerada uma espécie politépica, ou seja, cultivada praticamente em todos os continentes (FORNASIERI FILHO, 2007), pois existem genótipos adaptados a latitudes desde 58° N até 40° S, do nível do mar até 3.800 m de altitude, e em diversas condições de clima e relevo. O conjunto de todas estas características o torna uma das espécies agrícolas de maior importância no mundo, com vários sistemas de cultivo possíveis de exploração (MÔRO; FRITSCHÉ-NETO, 2017).

Com relação às características nutricionais, seu principal componente nos grãos é o endosperma, apresentando elevado teor de amido (o que o classifica como cereal) que é utilizado principalmente como fonte de energia, além de ser matéria-prima para outros segmentos. Cerca de 15% da produção mundial do grão é consumido diretamente na alimentação humana, mas a maior parte é destinada à fabricação de rações para nutrição de animais monogástricos como suínos e aves. Devido a isto, a cultura é considerada indispensável para a humanidade (FORNASIERI FILHO, 2007; MÔRO ; FRITSCHÉ-NETO, 2017).

No Brasil, o milho se destaca como o cereal mais produzido em território nacional, sendo fundamental para geração de renda no país. Na produção de grãos em geral, ele fica atrás apenas da soja, sendo que na safra 2017/2018 a área total de milho cultivada foi de 16.636.800 hectares com produtividade média de 4.890 kg ha⁻¹ de grãos. A produção total foi de 81.356,7 mil toneladas de grãos, sendo 26.815,6 mil toneladas da primeira safra e 54.541,2 mil toneladas na segunda safra. Dentre as regiões produtora do país, a região Centro-Oeste se destaca com os maiores níveis de produtividade, sendo o estado de Mato Grosso com a maior produção nacional chegando a 24.400,6 mil toneladas, somando-se a primeira e segunda safra (CONAB, 2018).

Quadros *et al.* (2014) também destacam a importância econômica da cultura no agronegócio, além de ser a base de sustentação em pequenas propriedades, sem falar no seu importante papel na rotação de culturas em sistema de plantio direto.

2.3 Uso de *Urochloa ruziziensis* e milho no sistema plantio direto

A adoção do sistema plantio direto (SPD) nas áreas de cultivo de grãos se consolidou como uma técnica eficiente de conservação do solo, da água, redução de custos operacionais para o produtor, entre outras vantagens. Entretanto, algumas condições como a rotação de

culturas, produção de fitomassa e cobertura do solo são fundamentais para a implantação e manutenção deste sistema (ANDRIOLI *et al.*, 2008).

Um dos pilares de sustentação para o SPD é cobertura do solo, sendo que as espécies utilizadas como cobertura (sendo estas gramíneas ou leguminosas) ocasionarão alterações positivas nas propriedades químicas e físicas do mesmo. Para Silva *et al.* (2017), nas regiões de Cerrado, onde ocorrem altas precipitações pluviais e temperaturas elevadas deve-se adotar um manejo que consiga proteger o solo, reter e armazenar a água das chuvas. Neste sentido a formação de palhada no SPD protege o solo do impacto das gotas da chuva, e minimiza perdas de água por evapotranspiração.

As espécies de adubos verdes ou plantas de cobertura utilizadas na formação de palhada para o sistema são fundamentais para a ciclagem de nutrientes, tanto daqueles adicionados pelos fertilizantes minerais e não aproveitados pelas culturas comerciais, quanto daqueles provenientes da mineralização da matéria orgânica do solo (TORRES *et al.*, 2008). Desta forma, a reserva de nutrientes que a palhada possui pode ser disponibilizada de forma rápida ou lenta, dependendo da espécie, clima, manejo adotado, composição química da palha, tempo de permanência dos resíduos sobre o solo e atividade microbiana. Assim, quanto mais tempo a palhada permanecer no solo maior será a proteção do mesmo, entretanto, a liberação de nutrientes ocorrerá de forma mais lenta (CALONEGO *et al.*, 2012).

Por conta disso, o produtor deve selecionar plantas de cobertura que melhor se adaptam às suas necessidades (persistência no solo ou rápida liberação de nutrientes) e ao agroecossistema local (RAMIREZ-GARCIA *et al.*, 2014). É importante considerar ainda a relação C/N da espécie a ser utilizada, pois quanto maior essa relação, mais lenta será a decomposição de seus resíduos, exercendo o efeito de proteção do solo por um período de tempo maior. Quanto a este comportamento, as gramíneas se destacam devido ao acúmulo elevado de fitomassa com maior relação C/N (ROSSI *et al.*, 2013; MENDONÇA *et al.*, 2015).

Nas áreas cultivadas em SPD, as duas gramíneas mais utilizadas são a *Urochloa ruziziensis* (sin. *Brachiaria ruziziensis*) ou capim ruziziensis e o milheto (*Pennisetum glaucum*). O capim ruziziensis apresenta como principais vantagens, ser uma planta perene capaz de suportar o estresse hídrico e altas temperaturas, proporcionando grande acúmulo de fitomassa (PACHECO *et al.*, 2011b), podendo produzir até 14 toneladas de biomassa seca por hectare ao ano. Além disso, a planta apresenta alta capacidade fotossintética (metabolismo C4), tornando-a eficiente para o sequestro de C atmosférico (WUTKE *et al.*, 2014).

Devido a sua eficiência para cobertura vegetal, os principais benefícios que o capim *ruziziensis* apresenta é a proteção do solo, excelente reciclagem de nutrientes (por apresentar sistema radicular fasciculado e profundo), supressão de plantas daninhas e facilidade no manejo químico pelo produtor (SILVA *et al.*, 2014). Nas regiões de Cerrado grande parte da palhada produzida é proveniente de gramíneas, e para se obter uma cobertura do solo adequada são necessários pelo menos 6 t ha⁻¹ de massa seca (KLIEMANN *et al.*, 2006; FABIAN, 2009).

Deste modo, nas regiões de clima tropical que são cultivadas em SPD, o grande potencial produtivo de fitomassa do capim *ruziziensis* proporciona maior proteção do solo e reciclagem de nutrientes para as culturas semeadas em sequência (NEVES *et al.*, 2018). Além disso, suas raízes fasciculadas e profundas proporcionam maior porosidade e diminuição da densidade do solo, reduzindo a resistência mecânica à penetração e dando condições para que o sistema radicular das culturas subsequentes possa explorar maior volume no perfil do solo.

Entretanto, para Ferrari *et al.* (2016) com a consolidação do SPD, um dos problemas que tem crescido nas áreas produtivas é o aumento populacional de fitonematóides, com destaque para o *Pratylenchus brachyurus*, também conhecido como “nematóide das lesões da soja”. Segundo os mesmos autores, com a ausência do preparo mecânico do solo no SPD, não há exposição dos fitonematóides à radiação ultravioleta e altas temperaturas, além de muitas vezes o solo estar coberto com plantas de cobertura hospedeiras e multiplicadoras de *P. brachyurus*. Neste caso, o capim *ruziziensis* é conhecido como hospedeiro e multiplicador deste nematóide (UEBEL *et al.*, 2013). Por outro lado, o milheto (*Pennisetum glaucum*) tem sido uma alternativa eficiente para produção de fitomassa no SPD, além de apresentar baixo potencial de multiplicação destes fitonematóides.

O milheto é uma gramínea originária da África que apresenta ciclo anual e grande potencial forrageiro, tanto pela sua versatilidade de utilização, quanto pelo seu alto valor nutritivo, tendo um bom desenvolvimento em regiões de clima semiárido (GUIMARÃES *et al.*, 2010). A espécie apresenta baixo custo de implantação e fácil condução, podendo ser utilizada na alimentação animal, como cobertura do solo em sistemas plantio direto e produção de biomassa para biocombustível (PRIESNITZ *et al.*, 2011).

O milheto apresenta metabolismo fotossintético C4, considerado tolerante à seca por conta do sistema radicular profundo e sua grande eficiência na conversão de água em fitomassa. Esta gramínea adapta-se a solos de baixa fertilidade e com elevados teores de Al e baixo pH (BONAMIGO, 1999). No Cerrado, seu cultivo passou a ganhar mais importância a

partir da década de 90 com a semeadura na safrinha após a soja, e na primavera (setembro a outubro) principalmente, como cobertura de solo para o SPD. Nesta modalidade o milheto pode ser manejado quimicamente antes da semeadura a cultura subsequente, tendo intervalo entre semeadura e manejo entre 45 a 55 dias (PITOL, 1999).

Dentre outros pontos positivos no cultivo do milheto, Asmus e Andrade (1998) já relataram seu efeito no controle de nematóides das galhas (*Meloydogine javanica* e *Meloydogine incognita*), e atualmente também há cultivares disponíveis para o produtor com baixo fator de reprodução para o nematóide das lesões.

Por conta do sistema radicular fasciculado e profundo, ele também auxilia na melhoria das características físicas do solo, o que ficou evidenciado nas pesquisas desenvolvidas por Silva *et al.* (2017), onde o solo mantido com milheto apresentou menores valores de densidade e maiores valores de porosidade total. Outro ponto importante da espécie é a reciclagem de nutrientes, pois Burle *et al.* (2006) indicaram que o alto conteúdo de K (por volta de 33,5 g kg⁻¹) associado à sua elevada produção de matéria seca, caracterizam a planta como altamente eficiente em reciclar tal nutriente.

2.3 Inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho e soja

Além do uso das plantas de cobertura, pesquisas vêm sendo desenvolvidas para diminuir custos e manter a produtividade do milho. Uma delas é a utilização de bactérias diazotróficas, como *Azospirillum brasilense*, que são consideradas promotoras de crescimento vegetal, por possuírem a capacidade de fixar N₂ para a planta e ao mesmo tempo produzirem hormônios de crescimento, como auxinas, citocininas e giberelinas, estimulando principalmente o crescimento de raízes, dando à planta maior capacidade de absorção de água e nutrientes (DOBBELAERE *et al.*, 2002).

No entanto, para Martins *et al.* (2016), os resultados de pesquisa com bactérias diazotróficas no milho são variados. Alguns autores relataram aumentos significativos de produtividade (HUNGRIA *et al.*, 2010; CUNHA *et al.*, 2014), porém, em outros trabalhos desenvolvidos não se observaram respostas significativas com a inoculação via semente desta bactéria (DOTTO *et al.*, 2010; SANGOI *et al.*, 2015).

Segundo Repke *et al.* (2013), os fatores que interferem nas respostas das culturas à inoculação com *Azospirillum spp.* ainda não estão totalmente esclarecidos. Além disso, a inconsistência nos resultados de pesquisa quanto à eficiência da bactéria no milho é um dos

principais pontos responsáveis pela resistência quanto ao uso da inoculação nesta cultura. Como se não bastasse, Müller *et al.* (2016) ressaltaram que ainda há falta de informações a respeito do melhor método de inoculação e a interação deste com a adubação nitrogenada.

A associação simbiótica entre as raízes da soja e as bactérias do gênero *Bradyrhizobium* contribui com todo o nitrogênio que a soja necessita para produtividade média de aproximadamente 3.600 kg ha⁻¹ de grãos. Além de proporcionar valores entre 20 e 30 kg ha⁻¹ de N para a cultura em sucessão. Semelhante à cultura do milho, na soja além da inoculação com *Bradyrhizobium*, atualmente tem sido desenvolvidas pesquisas com a utilização de *A. Brasilense*, no sentido de que podem aumentar o sistema radicular (por conta do seu efeito nos fitormônios de crescimento) e o volume de solo explorado, assim influenciar na nodulação da soja e na eficiência de absorção de nutrientes (GITTI, *et al.* 2016).

A utilização de bactérias do gênero *Azospirillum* para a inoculação de gramíneas apresenta resultados de aumento da produtividade na cultura do milho (HUNGRIA *et al.*, 2007). No entanto, informações da sua utilização na cultura da soja em associação com *Bradyrhizobium* são escassas, embora, estudos reportem os benefícios da coinoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* em outros países (HUNGRIA *et al.*, 2013) e até mesmo no Brasil. De modo geral, Bárbaro *et al.* (2011) constataram que com a coinoculação ocorre a potencialização da nodulação e maior crescimento radicular, em resposta à interação positiva entre as bactérias simbióticas (*Bradyrhizobium*) e as bactérias diazotróficas.

Quanto ao uso desta prática, o método mais comum de inoculação é via semente, entretanto, Moreira e Siqueira (2006) afirmam que pode ocorrer incompatibilidade das bactérias com determinados tipos de fungicidas e inseticidas, que também são adicionados na semente. Desta forma, o tratamento das sementes com defensivos agrícolas na indústria pode prejudicar a inoculação na semente, além disso, a necessidade de tratá-las novamente não é interessante para o produtor, e alguns autores ainda chamam atenção para a necessidade de se estudar formas alternativas de inoculação (MORAIS *et al.*, 2016; ANDRADE *et al.*, 2016).

2.4 Adubação com nitrogênio na cultura do milho

Depois da água, o nitrogênio (N) tem sido considerado o principal fator limitante à produção de biomassa nos ecossistemas, exercendo importante função nos processos bioquímicos da planta, sendo constituinte de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos,

fitocromos e clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2009). O N é o nutriente mais exigido pela cultura do milho, sua deficiência causa redução da produtividade de grãos, clorose generalizada, diminuição de área foliar e deformações na espiga (SUBEDI e MA, 2009). De acordo com Cobucci (1991), a deficiência de N proporciona efeitos negativos nos componentes de rendimento e na produtividade do milho, afetando diversas características como desenvolvimento da área foliar e a taxa de crescimento radicular, o tamanho de espigas, número e massa de grãos, o comprimento da espiga, o diâmetro de colmo, a inserção de espiga (DUETE *et al.*, 2008).

Portanto, o suprimento inadequado deste nutriente é considerado um dos principais limitantes ao rendimento de grãos do milho, pois se caracteriza como o mais exigido em quantidade. Segundo Dotto *et al.* (2010), a utilização de fertilizantes nitrogenados constitui um dos custos mais altos da agricultura, além do custo ambiental, pois o mesmo é derivado do petróleo.

Atualmente se faz a adubação nitrogenada na cultura do milho em duas etapas; a primeira na semeadura onde se fornece uma parte da dose de N e a segunda etapa quando a planta apresentar o estágio V4 até V8, aplicando-se o restante. Mesmo assim, na cultura do milho, o aproveitamento do adubo nitrogenado fica em torno dos 50% do aplicado como fertilizante mineral (LARA CABEZAS *et al.*, 2004).

No solo, a matéria orgânica (MO) é a principal fonte de N para as culturas, porém, o uso intensivo das áreas de produção e o clima quente e úmido promove sua rápida degradação, sendo que, quando são utilizadas culturas com baixa relação C:N na matéria seca, em rotação ou sucessão, aliado ao manejo de incorporação dos restos culturais, a decomposição e a mineralização é mais rápida e a ciclagem do N ocorre em curto espaço de tempo (PAVINATO *et al.*, 2008).

O N apesar de ser considerado o nutriente indispensável para se alcançar alta produtividade, devido ao teor proteico dos grãos, é também o que mais contribui para o aumento dos custos na cultura do milho (MORTATE *et al.*, 2018). Por conta disso, em alguns casos, muitos agricultores optam em reduzir a adubação nitrogenada devido ao custo elevado e o risco com o cultivo na segunda safra.

Os fertilizantes nitrogenados mais utilizados são a ureia e o sulfato de amônio e estão sujeitos a perdas por lixiviação, escoamento superficial, volatilização da amônia (ureia) ou imobilização na biomassa microbiana (ALVA *et al.*, 2005). Desta forma, ele acaba se tornando um dos nutrientes de manejo mais complexo na agricultura, sendo que sua eficiência

podendo ser inferior a 50% nas culturas em geral. Dentre as fontes de fertilizante nitrogenado disponíveis na agricultura, a ureia é a mais utilizada por apresentar maior concentração de N e por ter melhor custo-benefício, quando comparados a outras fontes de adubos nitrogenados.

Vale ressaltar ainda que o aumento da produtividade de grãos depende de vários fatores, principalmente da eficiência da absorção de N pela planta e sua translocação para os grãos (MORTATE *et al.*, 2018). Diante destas informações, percebe-se a importância de pesquisas que visem desenvolver técnicas ou estratégias de redução dos custos com adubação nitrogenada na cultura do milho.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Histórico e caracterização da área experimental

A pesquisa foi desenvolvida na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria-MS, sob as coordenadas geográficas de 20°20'05"S e 51°24'26"W, com 335 m de altitude.

A área vinha sendo cultivada anualmente em sistema de plantio convencional e o solo é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 2013). Antes da instalação dos experimentos foi realizada análise química do solo, de acordo com a metodologia descrita por Raij *et al.* (2001), com a amostragem de 20 perfis de tradagem para coleta de amostras deformadas à profundidade de 0,00 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m. Uma amostra composta de cada profundidade foi encaminhada ao laboratório de solos para análise e posterior caracterização da fertilidade, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise química de solo nas profundidades de 0,0-0,20 e 0,20-0,40 m.

Resultado da análise de solo na profundidade de 0,0 – 0,20 m							
P - resina	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al
mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----	-----	mmol _c dm ⁻³	-----	-----
31	21	5,6	3,8	23	20	21	0
S.B.	CTC	V	m	Cu	Fe	Mn	Zn
mmol _c dm ⁻³	-----	%	-----	-----	mg dm ⁻³	-----	-----
46,8	67,8	69	0	1,8	14	16,5	0,8

Resultados da análise de solo na profundidade de 0,20 – 0,40 m							
P - resina	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al
mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----	-----	mmol _c dm ⁻³	-----	-----
11	15	5,0	1,8	13	12	25	0
S.B.	CTC	V	m	Cu	Fe	Mn	Zn
mmol _c dm ⁻³	-----	%	-----	-----	mg dm ⁻³	-----	-----
26,8	51,8	52	0	1,5	10	8,6	0,3

Fonte: Laboratório de fertilidade do solo – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

O clima da região é classificado segundo Köppen como Aw, tropical úmido com nítidas estações, sendo chuvosa no verão e seca no inverno, e a temperatura média da região situa-se em 25°C, com 1.330 mm de precipitação média anual. Durante a condução do

experimento foram coletados os dados de precipitação pluvial, temperatura mínima, média e máxima, por meio de uma estação meteorológica situada próxima a área experimental.

3.2 Preparo da área e implantação das plantas de cobertura

Os experimentos foram instalados em área de sequeiro, que vinha sendo cultivada nos últimos anos com as culturas de soja e milho em sistema de preparo convencional. Inicialmente o solo foi preparado com uma aração seguida de gradagem intermediária e grade niveladora, na data de 17/03/2015, com objetivo de eliminar possíveis camadas compactadas (pé-de-grade) decorrentes do preparo nas safras anteriores. Posteriormente, na data de 02/04/2015 foram implantadas as culturas de cobertura, capim ruziziensis e milheto, sendo que a semeadura de ambas foi realizada em linha com espaçamento 0,34 m sem adubação e utilizando semeadora adubadora.

A área experimental foi dividida em duas partes, uma destinada à implantação da soja e outra do milho, a partir do mês de novembro. Nas duas partes foram instaladas o capim ruziziensis e o milheto. Para a semeadura do milheto foram utilizados 15 kg de sementes puras viáveis da cultivar BRS 1501, enquanto que para o capim ruziziensis foram utilizados 10 kg de sementes puras viáveis (VC = 45%). No segundo ano, as duas culturas de cobertura foram instaladas na data de 01/04/2016, repetindo-se as mesmas configurações descritas.

As duas espécies permaneceram ocupando a área durante o período de entressafra, sendo realizado o manejo químico em área total com herbicida Glyphosate na dose de 1.440 g ha⁻¹ do ingrediente ativo (i.a.), cerca de um mês antes da implantação das culturas de soja e milho.

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

3.3.1 Cultura do milho

Para o experimento com a cultura do milho, o delineamento utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 2x2x4, sendo os tratamentos compostos por duas plantas de cobertura (capim ruziziensis e milheto), inoculação de *A. brasilense* via foliar (com ou sem), e quatro doses de N em cobertura (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹), com quatro repetições totalizando 64 parcelas.

Cada parcela apresentava as dimensões de 3,5 m de largura por 6,0 m de comprimento, com área de 21 m² cada.

3.2.2 Cultura da soja

Para cultura soja, o delineamento utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 2x2x4, sendo duas plantas de cobertura (capim ruziziensis ou milheto), inoculação com *A. brasilense* via foliar (com ou sem), e quatro doses de Zn (0, 3, 6 e 12 kg ha⁻¹), com quatro repetições. O experimento com soja também apresentava o mesmo número de parcelas e com as dimensões idênticas ao do milho (3,5 x 6 m, com 21 m² de área).

3.4 Instalação e condução dos experimentos

3.4.1 Instalação e condução da cultura do milho

Na safra 2015/2016 o milho foi semeado em SPD na data de 10/11/2015, sendo uma parte sobre a palhada do capim ruziziensis e outra parte sobre a do milheto. A operação foi realizada com auxílio de semeadora adubadora para plantio direto com mecanismo do tipo haste sulcadora para deposição do adubo e disco duplo desencontrado para distribuição das sementes. Foi utilizado o híbrido DKB 350 PRO semeado em espaçamento de 0,45 m entre linhas (sendo sete linhas por parcela), objetivando um estande de 65.000 plantas por hectare. Na adubação de semeadura foram aplicados 250 kg ha⁻¹ do adubo formulado 08-28-16, com base na análise de solo e recomendação para a cultura.

Antes da semeadura, as sementes foram tratadas com fungicida Carboxina+Tiram na dose de 300 mL do produto comercial para cada 100 kg de sementes. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada de acordo com as doses de cada tratamento (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹), sendo utilizada como fonte de N a ureia (45% de N). Todas as doses de fertilizante nitrogenado aplicadas em cobertura foram parceladas em duas épocas (50% + 50%), nos estádios vegetativos V4 e V6, para proporcionar maior aproveitamento de N pelas plantas e evitar possíveis efeitos fitotóxicos na dose mais elevada.

A inoculação com bactérias diazotróficas também foi realizada no estádio V6, utilizando-se o inoculante Masterfix Gramineas® com as estirpes AbV5 e AbV6 de *A. brasilense* (2x10⁸ células viáveis mL⁻¹ do produto comercial), na dose de 400 mL ha⁻¹.

Realizou-se a operação com auxílio de pulverizador costal manual com ponta do tipo cone vazio, e vazão de 150 L ha⁻¹ de calda.

A colheita do milho no primeiro ano foi realizada no dia 07/03/2016 (118 DAS). Para todas as avaliações feitas na cultura, foram consideradas como área útil as três linhas centrais, descartando-se um metro em cada extremidade. Após a colheita do milho, a área recebeu novamente as plantas de cobertura (milheto e capim ruziziensis) conforme já descrito anteriormente no item 3.2, porém, sem preparo mecânico do solo.

Na safra 2016/2017, as plantas de cobertura foram novamente dessecadas cerca de um mês antes da implantação do milho, sendo este semeado na data de 16/11/2016, seguindo as mesmas configurações da safra anterior: híbrido DKB 350 PRO em SPD; espaçamento de 0,45 m entre linhas; estande de 65.000 plantas por hectare; e 250 kg ha⁻¹ do adubo formulado 08-28-16. Os tratamentos com inoculação e adubação nitrogenada de cobertura foram repetidos nas mesmas parcelas da safra anterior, e a colheita ocorreu em 07/03/2017.

Durante a condução dos experimentos, os tratamentos fitossanitários foram realizados de acordo com a necessidade da cultura, através dos seguintes produtos: herbicidas – Atrazina (Atrazina Nortox) e Tembotriona (Soberan); fungicida – Azoxistrobina + Ciproconazol (Priori Xtra®); inseticidas – Metomil (Lannate® BR) e Triflumurom (Certero).

3.4.2 Instalação e condução da cultura da soja

O experimento de soja também foi instalado em SPD nas safras 2015/2016 e 2016/2017. Semelhante à cultura do milho, no primeiro ano a soja foi semeada na data de 10/11/2015, sendo uma parte sobre a palhada do capim ruziziensis e outra parte sobre a do milheto, utilizando semeadora adubadora para plantio direto. Foi utilizada a cultivar BMX Potência RR semeada em espaçamento de 0,45 m entre linhas (sendo sete linhas por parcela), objetivando um estande de 360.000 plantas por hectare. Na adubação de semeadura foram aplicados 250 kg ha⁻¹ do adubo formulado 00-20-20.

Antes da semeadura, as sementes foram tratadas com fungicida Carboxina+Tiram na dose de 300 mL do produto comercial para cada 100 kg de sementes. Depois foram inoculadas com inoculante líquido Marterfix® contendo bactérias *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii* (estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080), visando obter 1,2 milhões de células viáveis por semente. A adubação com Zn foi realizada via solo após a semeadura,

de acordo com as doses de cada tratamento, utilizando como fonte o sulfato de zinco (21% de Zn).

Por sua vez, inoculação com *A. brasilense* foi realizada no estágio V4, utilizando-se o inoculante Masterfix Gramineas® com as estirpes AbV5 e AbV6 de *A. brasilense* (2×10^8 células viáveis mL⁻¹ do produto comercial), na dose de 400 mL ha⁻¹. Para isso foi utilizado pulverizador costal manual com ponta do tipo cone vazio, utilizando-se 150 L ha⁻¹ de volume de calda.

Na safra 2015/2016, a soja foi dessecada no dia 07/03/2016 com herbicida Paraquat (Gramoxone® 200), na dosagem de 2,0 L ha⁻¹ do produto comercial. A colheita foi realizada no dia 12/03/2016, considerando como área útil de cada parcela as três linhas centrais da cultura, descartando-se um metro em cada extremidade. Após a colheita da soja, a área recebeu novamente as duas plantas de cobertura (milheto e capim ruziziensis) sem preparo mecânico do solo.

Na safra 2016/2017, as plantas de cobertura foram novamente dessecadas cerca de um mês antes da semeadura da soja, que ocorreu no dia 16/11/2016, seguindo as mesmas configurações da safra anterior. A dessecação no segundo ano foi realizada em 10/03/2017, e no dia 20/03/2017 a cultura foi colhida.

No período em que a soja estava no campo, os tratamentos fitossanitários foram feitos de acordo com a necessidade da mesma, utilizando os seguintes produtos: herbicidas – Glifosato (Roundup®), Haloxifope-P-Metílico (Verdict® R) e Clorimuron Etílico (Classic®); fungicida – Azoxistrobina + Ciproconazol (Priori Xtra®); inseticidas – Metomil (Lannate® BR), Triflumurom (Certero) e Imidacloprido + Beta-Ciflutrina (Connect®).

3.5 Avaliações

3.5.1 Avaliações no milho

Índice de cor verde nas folhas - Por ocasião do florescimento feminino, que ocorreu aos 62 DAS (dias após a semeadura) no primeiro ano e aos 69 DAS no segundo ano, foram realizadas leituras indiretas do teor de clorofila foliar, utilizando-se clorofilômetro portátil digital (modelo CFL 1030 – Falker), sendo feitas na folha da base da espiga, em dez plantas por parcela. Os resultados foram expressos em índice de clorofila Falker (ICF).

Acúmulo de fitomassa seca – Foi realizada logo após o ponto de maturação fisiológica, caracterizado pelo surgimento da camada negra na base do grão. Foram coletadas as plantas presentes em um metro em cada uma das três linhas de cada parcela. As mesmas eram seccionadas rente ao solo e acondicionadas em sacos de ráfia, sendo a planta inteira (colmo + folhas + pendão + palha da espiga) posteriormente pesadas em balança eletrônica (0,01 kg). Logo após, as plantas foram trituradas e uma subamostra do material foi acondicionada em saco de papel, pesada em balança eletrônica de precisão (0,1 g) e levada para estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas. Em seguida, as amostras eram pesadas novamente para obter o teor de massa seca de cada parcela, sendo possível então estimar a produção de fitomassa seca em kg ha⁻¹.

Diâmetro basal do colmo, estande final de plantas, altura de planta e altura de inserção da espiga – Por ocasião da colheita, foram tomadas 10 plantas aleatoriamente em cada parcela e, com auxílio de paquímetro digital, aferido o diâmetro basal no terço médio do primeiro entrenó acima do solo. Em seguida realizou-se a contagem das plantas contidas em 6 m de linha em cada parcela, e o resultado extrapolado para um hectare, tendo assim o estande final de plantas. No mesmo dia foi feita a medição da altura de inserção da espiga, medindo-se a distância do nível do solo até a inserção desta no colmo da planta, e posteriormente a altura da planta, tomando a distância do nível do solo até o último colar visível no colmo, com auxílio de fita métrica.

Peso, comprimento e diâmetro da espiga – Após a colheita foram selecionadas aleatoriamente 10 espigas de cada parcela, e após a retirada da palha foi feita a aferição do comprimento (utilizando fita métrica), peso (com balança de eletrônica de precisão) e diâmetro (com paquímetro digital) de cada espiga.

Número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira – Foram determinados através da contagem do número de fileiras em cada espiga, e do número de grãos na fileira. Sendo utilizadas também as dez espigas de cada parcela.

Massa de 100 grãos e produtividade – Para o cálculo da produtividade foram colhidas manualmente as espigas contidas em 2 m de cada uma das 3 linhas centrais da parcela, totalizando 6 m de linha colhida. As espigas foram acondicionadas em sacos de ráfia identificados e posteriormente trilhadas em trilhadora mecânica. Em seguida os grãos foram pesados em balança eletrônica de precisão, e aferida a umidade com auxílio de medidor de umidade. De posse destes dados, foi possível calcular a produtividade de grãos a 13% de

umidade (base úmida). Na mesma ocasião, foi tomada uma subamostra para contagem de 100 grãos e pesagem em balança de precisão (0,1 g), determinando assim a massa de 100 grãos.

3.5.2 Avaliações na soja

Estande final de plantas, altura de inserção da primeira vagem e altura de planta – Por ocasião da colheita, foram contadas as plantas contidas em 6 m de cada parcela (2 m em cada uma das três linhas centrais) e feito o cálculo para um hectare, obtendo assim o estande final de plantas. Em seguida foram colhidas separadamente 10 plantas por parcela, e nelas realizou-se a medição da altura de inserção da primeira vagem (do nível do solo até a primeira vagem da haste principal) e da altura de planta (do nível do solo até o ápice da haste principal), com auxílio de fita métrica.

Número de ramos e número de vagens por planta – Foram realizados através da contagem do número de ramificações da haste principal de cada uma das dez plantas, e em seguida realizou-se a contagem de todas as vagens da planta.

Massa de 100 grãos e produtividade de grãos – Para o cálculo da produtividade, foram colhidas as plantas contidas em 2 m nas três linhas centrais de cada parcela (sendo 6 m por parcela), para posteriormente serem trilhadas em trilhadora mecânica. Após a trilha, os grãos foram pesados em balança eletrônica e aferida a umidade utilizando medidor de umidade de bancada. De posse destes valores foi possível calcular a produtividade em kg ha⁻¹ a 13% de umidade (base úmida).

3.6 Análise estatística

Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, e posteriormente realizou-se a análise de variância (ANOVA) pelo teste F ($p \leq 0,05$). Quando houve diferença significativa para as plantas de cobertura e a inoculação com *A. brasilense*, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, enquanto que para as doses de N em cobertura no milho e de Zn na soja realizou-se o estudo de regressão polinomial.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Cultura do milho

Para o estande final de plantas (Tabela 2) nas duas safras de cultivo do milho não foi observada diferença significativa entre os tratamentos testados, indicando que a palhada remanescente das plantas de cobertura não comprometeu o desenvolvimento inicial das plântulas de milho.

Tabela 02. Médias dos tratamentos e teste F para as variáveis estande final de plantas, altura de planta e altura de inserção da espiga do milho híbrido DKB 350 PRO, em função das plantas de cobertura, inoculação com *A. brasilense* e doses de N em cobertura. Selvíria - MS, safras 2015/16 e 2016/2017.

Tratamentos		Estande final de plantas		Altura de planta		Altura de inserção da espiga	
		(plantas ha ⁻¹)		(m)		(m)	
		2015/16	2016/17	2015/16	2016/17	2015/16	2016/17
Coberturas (C)	Ruziziensis	65.516	67.993	2,08	2,34 a	1,17	1,35
	Milheto	64.675	69.490	2,06	2,25 b	1,14	1,26
Inoculação (I)	Com	64.783	69.336	2,10 a	2,31	1,15	1,30
	Sem	65.408	68.148	2,04 b	2,28	1,16	1,31
Doses de N (kg ha ⁻¹) (D)	0	66.018	68.611	1,97	2,21	1,08	1,23
	50	64.567	69.536	2,09	2,29	1,17	1,32
	100	63.765	68.302	2,09	2,35	1,18	1,34
	200	66.033	68.518	2,12	2,33	1,20	1,33
Teste F							
C		0,92 ^{ns}	2,21 ^{ns}	1,43 ^{ns}	10,0 ^{**}	1,91 ^{ns}	11,2 ^{**}
I		0,51 ^{ns}	1,39 ^{ns}	9,81 ^{**}	0,70 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,05 ^{ns}
D		1,65 ^{ns}	0,29 ^{ns}	14,62 ^{**}	4,29 [*]	8,20 ^{**}	3,46 [*]
C*I		0,89 ^{ns}	1,86 ^{ns}	0,41 ^{ns}	2,22 ^{ns}	0,33 ^{ns}	4,82 [*]
C*D		0,94 ^{ns}	1,27 ^{ns}	3,19 [*]	1,15 ^{ns}	3,80 [*]	0,51 ^{ns}
I*D		1,23 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1,93 ^{ns}	0,65 ^{ns}
C*I*M		0,48 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,99 ^{ns}
DMS		1.783	2.048	0,03	0,05	0,04	0,05
CV (%)		4,6	5,07	3,0	4,4	5,5	7,0

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

Fonte: elaborado pelo autor.

Isso é importante pois, em alguns casos a quantidade de material orgânico remanescente das plantas de cobertura pode reduzir a eficiência da operação de semeadura e comprometer o estande da cultura, que por sua vez vai impactar negativamente na

produtividade, um vez que com o número menor de plantas na área tem-se uma quantidade reduzida de espigas e assim queda na produtividade. Estes resultados também permitem afirmar que os demais atributos avaliados não foram influenciados pela população de plantas.

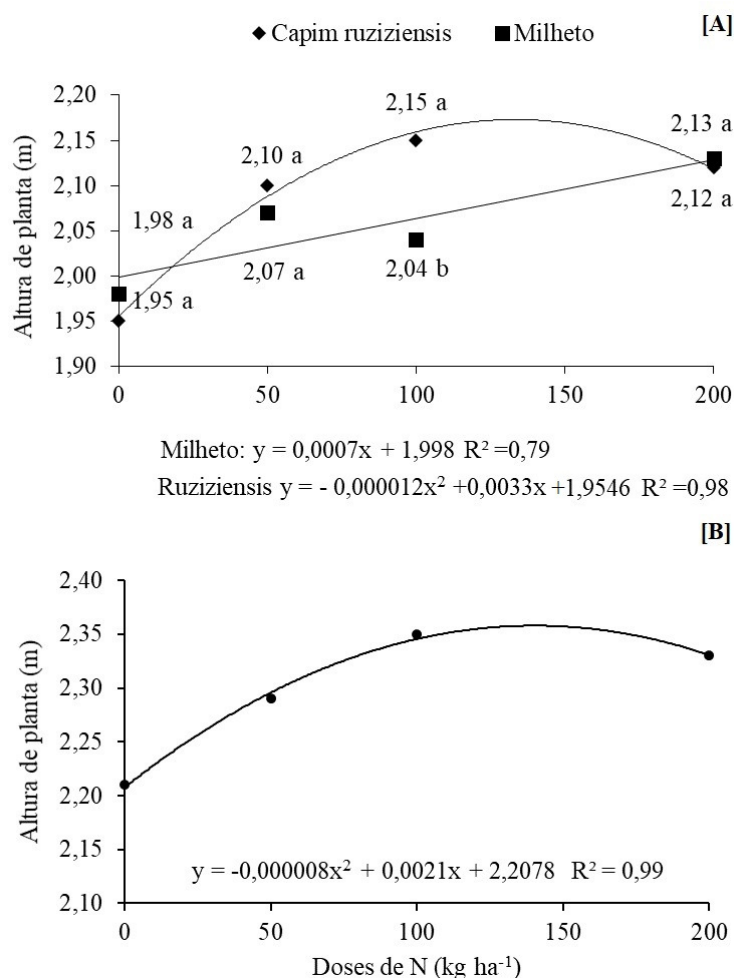
Na altura de plantas, para o primeiro ano de cultivo ocorreu efeito significativo da inoculação por *A. brasilense*, com maior altura nas plantas que receberam o inoculante (2,10 m), enquanto que nos tratamentos sem inoculação, o porte das plantas foi de 2,04 m (Tabela 2). Tal resultado foi semelhante aos verificados por Braccini *et al.* (2012), onde os tratamentos com inoculação por *A. brasilense* promoveram aumento na altura de plantas, massa seca de plantas e produtividade de grãos de milho, em comparação com o tratamento controle. Estes autores afirmam ainda que as bactérias contribuem para o fornecimento de N à cultura, e isto pode promover uma redução na necessidade de aplicação de adubos nitrogenados, contribuindo para o manejo mais sustentável na cultura. Vale ressaltar que o N é extremamente importante nos processos bioquímicos da planta, por ser constituinte de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos e clorofila (SANTOS *et al.*, 2010).

Na safra 2016/2017 houve efeito isolado para as plantas de cobertura, onde a altura das plantas cultivadas após o manejo do capim *ruziziensis* foi superior. Quanto à interação entre os fatores testados, observou-se no primeiro ano de cultivo do milho interação entre as culturas de cobertura e doses de N. No desdobramento das plantas de cobertura dentro das doses de N (Figura 1 A), para as doses de 0, 50 e 200 kg ha⁻¹ de N não houve diferença significativa, demonstrando que para estas doses, tanto para o capim *ruziziensis* quanto para o milho cultivado anteriormente, a altura do milho foi estatisticamente igual.

Para o desdobramento das doses dentro das plantas de cobertura, foi observado que no milho cultivado em sucessão ao milho, a altura das plantas aumentou linearmente alcançando 2,13 m. Já para o cultivo após o capim *ruziziensis* a altura também aumentou em função das doses, porém com comportamento quadrático, sendo a máxima altura chegando a 2,18 m aplicando-se 137 kg ha⁻¹ de N (dose de máxima eficiência técnica - DMET). Devido ao ajuste quadrático que, na dose de 100 kg a altura das plantas foi estatisticamente maior quando o milho era semeado após o capim *ruziziensis*.

Tal ajuste quadrático ocorreu devido às diferenças de ciclo das plantas de cobertura, pois o milho apresenta ciclo anual e como a semeadura ocorreu no primeiro semestre do ano, até o momento da implantação do milho a planta já havia completado seu ciclo. Por outro lado, o capim *ruziziensis* é de ciclo perene, permanecendo durante todo o período (da semeadura até o manejo químico) acumulando fitomassa e reciclando nutrientes do solo.

Figura 1. Desdobramento da interação entre plantas de cobertura e doses de N na safra 2015/2016 (A) e análise de regressão para altura de plantas em função das doses de N na safra 2016/2017 (B), no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria – MS.

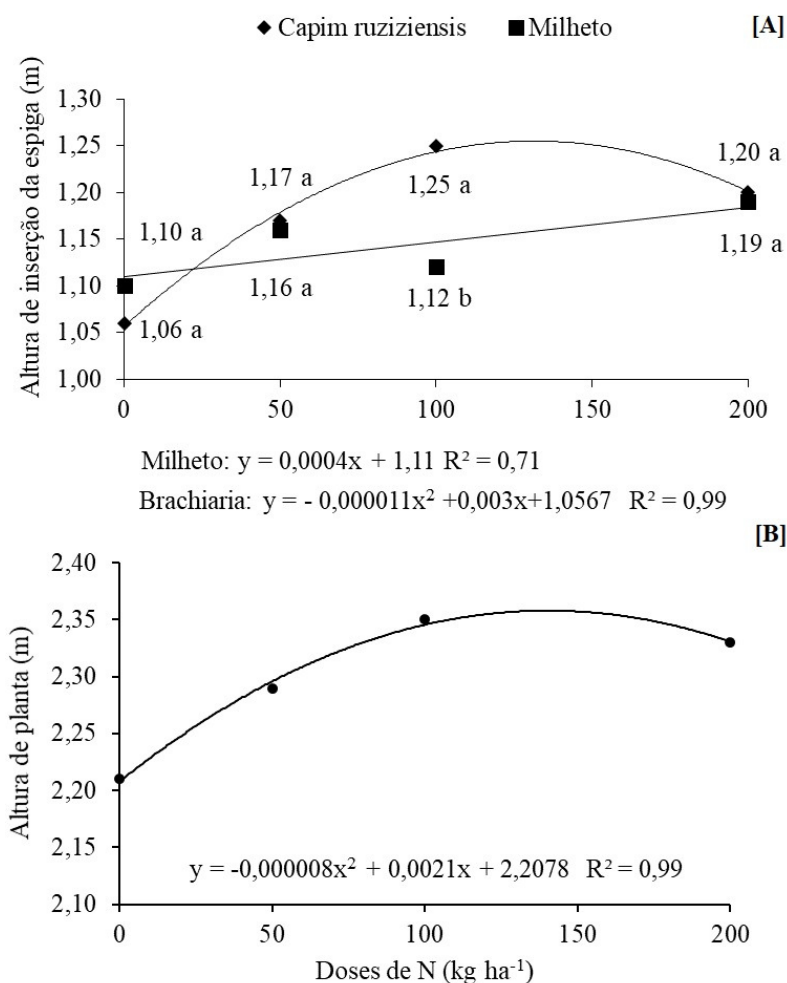


Fonte: elaborado pelo autor.

No segundo ano de cultivo do milho, as doses de N em cobertura também proporcionaram aumento quadrático na altura das plantas (Figura 1 B), com DMET de 131 kg ha^{-1} chegando a 2,34 m de altura, semelhante à do primeiro ano de cultivo sobre a palhada do capim ruziziensis no primeiro ano de cultivo. Estes resultados do aumento das doses de N ocorreram devido a sua maior disponibilidade no solo, pois o nutriente participa diretamente na síntese de proteínas, absorção iônica, respiração, divisão e expansão celular e no processo fotossintético resultados em maior crescimento vegetativo (CASTRO *et al.*, 2008; OKUMURA *et al.*, 2011).

Analisando os resultados para altura de inserção da espiga (Tabela 2), na safra 2015/2016 ocorreu interação entre os cultivos e doses do fertilizante usadas. Para o desdobramento apresentado na Figura 2 A, percebe-se que os a altura de inserção da espiga seguiu o mesmo comportamento da altura de plantas.

Figura 2. Desdobramento da interação entre plantas de cobertura e doses de N na safra 2015/2016 (A) e análise de regressão para altura de inserção da espiga em função das doses de N na safra 2016/20117 (B), no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria – MS.



Fonte: elaborado pelo autor.

Isto se justifica devido as duas variáveis estarem diretamente relacionadas, pois as plantas de porte mais alto tendem a apresentar altura de inserção também maior. Assim, para o desdobramento das plantas de cobertura dentro das doses de N, a inserção das espigas foi estatisticamente igual tanto para o capim ruziziensis quanto para o milheto em todas as doses de N, com exceção da dose de 100 kg ha⁻¹. No desdobramento das doses dentro das plantas de

cobertura, sobre a palhada do milheto apresentou aumento linear na altura de inserção da espiga, chegando até 1,19 m com aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N em cobertura. E após o capim ruziziensis a altura de inserção se ajustou de maneira quadrática à adubação nitrogenada, com DMET de 136 kg ha⁻¹ de N e 1,26 m. Já no segundo (Figura 2B) ano ocorreu efeito isolado das doses de N, sendo a DMET de 131 kg com altura de 2,34 m para inserção da espiga.

Ainda no segundo ano de cultivo, verificou-se interação entre as plantas de cobertura e inoculação com *A. brasilense*. Na Tabela 3, para o desdobramento da inoculação dentro de coberturas para o capim ruziziensis não foi constatada diferença na altura de inserção da espiga quanto à inoculação ou não, sendo o mesmo comportamento observado para o milheto. No desdobramento das plantas de cobertura dentro de inoculação, quando o milho não foi inoculado a altura de inserção não diferiu quanto às plantas de cobertura utilizadas, porém, nos tratamentos com inoculação de *A. brasilense* a inserção da espiga foi maior nas plantas de milho semeadas sobre a palhada do capim ruziziensis, aumentando em 13 cm de altura. Desta forma, no segundo ano do experimento a altura de inserção da espiga foi maior no milho semeado sobre a palhada do capim e com aplicação de 131 kg ha⁻¹ de N.

Tabela 3. Desdobramento da interação entre plantas de cobertura e inoculação com *A. brasilense* para altura de inserção da espiga no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria – MS, 2016/2017.

Plantas de cobertura	Com inoculação	Sem inoculação
	----- m -----	-----
Capim ruziziensis	1,38 aA	1,33 aA
Milheto	1,23 bA	1,30 aA

Média seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS teste de Tukey = 0,08.

Fonte: elaborado pelo autor.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados para o diâmetro basal do colmo, acúmulo de fitomassa seca e índice de cor verde nas folhas. Para esta última, na safra 2015/2016 foi observado efeito isolado para as plantas de cobertura testadas, onde o milheto apresentou valores estatisticamente superiores aos encontrados para o capim ruziziensis.

Este resultado pode ser explicado devido à persistência do material orgânico das plantas de cobertura, pois como o ciclo do milheto é curto em comparação com a ruziziensis, na época da implantação do milho parte dos restos culturais já havia mineralizado, disponibilizando nutrientes no solo. Já o capim ruziziensis permaneceu por muito mais dias vegetando, sendo que após o manejo químico teve um curto período para decomposição até a

data de plantio do milho, o que lhe deu um tempo menor para decomposição. Além disso, por conta de sua alta relação C/N, parte do N aplicado em cobertura inicialmente é imobilizado pelos microrganismos decompositores, ficando temporariamente indisponíveis à cultura.

Tabela 4. Médias dos tratamentos e teste F para as variáveis índice de clorofila foliar, diâmetro basal do colmo e acúmulo de fitomassa seca do milho híbrido DKB 350 PRO, em função das plantas de cobertura, inoculação com *A. brasilense* e doses de N em cobertura. Selvíria - MS, safras 2015/16 e 2016/17.

Tratamentos		Índice de cor verde na folha		Diâmetro basal do colmo		Acúmulo de fitomassa seca (sem espiga)	
		(ICF)		(cm)		(kg ha ⁻¹)	
		2015/16	2016/17	2015/16	2016/17	2015/16	2016/17
Coberturas (C)	Ruziziensis	68 b	68	2,0	2,3 a	11.349	12.938
	Milheto	72 a	66	2,0	2,2 b	12.253	12.532
Inoculação (I)	Com	70	67	2,1	2,3	12.462	13.851 a
	Sem	69	66	2,1	2,3	11.139	11.614 b
Doses de N (kg ha ⁻¹) (D)	0	63	63	1,8	2,1	9.329	9.756
	50	70	65	2,0	2,3	10.761	11.372
	100	72	66	2,1	2,4	12.043	13.618
	200	74	73	2,2	2,3	15.070	16.180
Teste F							
C		5,17*	0,51 ^{ns}	0,11 ^{ns}	4,54*	1,85 ^{ns}	0,93 ^{ns}
I		0,41 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,39 ^{ns}	3,95 ^{ns}	4,57*
D		6,63**	3,61*	10,04**	3,58*	13,5**	11,3**
C*I		0,19 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,87 ^{ns}	1,43 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,01 ^{ns}
C*D		1,32 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,48 ^{ns}	2,71 ^{ns}	1,17 ^{ns}	0,74 ^{ns}
I*D		0,64 ^{ns}	2,71 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,64 ^{ns}
C*I*M		0,76 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,51 ^{ns}	1,11 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,35 ^{ns}
DMS		3,6	5,7	0,1	0,1	1.358	1.534
CV (%)		8,9	14,6	8,4	9,2	19,5	17,4

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

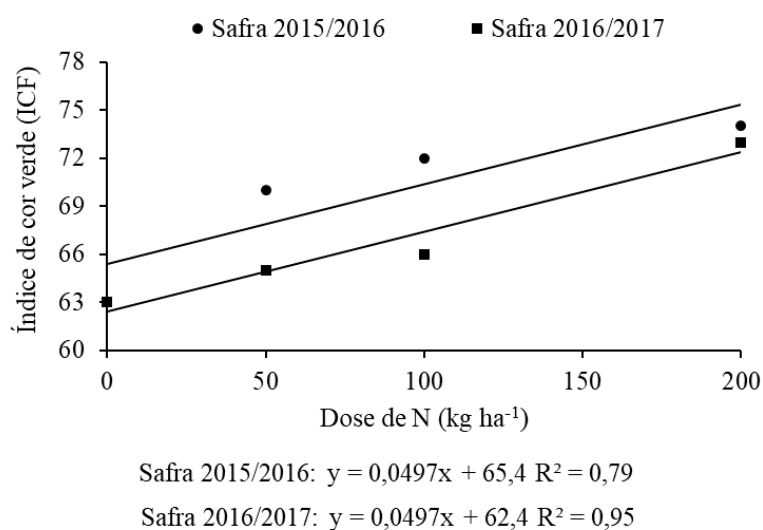
Fonte: elaborado pelo autor.

Neste caso, o menor índice de cor verde detectado no milho cultivado sobre a palhada do capim ruziziensis indica que ele absorveu menos N, isso em função da maior quantidade de palhada e da relação C/N da mesma. Isso pode ser afirmado por conta que o N é um dos nutrientes de maior importância na nutrição das plantas, sendo utilizado na síntese de compostos celulares, dentre eles a clorofila (LIMA *et al.*, 2001). Felisberto *et al.* (2016) afirmam que o clorofilômetro permite a avaliação indireta do teor de N nas plantas no campo, isso pela medição da quantidade de radiação luminosa transmitida através das folhas, em

comprimentos de onda característicos da clorofila, gerando o índice ICF (FALKER, 2011). Desta forma, valor de ICF menores indicam menor acúmulo de N na planta.

Com relação às doses de N, ocorreu aumento linear do ICF em função da adubação nitrogenada nos dois anos de cultivo (Figura 3), passando de 63 para 74 na primeira safra e de 63 para 73 na segunda. Kappes *et al.* (2013) também constataram incremento no índice de clorofila com adubação nitrogenada no milho, e estudando doses de N, Costa *et al.* (2012) obtiveram aumento linear no ICF até a dose de 200 kg ha⁻¹ de N na cultura. Em seu estudo, Mortate *et al.* (2018) compararam a ausência de N e adubação com ureia em cobertura, e constataram aumento no índice de cor verde, reforçando os resultados obtidos nesta pesquisa. Isso ocorre devido ao fato de o N ser o principal constituinte da clorofila, pois 50 a 70% do N contido nas folhas é constituinte de enzimas associadas aos cloroplastos.

Figura 3. Análise de regressão para o índice de cor verde das folhas em função das doses de N em cobertura na safra 2015/2016 e 2016/2017, no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria – MS.

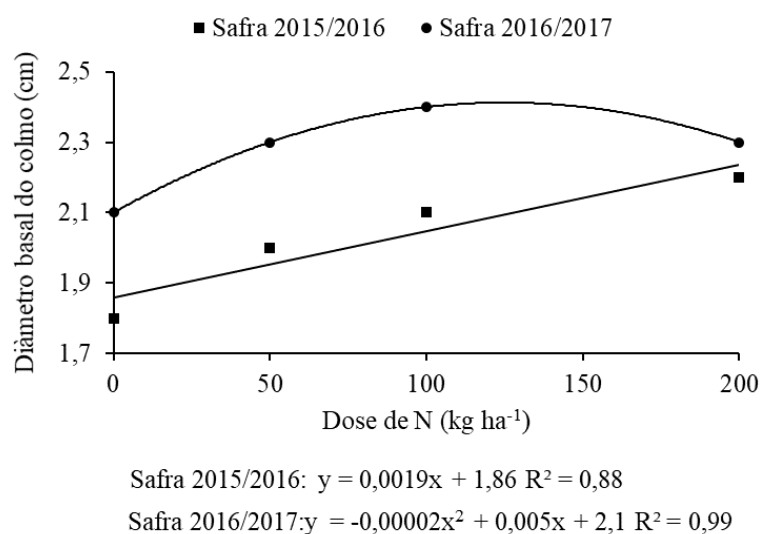


Fonte: elaborado pelo autor.

Para o diâmetro basal de colmo, houve efeito isolado para as doses de N nas duas safras de milho, com aumento linear em função da adubação nitrogenada (Figura 4) no primeiro ano, chegando a 2,2 cm com aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Já no segundo ano, foi constatado aumento quadrático com DMET em 125 kg ha⁻¹ de N, chegando a 2,4 cm. Em estudos de Soratto *et al.* (2010), os autores também obtiveram aumento quadrático com maior diâmetro das plantas na dose de 93 kg ha⁻¹ de N. O maior diâmetro do

colmo geralmente se correlaciona com maiores produtividades, pois esta parte da planta funciona como uma estrutura de reserva, armazenando fotoassimilados que posteriormente serão translocados para os grãos, o que também justifica o incremento linear na massa de grãos obtida neste trabalho. Além disso, o aumento no diâmetro de colmo é desejável, por reduzir os efeitos de quebra e acamamento das plantas de milho.

Figura 4. Análise de regressão para o diâmetro basal do colmo em função das doses de N em cobertura na safra 2015/2016 e 2016/2017, no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria – MS.



Fonte: elaborado pelo autor.

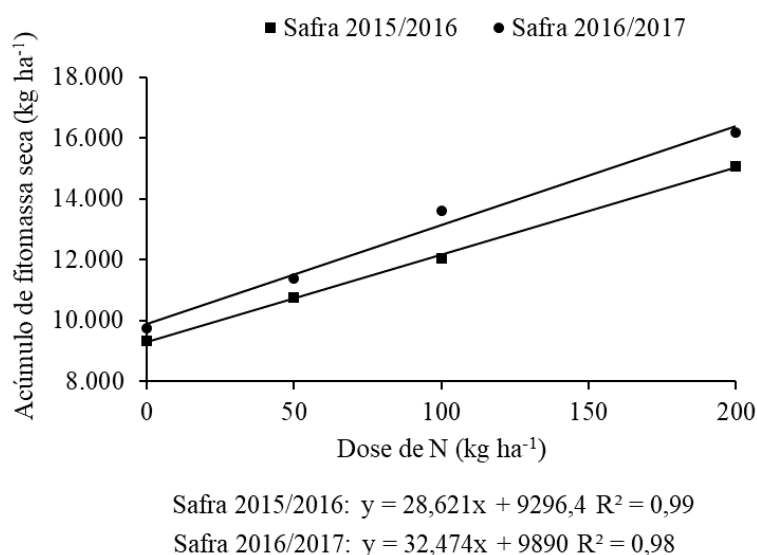
Ao analisar o diâmetro em função das duas plantas de cobertura, foi observado aumento significativo desta variável com o milho sobre a palhada do capim ruziziensis no segundo ano de cultivo, enquanto que no ano anterior os valores não diferiram entre si.

Para a variável acúmulo de fitomassa seca do milho, nas duas safras avaliadas não houve diferença significativa para as plantas de cobertura utilizadas, e nem interação entre os fatores testados. No primeiro experimento, embora os valores encontrados para o acúmulo de fitomassa seca com inoculação de *A. brasilense* tenham sido elevados, não diferiram estatisticamente para a ausência do inoculante. Porém, no segundo ano de cultivo a inoculação foi estatisticamente superior, chegando a 13.851 kg ha⁻¹ de fitomassa.

Quanto às diferentes doses de N, nos dois anos de cultivo ocorreu aumento linear no acúmulo de fitomassa, conforme é apresentado na Figura 5. No presente estudo, a adubação nitrogenada em cobertura proporcionou plantas mais altas e com colmos de maior diâmetro, e com isso a massa seca de plantas também aumentaram em função das doses de N, chegando a

um aporte de 15.070 kg ha⁻¹ no primeiro ano e 16.180 kg ha⁻¹ no segundo, com 200 kg ha⁻¹ de N. Tais resultados estão em conformidade com o que foi verificado por Pedrazzi *et al.* (2016), que também constatarem aumento linear da massa seca das plantas de milho em função das doses de N, com isso os autores chegaram a uma média de 8.240 kg ha⁻¹ aplicando 160 kg ha⁻¹ de N. Este aumento no acúmulo de massa seca é importante para o SPD, pois sendo uma gramínea, os restos culturais do milho apresentam alta relação C/N, permanecendo por mais tempo na superfície do solo. É importante ressaltar ainda que, o aporte anual de palhada necessário para o SPD no Cerrado deve ser no mínimo de 10.000 a 12.000 kg ha⁻¹.

Figura 5. Análise de regressão para o acúmulo de fitomassa seca em função das doses de N em cobertura na safra 2015/2016 e 2016/2017, no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria – MS.



Fonte: elaborado pelo autor.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados para os componentes da espiga, sendo possível observar que, para o número de fileiras por espiga não ocorreu diferença significativa e nem interação entre os fatores testados. De acordo com Valderrama *et al.* (2011), o número de fileiras é uma característica genética de cada genótipo, portanto, não tendo efeito significativo da adubação com N, o que explica os resultados obtidos no presente estudo. Este comportamento também foi semelhante ao constatado por Matos *et al.* (2017), que ao avaliarem o efeito de doses de N e inoculação com *A. brasilense* no milho, também não observaram alteração no número de fileiras por espiga.

Para o número de grãos por fileira, no experimento da safra 2015/2016 foi observado efeito isolado para as plantas de cobertura e doses de N, sendo que no milho sobre a palhada do milheto o número de grãos foi maior que no capim ruziziensis, certamente devido à maior oferta de nutrientes pela mineralização mais rápida dos restos de cultura do milheto, proporcionando o enchimento de um número maior de grãos nas fileiras. O mesmo efeito foi constatado para o comprimento da espiga (também na primeira safra), pois os dois caracteres estão diretamente ligados.

Tabela 5. Médias dos tratamentos e teste F para as variáveis comprimento da espiga, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira no milho híbrido DKB 350 PRO, em função das plantas de cobertura, inoculação com *A. brasilense* e doses de N em cobertura. Selvíria - MS, safras 2015/16 e 2016/2017.

Tratamentos		Comprimento da espiga		Número de fileiras por espiga		Número de grãos por fileira	
		(cm)		-		-	
		2015/16	2016/17	2015/16	2016/17	2015/16	2016/17
Coberturas (C)	Ruziziensis	15,1 b	18,0	16	16	31 b	36
	Milheto	15,7 a	17,6	16	16	33 a	36
Inoculação (I)	Com	15,5	18,0	16	16	32	36
	Sem	15,3	17,6	16	16	32	36
Doses de N (kg ha ⁻¹) (D)	0	14,4	17,6	16	16	31	36
	50	14,8	17,8	16	16	32	36
	100	15,4	17,7	16	16	32	37
	200	15,9	18,1	16	16	33	37
Teste F							
C		6,82*	1,39 ^{ns}	1,25 ^{ns}	1,55 ^{ns}	8,50**	0,09 ^{ns}
I		0,94 ^{ns}	1,91 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,01 ^{ns}
D		4,12*	0,48 ^{ns}	1,58 ^{ns}	0,80 ^{ns}	4,80*	0,76 ^{ns}
C*I		0,01 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,55 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,30 ^{ns}
C*D		2,67 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,90 ^{ns}	2,21 ^{ns}	0,09 ^{ns}
I*D		0,28 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,52 ^{ns}	1,49 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,47 ^{ns}
C*I*M		2,18 ^{ns}	1,42 ^{ns}	0,38 ^{ns}	2,79 ^{ns}	2,25 ^{ns}	2,40 ^{ns}
DMS		0,4	0,5	0,4	0,4	1,0	1,3
CV (%)		5,0	5,5	4,4	5,2	5,3	5,9

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

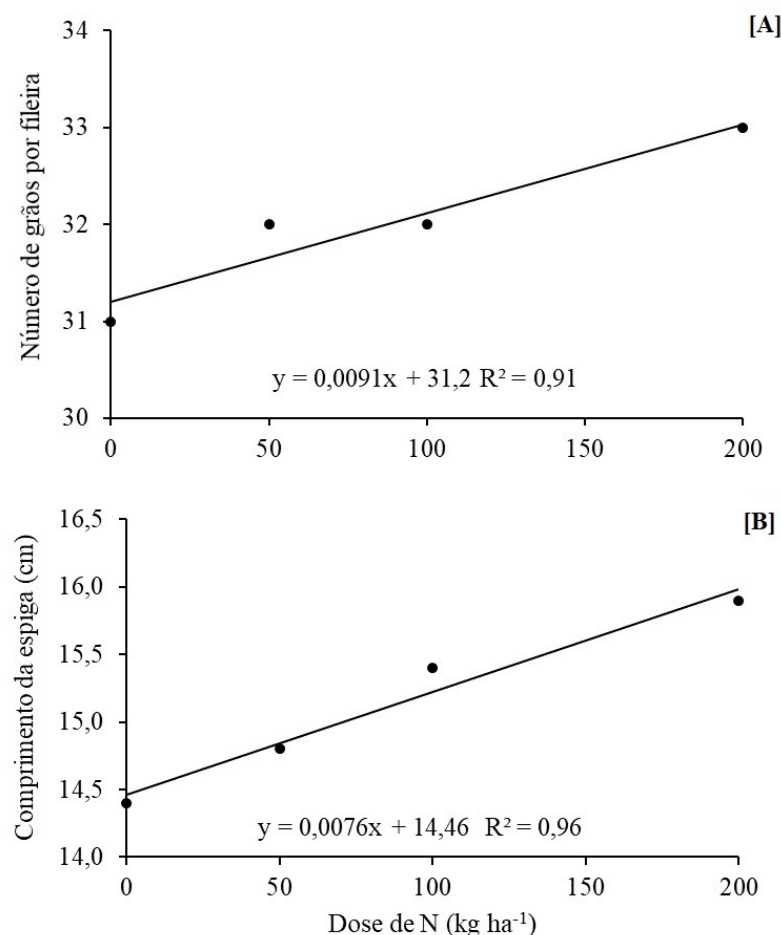
Fonte: elaborado pelo autor.

Quanto às doses de N testadas, houve aumento linear no número de grãos em função da adubação nitrogenada de cobertura (Figura 6 A), chegando a 33 grãos por fileira com 200 kg ha⁻¹ de N. Este componente está diretamente ligado ao comprimento da espiga, pois a maior quantidade de grãos na fileira promove espigas maiores, justificando tal resultado

verificado no mesmo ano. Desta forma, na Figura 6 B é possível constatar que o comprimento das espigas também apresentou incremento linear, sendo maior na dose de 200 kg ha⁻¹, chegando a 16,9 cm.

No segundo ano de cultivo não houve efeito isolado e nem interação entre os tratamentos testados para o número de grãos e, conseqüentemente, também não ocorreu nenhuma diferença para o comprimento das espigas.

Figura 6. Análise de regressão para o número de grãos por fileira e comprimento da espiga, em função das doses de N em cobertura na safra 2015/2016 (A) e 2016/2017 (B), no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria – MS.



Fonte: elaborado pelo autor.

Nos dois experimentos de milho, a massa de 100 grãos foi influenciada pelas doses de N (Tabela 6), ocorrendo aumento linear em função da adubação nitrogenada (Figura 7), com a maior massa de grãos chegando a 31,6 g na dose de 200 kg ha⁻¹ de N em cobertura na safra 2015/2016. Sabe-se que este componente da produção é influenciado pelo genótipo, pelas

condições ambientais durante o enchimento de grãos, e pela disponibilidade de nutrientes à planta, e os resultados obtidos demonstram a importância do N para o aumento da massa dos grãos, que interfere diretamente na produtividade da cultura. Além disso, de acordo com Silva *et al.* (2005) a aplicação de doses elevadas de N mantém as folhas fisiologicamente ativas por um intervalo de tempo maior, o que acaba prolongando a duração do período de enchimento de grãos e assim promovendo maior acúmulo de reserva nos mesmos.

Tabela 6. Médias dos tratamentos e teste F para as variáveis massa de 100 grãos, peso da espiga e produtividade de grãos no milho híbrido DKB 350 PRO, em função das plantas de cobertura, inoculação com *A. brasilense* e doses de N em cobertura. Selvíria - MS, safras 2015/16 e 2016/2017.

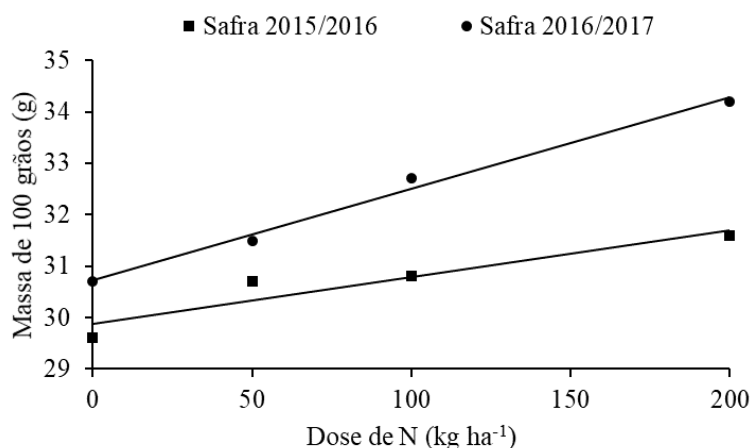
Tratamentos		Massa de 100 grãos		Peso da espiga		Produtividade de grãos	
		(g)		(g)		(kg ha ⁻¹)	
		2015/16	2016/17	2015/16	2016/17	2015/16	2016/17
Coberturas (C)	Ruziziensis	30,6	32,3	206	254	7,804 b	9.761
	Milheto	30,7	32,2	222	258	8.789 a	9.829
Inoculação (I)	Com	30,9	32,4	215	255	8.368	9.915
	Sem	30,4	32,1	213	257	8.225	9.676
Doses de N (kg ha ⁻¹) (D)	0	29,6	30,7	201	248	7.680	8.930
	50	30,7	31,5	214	256	8.029	9.563
	100	30,8	32,7	221	260	8.523	10.182
	200	31,6	34,2	221	261	8.955	10.506
Teste F							
C		0,14 ^{ns}	0,03 ^{ns}	9,05 ^{**}	0,21 ^{ns}	20,5 ^{**}	0,10 ^{ns}
I		1,73 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,08 [*]	0,43 ^{ns}	0,08 ^{ns}
D		3,75 [*]	4,68 ^{**}	3,42 [*]	0,59 ^{ns}	6,62 ^{**}	10,8 ^{**}
C*I		0,25 ^{ns}	2,83 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,08 ^{ns}
C*D		1,71 ^{ns}	1,27 ^{ns}	2,62 ^{ns}	2,28 ^{ns}	1,81 ^{ns}	0,10 ^{ns}
I*D		0,95 ^{ns}	1,66 ^{ns}	1,16 ^{ns}	3,53 [*]	2,75 [*]	3,86 [*]
C*I*M		0,22 ^{ns}	2,59 ^{ns}	4,38 [*]	1,25 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,38 ^{ns}
DMS		0,8	1,4	10,4	16	443	432
CV (%)		4,7	7,6	8,2	10,6	9,0	7,4

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

Fonte: elaborado pelo autor.

Semelhante a estes resultados, outros trabalhos também apontam o aumento da massa de grãos de acordo com a adubação nitrogenada (LANA *et al.*, 2009; CAIRES e MILLA, 2016; LOPES *et al.*, 2017). Na safra 2016/2017, os grãos apresentaram acúmulo médio de massa maior que no primeiro ano, com aumento linear chegando a 34,2 g na dose de 200 kg ha⁻¹ de N.

Figura 7. Análise de regressão para a massa de 100 grãos em função das doses de N em cobertura na safra 2015/2016 e 2016/2017, no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria – MS.



Safra 2016/2017: $y = 0,0178x + 30,72$ $R^2 = 0,99$

Safra 2015/2016: $y = 0,0091x + 29,88$ $R^2 = 0,89$

Fonte: elaborado pelo autor.

Para o peso da espiga sem palha, nos dois anos de cultivo notou-se aumento significativo, sendo que para o ano agrícola 2015/2016 observou-se interação tripla, conforme visto na Tabela 7.

Tabela 7. Desdobramento da interação entre plantas de cobertura, inoculação com *Azospirillum brasilense* e doses de N para a variável peso da espiga sem palha (g) no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria MS, 2015/2016.

Plantas de cobertura	Com inoculação				Ajuste de Regressão	Sem inoculação				Ajuste de Regressão
	Doses de N (kg ha ⁻¹)					Doses de N (kg ha ⁻¹)				
	0	50	100	200		0	50	100	200	
Ruziziensis	193 aA	209 aA	197 bA	241 aA	L. ⁽¹⁾	182 aA	223 aA	201 bA	207 aB	ns
Milheto	198 aA	223 aA	245 aA	217 aA	Q. ⁽²⁾	216 aA	225 aA	234 aA	218 aA	ns

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula entre o mesmo tratamento com ou sem inoculação, não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS = 31.

⁽¹⁾ $y = 0,2217x + 190,6$ $R^2 = 0,75$.

⁽²⁾ $y = 0,0035x^2 + 0,7992x + 196,28$ $R^2 = 0,96$.

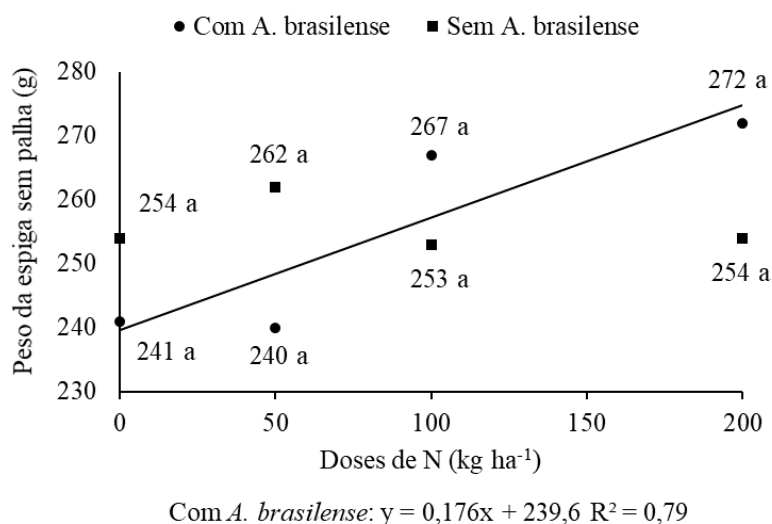
Fonte: elaborado pelo autor.

No desdobramento é possível constatar que, na ausência da inoculação com *A. brasilense*, para todas as doses de N aplicadas não houve diferença entre o cultivo do milho sobre a palhada do capim ruziziensis ou do milheto, e também não foi observado ajuste de regressão para as doses de N testadas. Entretanto, quando foi feita a inoculação no milho sobre a palhada do capim ruziziensis o peso das espigas aumentou linearmente em função da adubação nitrogenada de cobertura, atingindo 241 g, cerca de 48 g acima de quando não foi realizada a adubação nitrogenada. E quando a inoculação foi realizada no milho sobre milheto, ocorreu aumento quadrático do peso das espigas, onde a DMET foi de 114 kg ha⁻¹ de N, chegando a 241 g o peso médio de espigas.

Estes resultados demonstraram que no primeiro ano de cultivo a inoculação em conjunto com a adubação nitrogenada foi eficiente para elevar o peso das espigas, além disto, ao observar os resultados anteriores percebe-se que os tratamentos testados proporcionaram maior número de grãos nas espigas, maior tamanho de espiga e grãos mais pesados, justificando este resultado no peso das espigas.

Para o milho semeado em 2016/2017 ocorreu interação entre a inoculação e as doses de N utilizadas, sendo o desdobramento apresentado na Figura 8.

Figura 8. Desdobramento da interação entre inoculação com *Azospirillum brasilense* e doses de N para o peso da espiga sem palha, no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria – MS, 2016/2017.



Fonte: elaborado pelo autor.

Analisando-se o desdobramento da inoculação dentro das doses de N, percebe-se que o peso das espigas não diferiu estatisticamente para a inoculação em todas as doses. Já no

desdobramento das doses dentro da inoculação, houve aumento linear no peso das espigas quando o milho foi inoculado, demonstrando que esta técnica proporciona resultados positivos na cultura. Apesar de não ter ocorrido diferenças no número de grãos por fileira e no comprimento da espiga, houve aumento na massa de 100 grãos, justificando o incremento no peso final da espiga neste segundo ano de cultivo.

Na avaliação de produtividade de grãos, na safra 2016/2017 houve diferença entre as plantas de cobertura. No milho cultivado após a o capim *ruziziensis* a produtividade foi de 7.804 kg ha⁻¹, e após o milheto, de 8.789 kg ha⁻¹, sendo assim um acréscimo de 985 kg ha⁻¹ (Tabela 6). Este resultado se deve novamente em função da diferença no ciclo de vida das duas espécies, visto que o milheto já havia completado seu ciclo e estava em senescência natural, reciclando os nutrientes (N em especial) antes que o capim *ruziziensis* e também por conta da maior imobilização do N aplicado.

Também ocorreu interação entre a inoculação com *A. brasilense* e as doses de N em cobertura, com o desdobramento apresentado na Figura 9 A. No desdobramento da inoculação dentro das doses, na ausência da adubação nitrogenada de cobertura, e com 50 kg ha⁻¹, a produtividade não diferiu entre o milho inoculado e não inoculado com *A. brasilense*. Entretanto, com aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N o milho inoculado produziu 8.977 kg ha⁻¹, e o não inoculado 8.068 kg ha⁻¹, ocorrendo assim um aumento de 909 kg ha⁻¹ apenas em função da inoculação. E nos tratamentos que receberam 200 kg ha⁻¹ de N, observou-se incremento de produtividade em ambos, no entanto não houve diferença com relação à inoculação, o que ocorreu certamente devido à dose elevada deste nutriente, pois com a alta disponibilidade de N para a planta o efeito do *A. brasilense* foi minimizado.

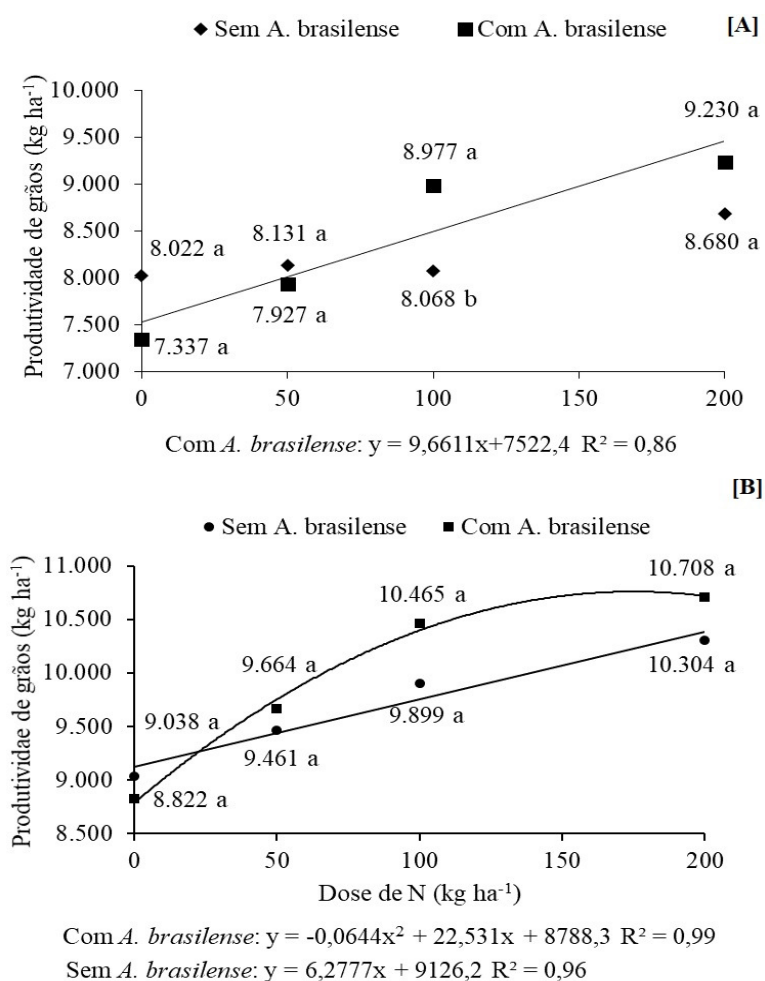
É importante ressaltar ainda que, com adubação nitrogenada de 200 kg ha⁻¹ e sem inoculação, a produtividade do milho foi de 8.680 kg ha⁻¹, e na dose de 100 kg ha⁻¹ de N com inoculação foi de 8.977 kg ha⁻¹. Ou seja, com aplicação de 200 kg de N, a produtividade não aumentou quando comparada com aplicação de metade desta dose em conjunto com a inoculação, indicando que o produtor pode diminuir a aplicação de doses elevadas de N sem comprometer a produtividade da cultura, desde que faça a inoculação com *A. brasilense*. Estes resultados são reforçados por Oliveira *et al.* (2014), que obtiveram as maiores produtividades de milho com aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia, e inoculação de *A. brasilense* via foliar.

Segundo Martins *et al.* (2012), a aplicação do inoculante via foliar promove resultados semelhantes ou melhores do que a inoculação via semente no milho, pois neste momento

coincide com aplicação de herbicidas, facilitando a operação por parte do agricultor. Andrade *et al.* (2016) corroboram com tal informação afirmando que a aplicação foliar é mais prática, e além disso, em seu trabalho os autores constataram aumento de produtividade do milho com inoculação foliar de *A. brasilense* em conjunto com adubação nitrogenada.

No desdobramento das doses de N dentro da inoculação, quando foi realizada inoculação com *A. brasilense* a produtividade aumentou linearmente em função da adubação nitrogenada, chegando a 9.230 kg ha⁻¹ com aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N em cobertura, reforçando a eficiência da inoculação via foliar em conjunto com a adubação nitrogenada de cobertura. Os resultados demonstram que esta forma de inoculação é mais uma opção para o produtor, pois em alguns casos a inoculação na semente tem apresentado resultados contraditórios.

Figura 9. Desdobramento da interação entre inoculação com *Azospirillum brasilense* e doses de N para a produtividade de grãos, no milho híbrido DKB 350 PRO. Selvíria – MS, 2015/2016 (A) e 2016/2017 (B).



Fonte: elaborado pelo autor.

Em suas pesquisas, Repke *et al.* (2013) desenvolveram estudos com inoculação de *A. brasilense* via semente e adubação nitrogenada com ureia no milho, e não constataram efeito do inoculante em nenhum dos atributos avaliados, dentre eles, diâmetro de colmo, produção de matéria seca, altura de planta, massa de grãos e produtividade.

Um ponto negativo para inoculação via semente, é que doses elevadas de N mineral podem comprometer o efeito do *A. brasilense*. Bergamaschi (2006) afirma que a adição de fertilizante nitrogenado altera a diversidade destas bactérias, e em estudos de Hungria (2011), os tratamentos que receberam 100% de N na forma mineral de ureia, em geral tiveram o efeito da inoculação anulado.

No segundo ano de cultivo (Figura 9 B), para o desdobramento da inoculação dentro das doses não houve diferença significativa. Porém, na análise do desdobramento das doses dentro de inoculação verificou-se ajuste linear na ausência do inoculante, ocorrendo aumento na produtividade do milho de 9.822 kg ha⁻¹ (sem adubação nitrogenada de cobertura) para 10.304 kg ha⁻¹ (com 200 kg ha⁻¹ de N). Por outro lado, com a utilização das bactérias diazotróficas a produtividade aumentou de forma quadrática, sendo a DMEt alcançada com 175 kg ha⁻¹ de N e uma produtividade de 10.759 kg.

Analisando os resultados dos dois anos de experimento, percebe-se que as plantas de cobertura exercem efeito no desenvolvimento do milho, bem como nos componentes de produção da cultura, isso dependendo do estágio de decomposição da biomassa e consequentemente a liberação dos nutrientes para o solo. Já a inoculação via foliar com *A. brasilense* também proporciona aumento na produtividade, sendo mais eficiente quando combinada com altas doses de N em cobertura, pois na ausência de adubação nitrogenada ou em doses reduzidas (em torno de 50 kg ha⁻¹) não houve diferença. Resultados semelhantes foram constatados por Galindo *et al.* (2016) para inoculação no milho.

4.2 Cultura da soja

Para a cultura da soja são apresentados na Tabela 8 os resultados para o estande final de plantas, altura de inserção da primeira vagem e altura de planta. Para a variável estande final de plantas, não houve diferença significativa entre os tratamentos testados ou interação entre os fatores. Desta forma, pode-se afirmar que as diferenças, ou ausência delas, que serão discutidas a seguir não sofreram influência da população de plantas na área.

Tabela 8. Médias dos tratamentos e teste F para as variáveis estande final de plantas, altura de inserção da primeira vagem e altura de plantas, na cultura da soja, cultivar BMX Potência RR, em função das plantas de cobertura, inoculação com *A. brasilense* e doses de Zn. Selvíria - MS, safras 2015/16 e 2016/2017.

Tratamentos		Estande final de plantas		Altura de inserção da 1ª vagem		Altura de planta	
		(plantas ha ⁻¹)		(cm)		(cm)	
		2015/16	2016/17	2015/16	2016/17	2015/16	2016/17
Coberturas (C)	Ruziziensis	359.642	339.444	13,5	12,9	102	109
	Milheto	367.129	322.684	12,8	12,8	103	108
Inoculação (I)	Com	365.586	324.073	12,8	13,1	104	108
	Sem	361.186	338.055	13,5	12,6	100	109
Doses de Zn (kg ha ⁻¹) (D)	0	361.446	328.703	12,5	13,7	102	109
	3	369.135	312.684	12,9	13,1	104	109
	6	365.555	355.555	14,5	13,3	101	107
	12	357.407	327.314	12,8	11,3	102	108
Teste F							
C		0,94 ^{ns}	2,55 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,18 ^{ns}	1,33 ^{ns}
I		0,32 ^{ns}	1,75 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,78 ^{ns}	3,94 ^{ns}	0,02 ^{ns}
D		1,09 ^{ns}	2,79 ^{ns}	1,44 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,50 ^{ns}
C*I		0,28 ^{ns}	0,51 ^{ns}	1,07 ^{ns}	2,22 ^{ns}	0,18 ^{ns}	1,54 ^{ns}
C*D		0,30 ^{ns}	2,73 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,39 ^{ns}	2,61 ^{ns}	2,30 ^{ns}
I*D		1,39 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,37 ^{ns}	1,29 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,60 ^{ns}
C*I*M		0,27 ^{ns}	0,61 ^{ns}	1,44 ^{ns}	2,87 ^{ns}	1,16 ^{ns}	0,43 ^{ns}
DMS		15.773	21.431	2,4	1,2	4,8	3,2
CV (%)		10,1	10,9	19,0	16,6	6,3	5,0

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

Fonte: elaborado pelo autor.

Este resultado é importante porque algumas cultivares de soja podem compensar falhas no estande com o lançamento de ramificações laterais, visando melhor aproveitamento da área e assim, sem impactos significativos na produção. Sobre este assunto, Balbinot Junior *et al.* (2015) mencionaram que o principal mecanismo de compensação da redução da

quantidade de plantas por área é a emissão de maior quantidade de ramos e formação de ramos maiores. Na Tabela 8 ainda é possível constatar que não ocorreu diferença significativa nem interação para a variável altura de planta, e neste caso, como não ocorreu alteração no porte das plantas, o mesmo pode ser visto para altura de inserção da primeira vagem.

Com relação à produtividade de fitomassa seca das plantas de soja, de acordo com os resultados apresentados na Tabela 9 é possível observar que no primeiro ano a parte aérea da cultura acumulou o equivalente a 6.030 kg ha⁻¹ de fitomassa e no segundo a média aumentou para 7.136 kg ha⁻¹.

Tabela 9. Médias dos tratamentos e teste F para as variáveis acúmulo de fitomassa seca, número de ramos por planta e de vagens por planta na cultura da soja, cultivar BMX Potência RR, em função das plantas de cobertura, inoculação com *A. brasilense* e doses de Zn. Selvíria - MS, safras 2015/16 e 2016/2017.

Tratamentos		Produtividade de fitomassa seca		Número de ramos por planta		Número de vagens por planta	
		(kg ha ⁻¹)		(ramos planta ⁻¹)		(vagens planta ⁻¹)	
		2015/16	2016/17	2015/16	2016/17	2015/16	2016/17
Coberturas (C)	Ruziziensis	5.958	7.094	2,6	2,5	63	82
	Milheto	6.102	7.177	2,6	2,5	71	94
Inoculação (I)	Com	6.670	7.220	2,5	2,8	68	95
	Sem	5.390	7.051	2,7	2,2	66	81
Doses de Zn (kg ha ⁻¹) (D)	0	5.116	6.375	2,2	2,3	54	77
	3	5.775	6.222	2,8	2,4	69	90
	6	6.280	6.517	3,1	3,0	79	92
	12	6.950	8.473	2,4	2,3	66	92
Teste F							
C		0,02 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,07 ^{ns}	1,07 ^{ns}	6,47 [*]	3,36 ^{ns}
I		0,50 ^{ns}	0,20 ^{ns}	1,04 ^{ns}	7,86 ^{**}	0,17 ^{ns}	4,26 [*]
D		4,25 [*]	7,62 ^{**}	6,35 ^{**}	2,94 [*]	9,90 ^{**}	1,06 ^{ns}
C*I		0,36 ^{ns}	0,01 ^{ns}	7,71 ^{**}	7,34 ^{**}	4,92 [*]	0,14 ^{ns}
C*D		0,97 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,34 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,36 ^{ns}
I*D		0,96 ^{ns}	0,93 ^{ns}	2,97 [*]	3,03 [*]	2,24 ^{ns}	3,56 [*]
C*I*M		1,85 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,65 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,21 ^{ns}
DMS		812	767	0,3	0,1	6	14
CV (%)		13,5	11,7	19,4	16,9	16,6	17,9

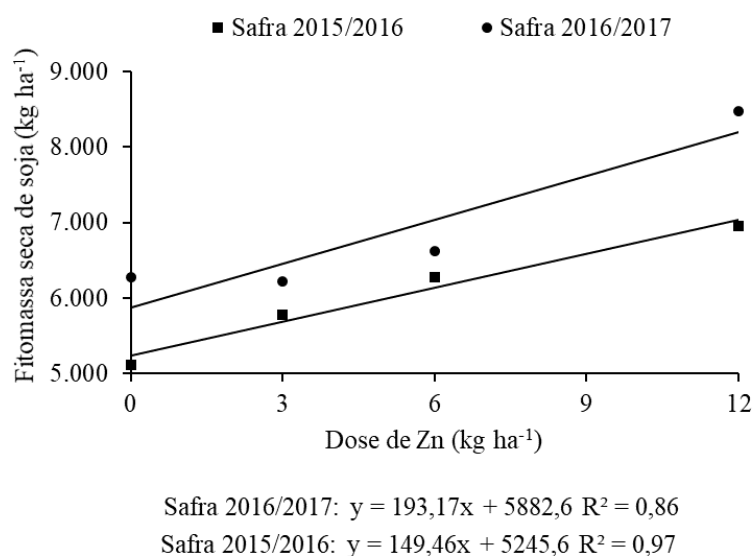
*, ** e ns são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: elaborado pelo autor.

Esta diferença no acúmulo de fitomassa entre os dois anos ocorreu devido à reciclagem de nutrientes de um ano para outro e também das condições climáticas que foram mais favoráveis durante o período de condução do segundo experimento.

Nos dois anos de cultivo a massa seca das plantas aumentou linearmente com o incremento das doses de Zn (Figura 10), com 6.950 kg ha⁻¹ no primeiro ano e 8.473 kg ha⁻¹ no segundo. Este resultado deve-se ao fato do Zn ter participação no sistema enzimático da planta, no metabolismo de carboidratos, fosfatos, proteínas, além da formação de auxinas e RNA, sendo fatores essenciais na regulação do crescimento e acúmulo de matéria seca na planta.

Figura 10. Análise de regressão para a produtividade de fitomassa seca em função das doses de Zn na safra 2015/2016 e 2016/2017, na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS.



Fonte: elaborado pelo autor.

Com relação ao número de ramos por planta, no primeiro ano do experimento houve interação entre as plantas de cobertura e inoculação. Na tabela 10, analisando-se o desdobramento da inoculação dentro das plantas de cobertura, percebe-se que tanto com inoculando quanto sem inoculação, não ocorreu diferença entre as plantas de cobertura. Porém, ao desdobrar as plantas de cobertura dentro de inoculação, nos tratamentos que foram implantados sobre a palhada do milho o número de ramos não diferiu estatisticamente. Já nas parcelas com palhada de capim ruziziensis, a utilização de bactérias diazotróficas aumentou o número médio de ramos por planta de soja.

Este resultado é importante pois, como se tratava do primeiro ano de implantação do SPD, provavelmente a palhada remanescente do capim ainda continha nutrientes imobilizados no início do ciclo da soja, e os benefícios provenientes da inoculação (FBN e síntese hormonal) compensaram esta diferença.

Ainda para o número de ramos na safra 2015/2016, também ocorreu interação entre inoculação e doses de Zn, sendo que o desdobramento é apresentado na Figura 11.

Tabela 10. Desdobramento da interação entre plantas de cobertura e inoculação com *A. brasilense* para o número de ramos por planta na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS, 2015/2016.

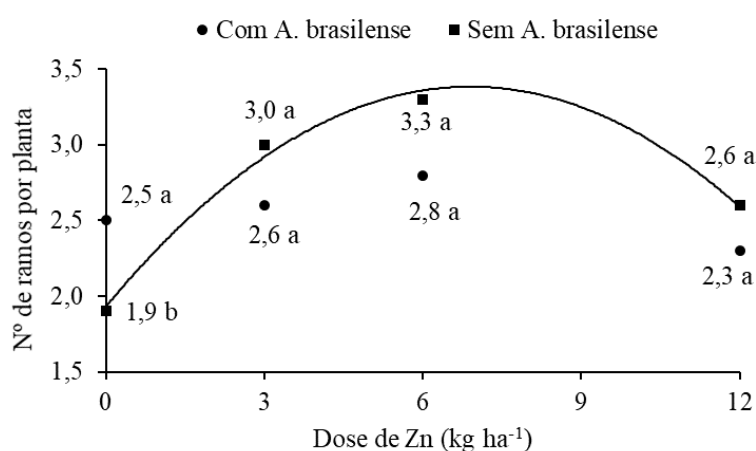
Plantas de cobertura	Com inoculação	Sem inoculação
	----- ramos planta ⁻¹ -----	
Capim ruziziensis	2,9 aA	2,3 aB
Milheto	2,8 aA	2,5 aA

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

DMS teste de Tukey = 0,4.

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 11. Desdobramento da interação entre a inoculação com *Azospirillum brasilense* e doses de Zn para o número de ramos por planta, na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS, 2015/2016.



Sem *A. brasilense*: $y = -0,0306x^2 + 0,4217x + 1,93$ $R^2 = 0,99$

Fonte: elaborado pelo autor.

No desdobramento das doses dentro da inoculação, sem a utilização do inoculante ocorreu aumento no número de ramos de forma quadrática, apresentando DMET igual a 7 kg ha⁻¹ de Zn, proporcionando número de ramos médio de 3,4 por planta, o que demonstra a importância do Zn na formação de ramificações da haste principal da planta. Nos tratamentos que receberam a inoculação não houve ajuste de regressão, sendo a dose de 6 kg ha⁻¹ de Zn com maior média de ramos, chegando a 2,8 por planta.

Para o desdobramento da inoculação dentro das doses, os dados demonstram que aplicando-se o Zn em qualquer uma das doses testadas, a aplicação do inoculante não promoveu nenhuma diferença significativa. Entretanto, na ausência da adubação de Zn, o número de ramos por planta foi menor quando não se realizou a inoculação com *A. brasilense*.

No segundo ano de implantação da soja, ocorreram novamente as mesmas interações que foram verificadas na safra anterior. Entretanto, para o desdobramento da inoculação dentro de plantas de cobertura (Tabela 11), quando a soja recebeu aplicação do inoculante não houve diferença entre os tratamentos sobre a palhada do capim ruziziensis ou sobre a do milheto. Na ausência do inoculante, porém, ocorreu redução no número de ramos no cultivo após o capim ruziziensis. Desta forma, nos dois anos deste experimento a soja cultivada sobre a palhada do capim ruziziensis apresentou menor número de ramos quando não foi utilizada a inoculação com *A. brasilense*, provavelmente por conta da imobilização inicial do N promovida pela ação dos microrganismos do solo.

Esta informação se torna relevante pois, nas plantas de soja a vagens se formam nos nós reprodutivos, nas axilas de ramos e folhas, e desta forma o aumento no número de ramos pode interferir diretamente no número de vagens por planta e, consequentemente na produtividade de grãos. Garcia *et al.* (2017) ainda afirmam que a contribuição dos ramos na produtividade são indicadores de que as plantas de soja apresentam certa plasticidade, independente das características da cultivar, compensando eventuais falhas no estande de plantas com a emissão de ramificações. Porém no presente estudo não houve diferença significativa para o número de plantas por área.

Tabela 11. Desdobramento da interação entre plantas de cobertura e inoculação com *A. brasilense* para o número de ramos por planta na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS, 2016/2017.

Plantas de cobertura	Com inoculação	Sem inoculação
	----- ramos planta ⁻¹ -----	-----
Capim ruziziensis	2,9 aA	1,8 bB
Milheto	2,6 aA	2,6 aA

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

DMS teste de Tukey = 6.

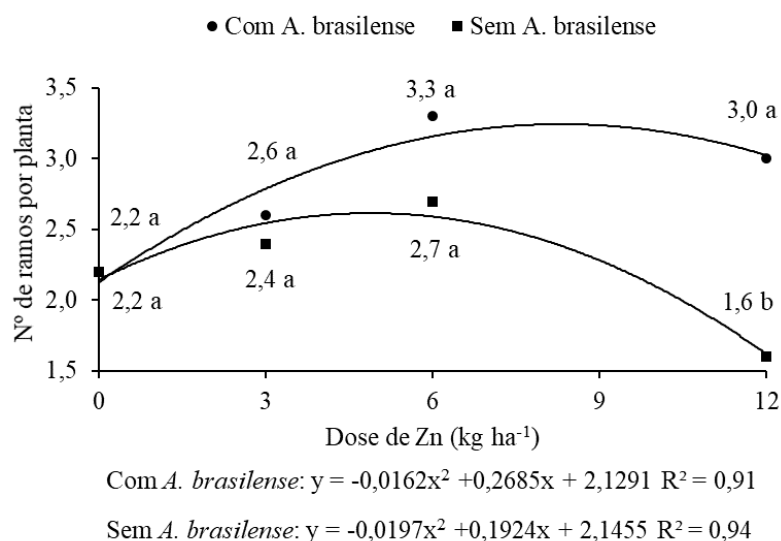
Fonte: elaborado pelo autor.

Para a interação entre as doses de Zn e inoculação, o desdobramento é apresentado na Figura 12. Analisando-se o desdobramento das doses dentro de inoculação, ocorreu aumento

quadrático no número de ramos por planta em função do fertilizante aplicado, mesmo na ausência do inoculante, com DMET de 5 kg ha⁻¹ de Zn proporcionando em média 2,6 ramos por planta. Quando realizou-se a inoculação, também houve ajuste quadrático em função das doses de Zn utilizadas, com DMET em 8 kg ha⁻¹ de Zn chegando a média de 3,2 ramos por planta.

Quanto ao número de vagens por planta, na safra 2015/2016 ocorreu efeito isolado das plantas de cobertura e doses de Zn, e na safra 2016/2017 efeito isolado da inoculação, entretanto, nos dois anos de cultivo houve interação entre os fatores estudados (Tabela 9).

Figura 12. Desdobramento da interação entre a inoculação com *Azospirillum brasilense* e doses de Zn para o número de ramos por planta, na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS, 2016/2017.

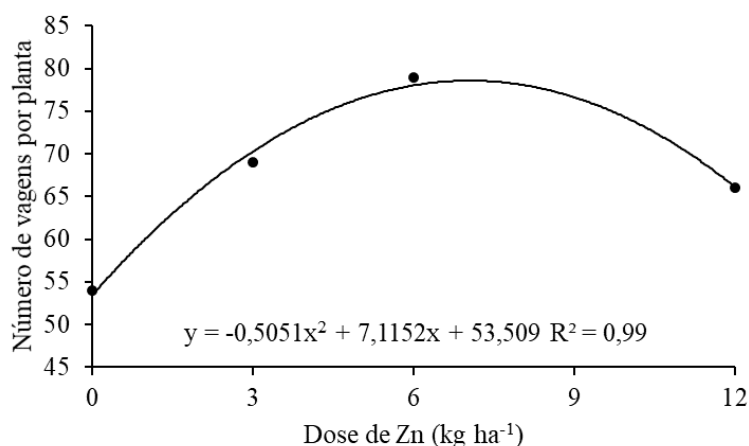


Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 13 tem-se o resultado da análise de regressão para o número de vagens por planta em função da adubação com Zn. Observou-se que quando não houve adubação com o micronutriente, a produção de vagens por planta foi em média de 54, e com aplicação do fertilizante ocorreu aumento quadráticos até a DMET que foi de 7 kg ha⁻¹ de Zn, produzindo 78 vagens por planta. Tais valores estão em concordância com os resultados apresentados anteriormente, onde o número de ramos apresentou aumento em função da adubação com Zn, ficando evidente que esta característica respondeu diretamente no número de vagens por planta. Sayed *et al.* (2015) também avaliaram o efeito da adubação com Zn na soja, e constataram aumento de até 38% no número de vagens.

Neste contexto, Oliveira *et al.* (2017) verificaram que o número de vagens por planta está intimamente ligado ao número de grãos por planta e, assim, tem grande efeito sobre a produtividade. Na mesma linha de pensamento, Carvalho (2012) constataram que o número de vagens por planta foi o componente que mais teve correlação com a produtividade de grãos na soja.

Figura 13. Análise de regressão para o número de vagens por planta em função das doses de Zn aplicadas na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS, 2015/2016.



Fonte: elaborado pelo autor.

Para o desdobramento de plantas de cobertura dentro de inoculação (Tabela 12), quando a soja não foi inoculada com *A. brasilense*, não ocorreu aumento no número de vagens por planta. Porém, com a utilização do inoculante, o número de vagens foi superior quando a cultura foi semeada após a palhada do milho. Pode-se afirmar então que a maior mineralização da planta de cobertura, aliada ao uso das bactérias diazotróficas proporciona o aumento desta variável.

No segundo experimento da soja, o desdobramento da interação entre inoculação e doses de Zn é apresentado na Figura 15. Nota-se que para o desdobramento da inoculação dentro de doses, com a aplicação de 12 kg ha⁻¹ de Zn a quantidade de vagens produzida com a inoculação foi estatisticamente superior, este resultado foi semelhante ao do número de vagens por planta. Para as outras doses de Zn não ocorreram diferença significativa.

Tabela 12. Desdobramento da interação entre plantas de cobertura e inoculação com *A. brasilense* para o número de vagens por planta na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS, 2015/2016.

Plantas de cobertura	Com inoculação	Sem inoculação
	----- vagens planta ⁻¹ -----	
Capim ruziziensis	60 bA	67 aA
Milheto	75 aA	66 aA

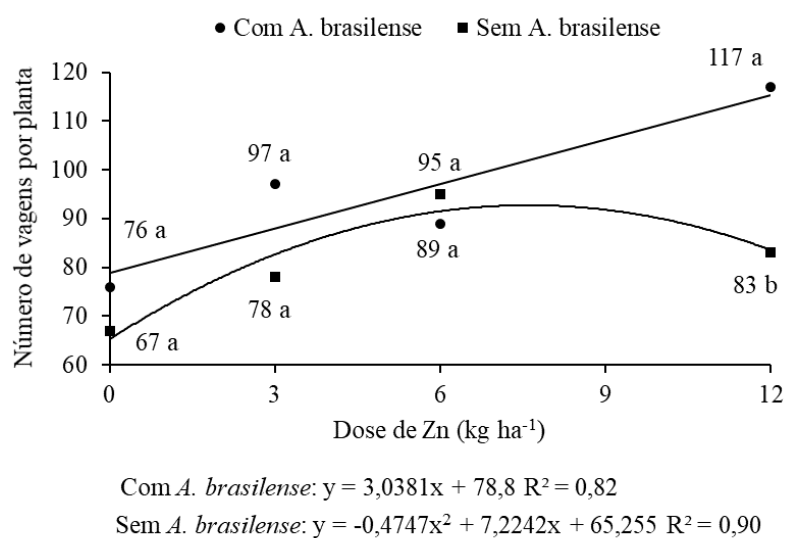
Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

DMS teste de Tukey = 9.

Fonte: elaborado pelo autor.

No desdobramento das doses dentro da inoculação, sem a utilização do *A. brasilense* o número de vagens aumentou de forma quadrática demonstrando uma DMET de 8 kg ha⁻¹ de Zn, produzindo 92 vagens por planta. Porém, quando se utilizou a prática da inoculação, o incremento na quantidade de vagens foi linear, chegando a 117 vagens por planta. Portanto, este resultado aponta que a inoculação tem grande potencial para a cultura da soja.

Figura 14. Desdobramento da interação entre a inoculação com *Azospirillum brasilense* e doses de Zn para o número de vagens por planta, na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS, 2016/2017.



Fonte: elaborado pelo autor.

Na Tabela 13 são apresentados os resultados para a massa de 100 grãos e produtividade de grãos da soja. Para os dois anos de cultivo foi possível constatar que as plantas de cobertura e a inoculação com bactérias diazotróficas não apresentaram nenhuma

diferença significativa. Entretanto, na soja cultivada em 2015/2016 houve efeito isolado das doses de Zn, demonstrando aumento quadrático no peso dos grãos, conforme demonstrado na Figura 15. A DMET foi de 7 kg ha⁻¹ de Zn chegando a 16,8 g da massa de 100 grãos, sendo a mesma dose que também proporcionou o maior número de vagens por planta neste primeiro ano do experimento.

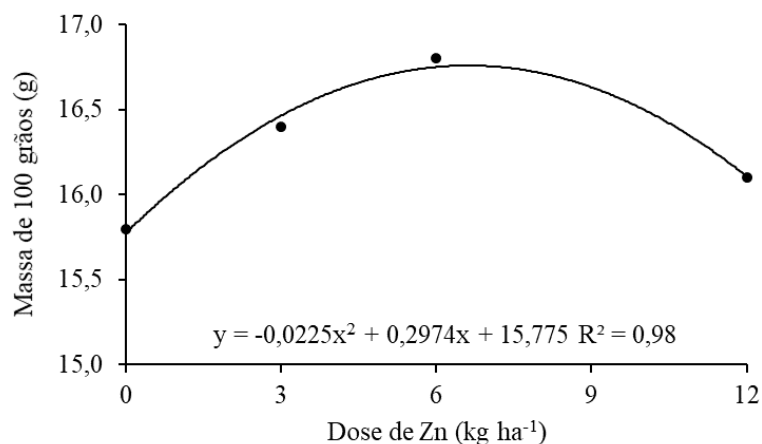
Tabela 13. Médias dos tratamentos e teste F para as variáveis massa de 100 grãos e produtividade de grãos na cultura da soja, cultivar BMX Potência RR, em função das plantas de cobertura, inoculação com *A. brasilense* e doses de Zn. Selvíria - MS, safras 2015/16 e 2016/2017.

Tratamentos		Massa de 100 grãos		Produtividade de grãos	
		(g)		(kg ha ⁻¹)	
		2015/16	2016/17	2015/16	2016/17
Coberturas (C)	Ruziziensis	16,2	17,4	3.317 b	3.968
	Milheto	16,4	17,3	3.696 a	4.075
Inoculação (I)	Com	16,3	17,4	3.567	4.157
	Sem	16,3	17,3	3.446	3.886
Doses de Zn (kg ha ⁻¹) (D)	0	15,8	17,5	3.280	3.897
	3	16,4	17,3	3.501	4.003
	6	16,8	17,4	3.544	4.128
	12	16,1	17,3	3.701	4.059
Teste F					
C		3,20 ^{ns}	0,68 ^{ns}	7,49 ^{**}	1,58 ^{ns}
I		0,01 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,76 ^{ns}	10,22 ^{**}
D		5,94 ^{**}	0,40 ^{ns}	4,57 [*]	1,35 ^{ns}
C*I		0,11 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,40 ^{ns}	5,16 [*]
C*D		1,31 ^{ns}	0,09 ^{ns}	1,68 ^{ns}	1,80 ^{ns}
I*D		0,16 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1,85 ^{ns}
C*I*M		1,45 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,50 ^{ns}	2,74 ^{ns}
DMS		0,3	0,3	282	160
CV (%)		3,8	3,4	13,6	6,7

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

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 15. Análise de regressão para a massa de 100 grãos em função das doses de Zn aplicadas na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS, 2015/2016.

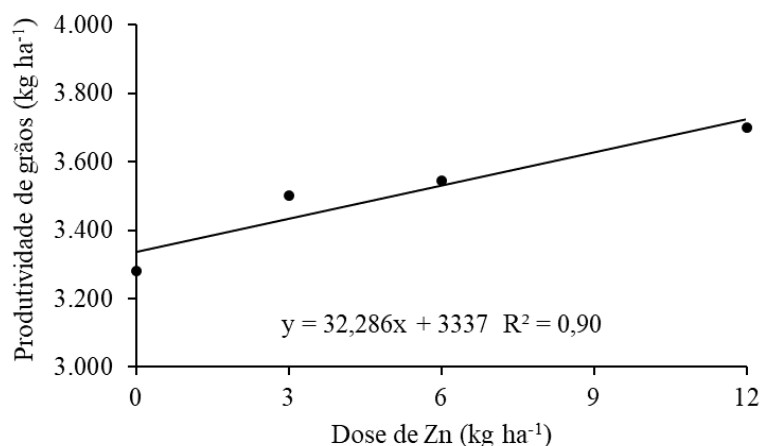


Fonte: elaborado pelo autor.

Neste primeiro ano não ocorreu efeito para as plantas de cobertura ou inoculação com *A. brasilense* nesta variável. E na safra 2016/2017 os tratamentos não apresentaram nenhuma diferença significativa, sendo que nos dois anos de cultivo não ocorreu interação entre os fatores testados.

Com relação à produtividade de grãos da soja, no primeiro ano o cultivo após a cultura do milheto proporcionou maior produtividade, com 3.696 kg ha⁻¹. Este comportamento se assemelhou ao que foi constatado para a cultura do milho, onde a produtividade na área cultivada após o milheto foi superior, devido ao ciclo mais curto e consequentemente mineralização mais rápida dos nutrientes acumulados na fitomassa. Já no segundo ano de cultivo, a produtividade foi estatisticamente igual para os tratamentos com as duas plantas de cobertura. Isso ocorreu por conta do maior efeito da ciclagem de nutrientes das duas plantas de cobertura ao longo dos dois anos de cultivo, além da maior aeração do solo por conta do sistema radicular das duas plantas de cobertura e também pelas condições climáticas, mais favoráveis durante a condução do segundo ano. Para o efeito das doses de Zn testadas, o resultado é demonstrado na Figura 16.

Figura 16. Análise de regressão para a produtividade de grãos em função das doses de Zn aplicadas na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS, 2015/2016.



Fonte: elaborado pelo autor.

A produtividade de grãos aumentou linearmente de acordo com a adubação com Zn, chegando a 3.701 kg ha⁻¹ na dose de 12 kg ha⁻¹. Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Oliveira *et al.* (2017), onde aplicando-se as mesmas doses de Zn os autores constataram aumento linear na produtividade de soja. Do mesmo modo, Inocêncio *et al.* (2012) também verificaram incremento na produtividade através da adubação com Zn.

Para o segundo ano de cultivo da soja (Tabela 13), ocorreu interação entre as plantas de cobertura e a inoculação com *A. brasilense*. Na Tabela 14, é possível observar que na ausência de inoculação não houve aumento da produtividade da cultura, independente se o cultivo foi após o milho ou o capim *ruziensis*. Já com a inoculação, a produtividade da soja foi estatisticamente superior quando semeada na área do milho, chegando a 4.306 kg ha⁻¹. Mesmo com estes resultados, vale ressaltar que todos os tratamentos apresentaram médias de produtividade altas se comparado ao primeiro ano de cultivo e à média de produtividade brasileira.

Quanto às doses de Zn testadas, no segundo ano não houve diferença significativa, apesar do pequeno aumento numérico verificado na produtividade. Segundo Oliveira *et al.* (2017), a soja é uma cultura de média resposta à adubação com Zn e as respostas à esta adubação pode ser diferente, dependendo da cultivar utilizada, do sistema de manejo do solo e das condições climáticas. A exemplo disto, Gonçalves Junior *et al.* (2010) não constataram diferença significativa em nenhum dos componentes de produção e produtividade de grãos da soja, em função da adubação com Zn.

Tabela 14. Desdobramento da interação entre plantas de cobertura e inoculação com *A. brasilense* para a produtividade de grãos na cultivar de soja BMX Potência RR. Selvíria – MS, 2016/2017.

Plantas de cobertura	Com inoculação	Sem inoculação
	----- produtividade de grão (kg ha ⁻¹) -----	
Capim ruziziensis	4.008 bA	3.929 aA
Milheto	4.306 aA	3.843 aB

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

DMS teste de Tukey = 243.

Fonte: elaborado pelo autor.

Desta forma, vale destacar que a inoculação de *A. brasilense* pode ser feita via foliar na cultura da soja, exercendo aumento na produtividade de grãos. Quanto à adubação com Zn, a mesma deve ser realizada na cultura da soja, haja visto que em solos de Cerrado há baixa disponibilidade deste nutriente e ele é um dos micronutrientes que mais promove deficiência nas culturas em solos tropicais (FAQUIN, 2005).

5 CONCLUSÃO

Para o milho, a produtividade é maior após o cultivo do milheto, quando comparado com o cultivo após o capim ruziziensis. A inoculação de *A. brasilense* via foliar, em conjunto com adubação nitrogenada em cobertura de foi eficiente para aumentar a produtividade de grãos, sendo a dose de 175 kg ha⁻¹ de N que proporcionou maior produtividade de grãos.

A inoculação com *A. brasilense* aumenta a eficiência da adubação nitrogenada na cultura do milho.

Na cultura da soja, a inoculação de *A. brasilense* também é eficiente para aumentar a produtividade de grãos, que semelhante ao milho, também foi maior após o cultivo do milheto.

O incremento das doses de Zn aumenta a produtividade da cultura no Cerrado, em detrimento do incremento no número de ramos, vagens e grãos por planta.

REFERÊNCIAS

- ABIOVE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS. **Cadeia produtiva de oleaginosas e biodiesel**: estatística. São Paulo: ABIOVE, 2018. Disponível em: <http://www.abiove.org.br/site/index.php?page=estatistica&area=NC0yLTE=>. Acesso em: 15 dez. 2018.
- ALVA, A. K.; PARAMASIVAM, S.; FARES, A.; DELGADO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; SAJWAN, K. Nitrogen and irrigation management practices to improve nitrogen uptake efficiency and minimize leaching losses. **Journal of Crop Improvement**, Binghamton, v. 15, n. 2, p. 369-420, 2005.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 179 - 189, 2000.
- ANDRADE, A. T. *et al.* Produtividade de milho em função da redução do nitrogênio e da utilização de *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 15, n. 2, p. 229-239, 2016.
- ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, F. F.; COUTINHO, E. L. M. Produção de milho em plantio direto com adubação nitrogenada e cobertura do solo na pré-safra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 1691-1698, 2008.
- ASMUS, G. L.; ANDRADE, P. J. M. **Reprodução de nematoide de galhas em plantas forrageiras utilizadas em sistemas integrados de produção agropecuária**. Dourados: Embrapa-CPAO, 1998. 5 p. (Comunicado técnico, 28).
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. **Densidade de plantas na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 36 p. (Documentos, 364).
- BASHAN, Y.; BASHAN, L. E. Plant growth-promoting. In: HILLEL, D. **Encyclopedia of soil in the environment**. Oxford: Elsevier, 2005. p. 103-115.
- BERGAMASCHI, C. **Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas às raízes e colmos de cultivares de sorgo**. 2006. 71 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- BEZERRA, A. R. G.; SEDIYAMA, T.; BORÉM, A.; SOARES, M. M. Importância econômica. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. (ed.). **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora da UFV, 2015. p. 9-26.
- BÁRBARO, I. M. *et al.* Resultados preliminares da coinoculação de *Azospirillum* juntamente com *Bradyrhizobium* em soja. **Pesquisa e Tecnologia**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 1-6, 2011.
- BONAMIGO, L. A. A cultura do milho no Brasil, implantação e desenvolvimento no Cerrado. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Planaltina. **Anais [...]** Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. p. 69-73.

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

BRACCINI, A. L. *et al.* Seed inoculation with *Azospirillum brasilense*, associated with the use of bioregulators in maize. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 58-64, 2012.

BURLE, M. L.; CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F.; PEREIRA, J. Caracterização das espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (ed.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. p. 71-142.

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

CAIRES, E. F.; MILLA, R. Adubação nitrogenada em cobertura para o cultivo de milho com alto potencial produtivo em sistema plantio direto de longa duração. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 1, p. 87-95, 2016.

CARVALHO, J. C.; VIECELLI, C. A.; ALMEIDA, D. K. Produtividade e desenvolvimento da cultura da soja pelo uso de regulador vegetal. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 2, n. 1, p. 50-60, 2013.

CASTRO, G.F. de; SILVA, C.G.M.; MOREIRA, S.G.; RESENDE, A.V. de. Plantas de cobertura em sucessão ao milho para silagem em condições do Cerrado. **Journal of Bioenergy and Food Science**, Macapá, v. 4, p. 37-49, 2017

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia de cultivos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2008. 864 p.

CALONEGO, J. C.; GIL F. C.; ROCCO, V. F.; SANTOS, E. A. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 770-781, 2012.

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

COSTA, N. R. *et al.* Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 8, p. 1038-1047, 2012.

SUBEDI, K. D.; MA, B. L. Assessment of some major yield-limiting factors on maize production in a humid temperate environment. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 110, n. 1, p. 21-26, 2009.

CUNHA, F. N. *et al.* Efeito da *Azospirillum brasilense* na produtividade de milho no sudoeste goiano. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 3, p. 261-272, 2014.

HUNGRIA, M. *et al.* 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, p. 413-425, 2010.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 38 p. (Embrapa Soja. Documentos, 325).

MARTINS, F. A. D. *et al.* Avaliação de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 113-128, 2012.

DOBBELAERE, S. *et al.* Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 36, n. 4, p. 284-297, 2002.

DOTTO, A. P. *et al.* Produtividade do milho em resposta à inoculação com *Herbaspirillum seropedicae* sob diferentes níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 3, p. 376-382, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil 2005. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 239 p. (Sistemas de produção, 6).

FABIAN, A. J. **Plantas de cobertura**: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação. 2009. 118 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: Editora da UFLA, 2005. 186 p.

FALKER. **Como o índice ICF é calculado?** 2011. Disponível em: <http://www.falker.com.br/base/article/AA-00299/0/Como-o-%C3%ADndice-ICF-%C3%A9-calculado.html>. Acesso em: 01 nov. 2018.

FELISBERTO, P. A. C.; GODOY, L. J. G.; FELISBERTO, G. Índices de cor da folha para monitoramento nutricional de nitrogênio em plantas de pimentão. **Científica**, Jaboticabal, v. 44, n. 2, p. 207-216, 2016. Disponível em: <http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/904>. Acesso em: 01 nov. 2018.

FERRARI, E.; RAMOS JUNIOR, E. U.; TAVARES, G.; FALEIRO, V. O.; SHIOMI, H. F.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Dinâmica populacional do nematoide *Pratylenchus brachyurus* em diferentes sistemas produtivos em MT. **Scientific Eletronic Arquivos**, Sinop, v. 9, n. 3, p. 32-40, 2016. Disponível em: <http://www.seasinop.com.br/revista/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=242&path%5B%5D=pdf>. Acesso em: 25 nov. 2017.

FERREIRA JÚNIOR, J. A.; UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; ESPÍNDOLA, S. M. C. G.; VIANA, V. F.; DI MAURO, A. O. Diversidade genética em linhagens avançadas de soja oriundas de cruzamentos biparentais, quádruplos e óctuplos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 2, p. 339-351, 2015.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 576 p.

GARCIA, R. A.; PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A. **Produção de soja em diferentes arranjos espaciais de plantas no Paraná e em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017, 42 p. (Documentos, 140).

GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; SILVA, R. R.; FONSECA, I. C. B. Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 7, p. 700–707, 2014.

GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; NACKKE, H.; MARENGONI, N. G.; CARVALHO, E. A.; COELHO, G. F. Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 660-666, 2010.

GUIMARÃES, R. J.; GONÇALVES, L. C.; JAYME, D. G.; PIRES, D. A. A.; RODRIGUES, J. A. S.; TOMICH, T. R. Degradabilidade *in situ* de silagens de milho em ovinos. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 11, n. 2, p. 334-343, 2010.

GITTI, D. C. **Inoculação e coinoculação na cultura da soja**. Chapadão do Sul: Fundação MS, 2016. 14 p.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componentes essenciais para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p. (Embrapa Soja. Documentos, 283).

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 38 p. (Embrapa Soja. Documentos, 325).

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. **Tecnologia de coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum***: incrementos no rendimento com sustentabilidade e baixo custo. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 33, 2013, Londrina. **Anais [...]**. Londrina: [s.n.], 2013.

INOCÊNCIO, M. F.; RESENDE, A. V.; NETO, A. E. F.; VELOSO, M. P.; FERRAZ, F. M.; HICKMANN, C. Resposta da soja à adubação com zinco em solo com teores acima do nível crítico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 10, p. 1550-1554, 2012.

KAPPES, C. *et al.* Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 527-538, 2013.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em LATOSSOLO VERMELHO distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 21-28, 2006.

LARA CABEZAS, W. A. R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; SANTANA, D. G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 1005-1013, 2004.

LANA, M. C. *et al.* Arranjo espacial e adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 433-438, 2009.

LIMA, E. V. *et al.* Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macro-nutrientes no florescimento do feijoeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. p.125-129, 2001.

LOPES, E. C. P.; MORAES, A.; LANG, C. R.; SANDINI, I. E.; MÜLLER, M. M. L.; OLIVEIRA, E. B. Estratégias de adubação nitrogenada na cultura do milho em sistema integrado de produção agropecuária. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 16, n. 2, p. 161-177, 2017. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/730/pdf>. Acesso em: 4 ago. 2017.

MARTINS, F. A. D. *et al.* Avaliação de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 113-128, 2012.

MATOS, F. B.; OLIVEIRA, F. F.; PIETROSKI, M.; MULLER, P. F.; TAKESHITA, V.; CAIONE, G. Uso de *Azospirillum brasilense* para o aumento da eficiência da adubação nitrogenada em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 16, n. 1, p. 131-141, 2017.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M. M.; ANDREOTTI, M.; PARIZ, C. M.; YANO, E. H.; PEREIRA, F. C. B. L. Liberação de nutrientes pela palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 39, p. 183 - 193, 2015.

MORTATE, R. K.; NASCIMENTO, E. F.; GONÇALVES, E. G. S.; LIMA, M. W. P. Resposta do milho (*Zea mays* L.) à adubação foliar e via solo de nitrogênio. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 5, n. 1, p. 1-6, 2018.

NEVES, R. C.; VILAR, C. C.; USHIWATA, S. Y.; COSTA, A. C.; HARTWIG, C. F. V.; CHAVES, J. S. Persistência de palhada de *Urochloa ruziziensis* em sistema de plantio direto e convencional no município de Nova Xavantina-MT. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 11, n. 03, p. 110-122, 2018. Disponível em: <https://rv.ifgoiano.edu.br/periodicos/index.php/gst/article/view/1030/623>. Acesso em: 02 jan. 2019.

NUNES, J. L. S. **Soja**: histórico. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/culturas/soja/informacoes/historico_361541.html. Acesso em: 15 jul. 2018.

OKUMURA R. S.; MARIANO, D. C.; ZACCHEO, P. V. C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 4, n. 2, p. 26-244, 2011.

OLIVEIRA, F. C.; BENETT, C. G. S.; BENETT, K. S. S.; SILVA, L. M.; VIEIRA, B. C. Diferentes doses e épocas de aplicação de zinco na cultura da soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 4, n. 1, p. 28-35, 2017.

OLIVEIRA, J. A. A. *et al.* **Inoculação via foliar na cultura de milho com *Azospirillum brasiliense* associado a diferentes doses de nitrogênio em cobertura**. 2011. Disponível em http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/mostras/sete_mostra/jorge_augusto_aparecido_de_oliveira.pdf. Acesso em: 10 out. 2016.

OLIVEIRA NETO, A. A. **A produtividade da soja: análise e perspectivas**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), v. 10, 2017. 35 p. Disponível em: https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_08_02_14_27_28_10_compendio_de_estudos_conab_a_produtividade_da_soja_-_analise_e_perspectivas_-_volume_10_2017.pdf. Acesso em: 08 dez. 2018.

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 1787-1799, 2011.

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

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

PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A.; GIROTTI, E.; MOREIRA, I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 358-364, 2008.

PEDRAZZI, A. Q.; BINOTTI, F. F. S.; COSTA, E.; CARSOSO, E. D. Crescimento e acúmulo de fitomassa em função do manejo de nitrogênio na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 15, n. 3, p. 410-417, 2016. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/viewFile/589/pdf>. Acesso em: 10 fev. 2018.

PEREIRA, F. C. B. L.; MELLO, L. M. M.; PARIZ, C. M.; MENDONÇA, V. Z.; YANO, É. H.; MIRANDA, E. E. V.; CRUSCIOL, C. A. C. Autumn maize intercropped with tropical forages: crop residues, nutrient cycling, subsequent soybean and soil quality. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 40, p. 1-20, 2016.

PINHO, R. G. V.; SANTO, A. O.; PINHO, I. V. V. Botânica. In: BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. (ed.). **Milho: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2017. p. 25-48.

PITOL, C. O milho em sistemas de plantio direto. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999. Planaltina. **Anais [...]**. Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 69-73.

PRIESNITZ, R.; COSTA, A. C. T.; JANDREY, P. E.; FRÉZ, J. R. S.; DUARTE JÚNIOR., J. B.; OLIVEIRA, P. S. R. Espaçamento entre linhas na produtividade de biomassa e de grãos em genótipos de milho pérola. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 485-494, 2011.

QUADROS, P. D.; ROESCH, L. F. W.; SILVA, F. S.; MACEDO, V.; ROEHS, D. D.; CAMARGO, F. A. O. Desempenho agrônomo a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 2, p. 209-218, 2014.

RAMIREZ-GARCIA, J.; GABRIEL, J. L.; ALONSO-AYUSO, M.; QUEMADA, M. Quantitative characterization of five cover crop species. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 10, n. 1, p. 1-14.

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**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285 p. (Boletim técnico, 100).

REPKE, R. A. *et al.* Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 3, p. 214-226, 2013.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Decomposição e liberação de nutrientes pela palhada de braquiária, sorgo e soja em áreas de plantio direto no cerrado goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1523-1534, 2013.

SANTOS, M. M. *et al.* Épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em plantio direto, e alocação do nitrogênio (15N) na planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1185-1194, 2010.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da soja – Parte I**. Viçosa: Editora da UFV, 1985. 96 p.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; BARROS, H. B. Origem, evolução e importância econômica. In: SEDIYAMA, T. (ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecnas, 2009. p. 1-5.

SILVA, A. C.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; PAIVA, T. W. B.; SEDIYAMA, C. S. Efeito de doses reduzidas de fluazifop-butil no consórcio entre soja e *Brachiaria brizantha*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 429-435, 2014. Disponível em: <http://revista.urcamp.tche.br/index.php/rcr/article/view/331/pdf>. Acesso em: 26 fev. 2018.

SILVA, E. C.; FERREIRA, S. M.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L.; GUIMARÃES, G. L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 5, p. 725-733, 2005.

SILVA, M. P.; ARF, O.; SÁ, M. E.; ABRANTES, F. L.; BERTI, C. L. F.; SOUZA, L. C. D. Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto. **Agrária – Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 12, n. 1, p. 60-67, 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/html/1190/119050448010/>. Acesso em: 25 ago. 2018.

SORATTO, R. P. *et al.* Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 511-518, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TEIXEIRA, C. M.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PIMENTEL, C. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. **Idesia**, Arica, v. 30, p. 55-64, 2012

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Goiânia, v. 3, p. 421-428, 2008.

UEBEL, F.; GARBIN, L. F.; SILVA, R. A.; SANTOS, P. S. Reação de cultivares de *Brachiaria* spp. a *Pratylenchus brachyurus*. **Connection Line**, v. 8, n. 10, p. 1-8, 2013. Disponível em: <https://www.periodicos.univag.com.br/index.php/CONNECTIONLINE/article/view/54>. Acesso em: 15 jan. 2018.

UNFRIED, J. R.; BRAGA, N. R. Os desafios da soja tropical no Brasil. In: SIQUERI, F.; CAJU, J.; MOREIRA, M. **Boletim de pesquisa de soja 2011**. Rondonópolis: Fundação MT, 2011. p. 23-44.

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

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília: Embrapa, 2014. v. 1, p. 59-168.