UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

Fernando Shintate Galindo

DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO E DO TRIGO EM FUNÇÃO DA INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* E DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO

ILHA SOLTEIRA
2015

Fernando Shintate Galindo

Engenheiro Agrônomo

DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO E DO TRIGO EM FUNÇÃO DA INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* E DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO

Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho
Orientador

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia, Unesp – Câmpus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Especialidade: Sistemas de Produção.

ILHA SOLTEIRA
2015

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

G158d

Galindo, Fernando Shintate.
Desempenho agronômico do milho e do trigo em função da inoculação com Azospirillum brasilense e doses e fontes de nitrogênio / Fernando Shintate Galindo. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2015
150 f. : il.

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

Orientador: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho
Inclui bibliografia

1. Zea mays. 2. Triticum aestivum. 3. Diagnose nutricional. 4. Adubação nitrogenada. 5. Fixação biológica de nitrogênio.

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO E DO TRIGO EM FUNÇÃO DA INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* E DE DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO

AUTOR: FERNANDO SHINTATE GALINDO
ORIENTADOR: Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

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

Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Salatier Buzetti

Prof. Dr. SALATIER BUZETTI
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. GUSTAVO PAVAN MATEUS
Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / Agencia Paulista de Tecnologia dos Agronegocios

Data da realização: 21 de julho de 2015.

DEDICO...

Aos meus pais, Wilson Galindo Medina e Madalena Shintate Galindo, os quais me apoiaram em todos os momentos e me deram força para seguir em frente e lutar pelos meus objetivos.

A meus irmãos Luciana Shintate Galindo e Bruno Shintate Galindo, pela amizade, ensinamentos e incentivo.

OFEREÇO...

À minha namorada Mariana Gaioto Ziolkowski Ludkiewicz, pela amizade, amor, paciência, incentivo e confiança, além de crescimento pessoal em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e oportunidades que tem me proporcionado.

À Nossa Senhora Aparecida, pelas ocasiões favoráveis, saúde e proteção concedidas nestes 24 anos de vida.

Aos meus pais pela dedicação, apoio, compreensão e auxílio que me fortalecem a cada dia.

Ao Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, pela valiosa orientação acadêmica dedicada em todo tempo em que trabalhamos juntos, autêntica demonstração de profissionalismo, humildade, confiança e companheirismo à minha pessoa, a quem considero não só como um amigo, mas como um exemplo de vida.

Ao Prof. Dr. Salatiér Buzetti, pelo conhecimento transmitido, confiança, incentivo e paciência durante este tempo de orientação, manifesto minha gratidão pela grande contribuição em minha vida acadêmica e pessoal.

Ao professor Dr. Orivaldo Arf pelas sugestões, atenção, auxílio prestado e confiança dedicados à minha pessoa nesses meses.

Aos amigos Heitor Pontes Gestal Reis, Eduardo de Paula Queiroz, Luiz Eduardo Macedo do Nascimento, Fernando Henrique Queiroz Souza, Kennides Martins Batista Filho, Caio José Andrade pelo companheirismo, amizade e contribuição em minha formação pessoal e profissional.

Aos amigos de estágio e trabalho Lais Meneghini, João Leonardo Bellotte, Cleiton Alves, José Mateus Santini, Poliana Rosa, Murilo Sgobi, Maikon Azambuja, Ciro Petean, Jessica Vettorazzi, Alexandre Rosa, Guilherme Baggio e Caio Tritapepe os quais contribuíram para a instalação e condução deste e de outros experimentos realizados na FEPE, foi um grande prazer trabalhar, conviver e usufruir do vosso companheirismo e amizade.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, em especial à Faculdade de Engenharia, campus de Ilha Solteira, por proporcionar excelentes condições de aprendizado aos alunos da instituição.

Aos professores do curso de Agronomia da UNESP - Ilha Solteira, pelo empenho em melhorar constantemente a qualidade de ensino.

Ao técnico e amigo Marcelo Rinaldi da Silva, do laboratório de nutrição de plantas da UNESP - Ilha Solteira pela ajuda e suporte dados no desenvolvimento deste experimento, e pela boa vontade.

Aos amigos Marcio Mahmoud Megda, Elisângela Dupas e Cássia Maria de Paula Garcia pela ajuda e sporte dados no desenvolvimento deste e de outros experimentos, além da boa vontade e experiência passada no decorrer destes anos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior - CAPES, pela bolsa de estudos e apoio financeiro.

Aos amigos de Mestrado e Doutorado Engenheiros Agrônomos e Zootecnistas pela companhia, respeito, pela contribuição que ofereceram ao meu crescimento como ser humano e prazer das vivências divididas nesse período.

À empresa Total Biotecnologia pela doação do inoculante de gramíneas AzoTotal utilizado neste trabalho e por todo apoio, atenção e suporte no decorrer do experimento.

TRECHO DA MÚSICA: MENSAGEM DO ALÉM (Milionário e José Rico)

"(...) Não há razão para temor
Tenha mais fé nos dias teus
Ponha na vida mais amor
Menos mundo, e mais Deus (...)"

GALINDO, F. S. **Desempenho agronômico do milho e do trigo em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e de doses e fontes de nitrogênio.** 2015. 150 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2015.

Autor: Engº. Agrº. Fernando Shintate Galindo

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

RESUMO

O processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) para culturas do milho e trigo ocorre por meio de bactérias diazotróficas, principalmente por meio da inoculação com *Azospirillum brasilense*, o que pode proporcionar aumento no acúmulo de N e nas produtividades de matéria seca de plantas e de grãos, principalmente em condições de baixa disponibilidade de N. Objetivou-se com esse trabalho estudar o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* e doses e fontes de nitrogênio, na concentração de nutrientes, componentes de produção e produtividade de grãos de milho e de trigo irrigado, em região de Cerrado. O experimento foi desenvolvido em área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, em Selvíria – MS, em um Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa. O delineamento experimental dos experimentos de milho e de trigo foi em blocos ao acaso com quatro repetições, dispostos em um esquema fatorial 2 x 5 x 2, sendo: 2 fontes de N (ureia convencional, com 45% de N); Super N - ureia com inibidor da enzima urease NBPT (N-(n-butil tiofosfórico triamida, com 45% de N); 5 doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha^{-1}) aplicadas em cobertura à lanço; com e sem inoculação das sementes com *A. brasilense*. A inoculação com *A. brasilense* apresentou bons resultados agronômicos, principalmente na cultura do milho, mesmo quando se utiliza doses de N consideradas altas. O Super N e a ureia proporcionaram semelhantes teores de nutrientes foliar, componentes de produção e produtividade dos grãos de milho e trigo irrigado. Recomenda-se para a região de Cerrado de baixa altitude, a aplicação de ureia por ser o fertilizante nitrogenado que apresenta melhor relação custo-benefício, na dose de 150 kg ha^{-1} de N em cobertura para a cultura do milho e 139 kg ha^{-1} de N na cultura do trigo irrigado, com a inoculação de sementes com *A. brasilense*.

Palavras-chave: *Zea mays*. *Triticum aestivum*. Diagnose nutricional. Adubação nitrogenada. Fixação biológica de nitrogênio**.**

GALINDO, F. S. **Agronomic performance of corn and wheat in function of inoculation with *Azospirillum brasilense* and rates and sources of nitrogen.** 2015. 150 f. Dissertation (Master's degree) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2015.

Author: Engº. Agrº. Fernando Shintate Galindo

Adviser: Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

ABSTRACT

The process of biological nitrogen fixation (BNF) for corn and wheat crops occurs through either diazotrophic bacterias, mainly by means of inoculation with *Azospirillum brasilense*, which can provide an increase in N accumulation and dry matter of plant and grain yields. The objective of this work was to study the effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* and doses and sources of N, in the contents of foliar nutrients, production components and grains yield of corn and wheat irrigated in the Cerrado region. The experiments were developed in Selvíria - MS on an Oxisol with clayey texture. The experimental design was a randomized blocks with four replications in a factorial scheme 2 x 5 x 2, being: 2 N sources (urea) and Super N - urea with urease inhibitor of NBPT (N-(n-butyl thiophosphoric triamide); 5 N doses (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha^{-1}) applied to cover; with and without seed inoculation with *A. brasilense*. Inoculation with *A. brasilense* presented good agronomic results, especially in corn crop, even when using N rates considered high. The Super N and urea provided similar foliar nutrients contents, components production and grains yield of corn and irrigated wheat. It is recommended for the Cerrado region of low altitude, the application of urea for being the nitrogen fertilizer that provides best cost-benefit at a dose of 150 kg ha^{-1} of N in coverage for corn crop and 139 kg ha^{-1} of N in irrigated wheat crop, with the seed inoculation with *A. brasilense*.

Keywords: *Zea mays*. *Triticum aestivum*. Nutritional diagnosis. Nitrogen fertilization. Biological nitrogen fixation.

Lista de Figuras

Página

Figura 1- Precipitação pluvial, umidade relativa do ar e temperaturas máximas, médias e mínimas obtidas durante os experimentos de milho (A) e de trigo (B) junto à estação meteorológica situada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da FE/UNESP. Período de dezembro de 2013 a abril de 2014 (A) e Período de maio a setembro de 2014 (B) 46

Figura 2- Índice de clorofila foliar (ICF) do milho em função de doses de N. Selvíria – MS, 2013/2014 53

Figura 3- Concentração de N foliar do milho em função de doses de N. Selvíria – MS, 2013/2014 53

Figura 4- Concentração de P foliar do milho em função de doses de N. Selvíria – MS, 2013/2014 54

Figura 5- Concentração de S foliar do milho em função de doses de N. Selvíria – MS, 2013/2014 54

Figura 6- Concentração de Cu foliar do milho em função de doses de N. Selvíria – MS, 2013/2014 59

Figura 7- Concentração de Mn foliar do milho em função de doses de N. Selvíria – MS, 2013/2014 59

Figura 8- Altura de plantas de milho em função de doses de N. Selvíria – MS, 2013/2014 61

Figura 9- Altura de inserção de espiga do milho em função de doses de N. Selvíria – MS, 2013/2014 62

Figura 10- Diâmetro do colmo do milho em função de doses de N. Selvíria – MS, 2013/2014 65

Figura 11- Desdobramento da interação doses de N dentro de inoculação, da análise de variância referente ao número de fileiras por espiga do milho. Selvíria – MS, 2013/2014 67

Figura 12- Desdobramento da interação doses de N dentro de fontes, da análise de variância referente ao número de fileiras por espiga do milho. Selvíria – MS, 2013/2014 68

Figura 13- Desdobramento da interação doses de N dentro de inoculação, da análise de variância referente ao número de grãos por espiga do milho. Selvíria – MS, 2013/2014 69

Figura 14- Porcentagem de acamamento do milho em função das doses de N. Selvíria – MS, 2013/2014 70

Figura 15- Desdobramento da interação doses de N dentro de inoculação, da análise de variância referente à eficiência agronômica (EA) de doses de N na cultura do milho. Selvíria – MS, 2013/2014 71

Figura 16- Desdobramento da interação doses de N dentro de inoculação, da análise de variância referente à produtividade de grãos do milho. Selvíria – MS, 2013/2014 72

Figura 17- Desdobramento da interação doses de N dentro de fontes, da análise de variância referente à eficiência agronômica (EA) de doses de N na cultura do milho. Selvíria – MS, 2013/2014 73

Figura 18- Desdobramento da interação doses de N dentro de inoculação, da análise de variância referente ao ICF do trigo. Selvíria – MS, 2014 78

Figura 19- Desdobramento da interação doses de N dentro de fontes, da análise de variância referente ao ICF do trigo. Selvíria – MS, 2014 79

Figura 20- Comprimento de espiga do trigo em função de doses de N. Selvíria – MS, 2014 84

Figura 21- Número de espiguetas por espiga de trigo em função de doses de N. Selvíria – MS, 2014 85

Figura 22- Número de grãos por espigueta de trigo em função de doses de N. Selvíria – MS, 2014 85

Figura 23- Número de grãos por espiga de trigo em função de doses de N. Selvíria – MS, 2014 86

Figura 24- Desdobramento da interação doses de N dentro de inoculação, da análise de variância referente ao número de espigas de trigo por metro. Selvíria – MS, 2014 88

Figura 25- Acamamento de plantas de trigo em função de doses de N. Selvíria – MS, 2014 91

Página

Figura 26- Quantidade de palhada produzida de trigo em função das doses de N. Selvíria – MS, 2014 92

Figura 27- Matéria seca de grãos por planta de trigo em função das doses de N. Selvíria – MS, 2014 92

Figura 28- Índice de colheita do trigo em função das doses de N. Selvíria – MS, 2014 93

Figura 29- Umidade dos grãos na ocasião da colheita do trigo em função de doses de N. Selvíria – MS, 2014 95

Figura 30- Eficiência agronômica (EA) de doses de N no trigo. Selvíria – MS, 2014 95

Figura 31- Desdobramento da interação doses de N dentro de inoculação, da análise de variância referente à produtividade de grãos de trigo. Selvíria – MS, 2014 96

Figura 32- Desdobramento da interação doses de N dentro de fontes, da análise de variância referente à produtividade de grãos de trigo. Selvíria – MS, 2014 97

Figura 33- Desdobramento da interação doses de N dentro de inoculação, da análise de variância referente à concentração de N na palhada do trigo. Selvíria – MS, 2014 103

Figura 34- Concentração de Fe na palhada do trigo em função de doses de N. Selvíria – MS, 2014 104

Figura 35- Desdobramento da interação doses de N dentro de fontes, da análise de variância referente à concentração de K nos grãos de trigo. Selvíria – MS, 2014 107

Figura 36- Desdobramento da interação doses de N dentro de inoculação, da análise de variância referente à concentração de Mg nos grãos do trigo. Selvíria – MS, 2014 108

Lista de Tabelas

Página

Tabela 1- ICF e concentrações foliares de N, P, K, Ca, Mg e S no milho em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2013/14 52

Tabela 2- Concentrações foliares de Cu, Fe, Mn e Zn do milho em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2013/2014 58

Tabela 3- Altura de plantas, altura de inserção da espiga, diâmetro do colmo, prolificidade e número de espigas por hectare do milho em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2013/14 61

Tabela 4- Comprimento e diâmetro da espiga, número de fileiras por espiga, grãos por fileira e grãos por espiga do milho em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2013/14 65

Tabela 5- Desdobramento da interação inoculação e doses de N, da análise de variância referente ao número de fileiras por espiga de milho. Selvíria – MS, 2013/14 66

Tabela 6- Desdobramento da interação fontes e doses de N, da análise de variância referente ao número de fileiras por espiga de milho. Selvíria – MS, 2013/2014 67

Tabela 7- Desdobramento da interação inoculação e doses de N, da análise de variância referente ao número de grãos por espiga de milho. Selvíria – MS, 2013/14 68

Tabela 8- Porcentagem de acamamento, umidade dos grãos na ocasião de colheita, massa de 100 grãos, produtividade de grãos de milho e eficiência agronômica (EA) em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2013/14 70

Tabela 9- Desdobramento da interação inoculação e doses de N, da análise de variância referente à eficiência agronômica (EA) de doses de N na cultura do milho. Selvíria – MS, 2013/14 71

Tabela 10- Desdobramento da interação inoculação e doses de N, da análise de variância referente à produtividade de grãos de milho. Selvíria – MS, 2013/2014 72

Tabela 11- Desdobramento da interação fontes e doses de N, da análise de variância referente à eficiência agronômica (EA) de doses de N na cultura do milho. Selvíria – MS, 2013/2014 72

Página

Tabela 12- ICF e concentrações foliares de N, P, K, Ca, Mg e S no trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2014 77

Tabela 13- Desdobramento da interação inoculação e doses de N, da análise de variância referente ao ICF do trigo. Selvíria – MS, 2014 78

Tabela 14- Desdobramento da interação fontes e doses de N, da análise de variância referente ao ICF do trigo. Selvíria – MS, 2014 78

Tabela 15- Concentrações foliares de Cu, Fe, Mn e Zn no trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2014 82

Tabela 16- Altura de plantas, número de espigas por metro, comprimento de espiga, número de espiguetas por espiga, grãos por espigueta e grãos por espiga do trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2014 84

Tabela 17- Desdobramento da interação inoculação e doses de N, da análise de variância referente ao número de espigas de trigo por metro. Selvíria – MS, 2014 87

Tabela 18- Número de grãos chochos, porcentagem de acamamento, quantidade de palhada formada, matéria seca de grãos e índice de colheita do trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2014 90

Tabela 19- Umidade dos grãos em ocasião de colheita, massa hectolítrica, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e EA do trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2014 94

Tabela 20- Desdobramento da interação inoculação e doses de N, da análise de variância referente à produtividade de grãos de trigo. Selvíria – MS, 2014 96

Tabela 21- Desdobramento da interação fontes e doses de N, da análise de variância referente à produtividade de grãos do trigo. Selvíria – MS, 2014 96

Tabela 22- Desdobramento da interação inoculação e fontes de N, da análise de variância referente à EA do trigo. Selvíria – MS, 2014 97

Página

Tabela 23- Concentrações de N, P, K, Ca e Mg na palhada de trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense.* Selvíria – MS, 2014 101

Tabela 24- Concentrações de Cu, Fe, Mn e Zn na palhada de trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense.* Selvíria – MS, 2014 102

Tabela 25- Desdobramento da interação inoculação e doses de N, da análise de variância referente à concentração de N na palhada de trigo. Selvíria – MS, 2014 103

Tabela 26- Desdobramento da interação inoculação e fontes de N, da análise de variância referente à concentração de S na palhada de trigo. Selvíria – MS, 2014 104

Tabela 27- Concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S nos grãos de trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense.* Selvíria – MS, 2014 105

Tabela 28- Concentrações de Cu, Fe, Mn e Zn nos grãos de trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense.* Selvíria – MS, 2014 106

Tabela 29- Desdobramento da interação fontes e doses de N, da análise de variância referente à concentração de K no grão de trigo. Selvíria – MS, 2014 107

Tabela 30- Desdobramento da interação inoculação e doses de N, da análise de variância referente à concentração de Mg no grão de trigo. Selvíria – MS, 2014 107

Tabela 31- Teores de M.O., P, K e S no solo após cultivo de trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense.* Selvíria – MS, 2014 109

Tabela 32- Teores de Ca e Mg e porcentagem da CTC ocupada por Ca e por Mg no solo após cultivo de trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* Selvíria – MS, 2014 .. 110

Tabela 33- Valores de pH, H+Al, S.B., C.T.C. e V no solo após cultivo de trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense.* Selvíria – MS, 2014 111

Sumário

		Página
1	**INTRODUÇÃO .....**	15
2	**REVISÃO DE LITERATURA .....**	17
2.1	ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MILHO	17
2.2	ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO TRIGO	19
2.3	BIOMA CERRADO E SISTEMA PLANTIO DIRETO	21
2.4	FONTES DE NITROGÊNIO E FATORES DE PERDA DE N	26
2.5	INIBIDOR DA UREASE NBPT (N-(N-BUTIL) TIOFOSFÓRICO TRIAMIDA)	30
2.6	ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO	33
2.7	ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO TRIGO	37
2.8	FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO E *Azospirillum brasilense* ...	39
3	**MATERIAL E MÉTODOS.....**	45
3.1	LOCAL E HISTÓRICO DE MANEJO	45
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS UTILIZADOS	46
3.3	INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	47
3.4	AVALIAÇÕES REALIZADAS	48
3.4.1	**Cultura do milho .....**	48
3.4.2	**Cultura do trigo .....**	51
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	52
4	**RESULTADOS E DISCUSSÃO .....**	53
4.1	EXPERIMENTO DE MILHO	53
4.2	EXPERIMENTO DE TRIGO	79
5	**CONSIDERAÇÕES FINAIS .....**	114
6	**CONCLUSÕES .....**	115
7	**REFERÊNCIAS .....**	116
8	**APÊNDICES .....**	139

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho e um grande importador de trigo. Porém, para obtenção de altas produtividades de grãos destes cereais é necessário aplicar doses elevadas de nitrogênio (N), pois os solos, em geral, não suprem à demanda da cultura ao longo de todo ciclo destas plantas. Portanto, o manejo da adubação nitrogenada é realizado com o intuito de garantir boa produtividade e em função da dinâmica do N no solo, são adicionadas grandes quantidades de N, o que onera o custo de produção dos agricultores.

Em estudos conduzidos por Lara Cabezas et al. (2000) estima-se que pode haver redução na produtividade de grãos de milho devido à volatilização de N-NH_3, na proporção de 10 kg ha^{-1} de grãos para cada 1% de N volatilizado. Entretanto, é pouco provável que a ureia venha a ser substituída por outra fonte de nitrogênio em curto prazo, já que tem como vantagem o menor custo por quilograma de N.

Neste contexto, uma possibilidade de aumentar a eficiência da adubação nitrogenada é o uso do inibidor NBPT, o qual pode retardar a hidrólise da ureia e reduzir significativamente as perdas de NH_3 dependendo das condições climáticas, nem sempre previsíveis. Entre os produtos testados como inibidor da urease, o NBPT (N-(n-butil) tiofosfórico triamida) é o que vem obtendo os melhores resultados (BREMNER; MCCARTY; CHAI, 1986; WATSON, 2000). Contudo, diferentemente de alguns resultados obtidos em pesquisas realizadas em países de clima temperado que comprova isso, a maioria dos trabalhos realizados no Brasil tem demonstrado que a ureia com inibidor da enzima urease e a ureia convencional tem a mesma eficiência na nutrição e na produtividade de grãos de milho e trigo. Ou seja, a ação inibitória da urease não tem sido eficaz em reduzir as perdas por volatilização da NH_3 que acontecem quando a ureia é aplicada na superfície de solos, tendo em vista que a ação do NBPT depende de condições ambientais (temperatura e precipitação pluvial) e das características físico-químicas do solo.

Outra possibilidade, devido ao alto custo dos fertilizantes e a conscientização em prol de uma agricultura sustentável e menos poluente, na qual as pesquisas estão crescendo, é o uso de inoculantes contendo bactérias que promovem o crescimento e incrementam a produtividade de plantas. O Brasil tem tradição de pesquisa em fixação biológica de N_2 por *Azospirillum* em associações com gramíneas, mas até recentemente não havia inoculantes comerciais com essas bactérias no País (HUNGRIA, 2011).

Na literatura existem vários trabalhos confirmando que *Azospirillum* produz fitohormônios que estimulam o crescimento das raízes de diversas espécies de plantas. Tien, Gaskins e Hubbell (1979) verificaram que os componentes responsáveis pelo estímulo do crescimento de raízes liberados por *A. brasilense* eram o ácido indol-acético (AIA), giberilinas e citocininas. O maior desenvolvimento das raízes pela inoculação com *Azospirillum* pode implicar em vários outros efeitos. Foram relatados incrementos na absorção da água e minerais, maior tolerância a estresses como salinidade e seca, resultando em uma planta mais vigorosa e produtiva (DOBBELAERE et al., 2001; BASHAN; HOLGUIN; DE-BASHAN, 2004). Barassi et al. (2008) relataram melhoria em parâmetros fotossintéticos das folhas, incluindo o teor de clorofila e condutância estomática, maior teor de prolina na parte aérea e raízes, melhoria no potencial hídrico, incremento no teor de água do apoplasto, maior elasticidade da parede celular, maior produção de biomassa, maior altura de plantas. Bashan et al. (2006) verificaram incremento em vários pigmentos fotossintéticos, tais como clorofila a, b, e pigmentos fotoprotetivos auxiliares, como violaxantina, zeaxantina, ateroxantina, luteína, neoxantina e beta-caroteno, que resultariam em plantas mais verdes e sem estresse hídrico.

Contudo, na maioria das pesquisas com inoculação de sementes com *Azospirillum* ssp., apesar de terem sido constatados um ou mais dos benefícios relatados anteriormente, o incremento nas produtividades de grãos de milho e trigo, nem sempre foi observado, sendo importante mais experimentos desse tipo. Além disso, ainda faltam estudos, para definição do quanto se pode aplicar de N mineral para se ter sucesso na FBN e alcançar altas produtividade de grãos. Seria interessante também analisar se a ureia com inibidor da enzima urease NBPT, pode ser mais ou menos prejudicial ao benefício da FBN às gramíneas.

Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* e doses e fontes de nitrogênio, nos teores de nutrientes foliares, componentes de produção e produtividade de grãos de milho e de trigo irrigado, em região de Cerrado. Assim como, averiguar o efeito destes tratamentos nos atributos químicos do solo após o cultivo do trigo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MILHO

O milho pertence a família Poacea, antiga família das gramíneas. É uma espécie anual, estival, cespitosa, ereta, com baixo perfilhamento, monóico-monoclina, classificada no grupo das plantas C-4, com ampla adaptação a diferentes condições de ambiente (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).

Para expressão de seu máximo potencial produtivo, a cultura requer temperatura alta, ao redor de 24 e 30 °C, radiação solar elevada e adequada disponibilidade hídrica do solo. As espiguetas masculinas são reunidas em espigas verticiladas terminais. O grão do milho é um fruto, denominado cariopse, em que o pericarpo está fundido com o tegumento da semente propriamente dito. As espiguetas femininas se soldam num eixo comum em que várias ráquis estão reunidas, conhecido como sabugo, protegidas por brácteas que é a espiga de milho. A flor feminina apresenta um único estigma. O grão de milho é utilizado principalmente para consumo humano e animal, sendo um alimento essencialmente energético, pois seu principal componente é o amido. O teor de proteína normalmente encontrado no grão está na faixa de 9 a 11%. Além de apresentar baixo teor, a qualidade da proteína é inferior a dos demais cereais, já que maior parte é constituída pela zeína, que é pobre nos aminoácidos lisina e triptofano (NUNES, 2008).

O milho é uma das culturas mais antigas e difundidas no mundo. Apesar dos avanços tecnológicos disponíveis, a produtividade média brasileira ainda é muito baixa, em torno de 4598 kg ha^{-1}, levando-se em consideração safra e safrinha**.** Isso demonstra a necessidade de buscar técnicas de manejo para obter incremento de produtividade e por consequência garantir lucros ao produtor. As regiões Sul e Centro-Oeste do país se destacam na produção deste cereal, apresentando produtividade média de 4974 kg ha^{-1}, acima, portanto da média nacional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB, 2013), mas dependendo da região e do manejo da cultura, é possível atingir o patamar de 10.000 kg ha^{-1}.

Por suas características fisiológicas, a cultura do milho tem alto potencial produtivo, já tendo sido obtida produtividade superior a 16 t ha^{-1} em concursos de produtividade de milho conduzidos por órgãos de assistência técnica e extensão rural e por empresas produtoras de sementes. No entanto, o nível médio nacional de produtividade é muito baixo, demonstrando que os diferentes sistemas de produção de milho deverão ser ainda bastante aprimorados para

se obter aumento na produtividade e na rentabilidade que a cultura pode proporcionar (BARBOSA, 2007).

A produtividade média de milho nacional não reflete o bom nível tecnológico já alcançado por boa parte dos agricultores brasileiros voltados para lavouras comerciais, uma vez que as médias são obtidas nas mais diferentes regiões, em lavouras com diferentes sistemas de cultivos, finalidades e nível tecnológico (DEMÉTRIO, 2008; GARCIA et al., 2008). De modo geral, a baixa produtividade das lavouras de milho no Brasil ocorre em função de fatores ligados às condições de precipitação pluvial, temperatura do ar, radiação solar, arranjo espacial de plantas, fertilidade do solo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004) e dentre outras. Esse fato não se deve apenas aos baixos níveis de nutrientes presentes nos solos, mas também ao uso inadequado de calagem e adubações, principalmente com nitrogênio e potássio, e também à alta capacidade extrativa do milho colhido para produção de grãos e forragem.

Ocupa posição significativa quanto ao valor da produção agropecuária, com o Brasil constituindo-se no terceiro maior produtor mundial, depois dos Estados Unidos da América e da China, e o primeiro do Mercosul (CONAB, 2013).

O milho é cultivado na maior parte do território nacional, no entanto, a distribuição e adoção de elevada tecnologia se concentram particularmente nos Estados do Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Santa Catarina, que apresentam as maiores médias de produtividade. A produção total foi estimada em 81 milhões de toneladas para o ano agrícola 2012/2013, desse total, 46 milhões (56,8%) foram da 2ª safra e o restante 34,8 milhões (43,2%), da 1ª safra (CONAB, 2013).

A produção de milho no Brasil tem-se caracterizado pela divisão em duas épocas de semeadura. A semeadura de verão ou primeira safra é realizada na época tradicional, durante o período chuvoso, que varia entre fins de agosto na região Sul e até os meses de outubro a novembro no Sudeste e no Centro Oeste. A segunda safra, que inclui a "safrinha", é caracterizada pela semeadura entre os meses de janeiro, fevereiro, março e posteriormente em sistemas irrigados, com produtividades semelhantes à primeira época. Essa semeadura ocorre sempre após a colheita da safra normal (quase sempre depois da soja precoce), visando o aproveitamento das chuvas remanescentes antes do período da seca, com predomínio na região Centro Oeste.

Verifica-se um decréscimo na área cultivada no período da primeira safra, em decorrência da concorrência com a soja, o que tem sido parcialmente compensado pelo aumento de área cultivada na segunda safra (GARCIA et al., 2008). No Brasil, o milho destaca-se pela grande quantidade produzida, sendo superado apenas pela soja (SOUZA; BRAGA, 2004).

2.2 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO TRIGO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um cereal da família das Poaceas (Gramíneas), originário da região dos rios Tigre e Eufrates, na Ásia, e é uma das primeiras espécies domesticadas pelo homem e tem sido fundamental na base alimentar da humanidade. Embora seja uma cultura melhor adaptada as latitudes 30º-60ºN e 27-40ºS, pode ser cultivado fora destes limites, inclusive próximo à área equatorial.

Esta planta tem ciclo anual e é cultivada durante o inverno e a primavera. O grão é consumido na forma de pão, massa alimentícia, bolo e biscoito. É usado também como ração animal, quando não atinge a qualidade exigida para consumo humano (CUNHA; CAIEIRÃO, 2014).

Considerado o "rei dos cereais", o trigo fornece cerca de 20% das calorias provenientes dos alimentos consumidos pelo homem. Seu grande trunfo é possuir um tipo de proteína com certa elasticidade, chamada glúten, não encontrada em outros grãos. O glúten representa um conjunto de proteínas insolúveis, responsável pelo crescimento da massa quando a farinha de trigo é misturada à água (SILVA et al., 1996).

O grão de trigo é excelente fonte de energia (carboidratos), proteínas e fibras. Além disso, nutricionalmente é importante fonte de ferro e vitaminas B1 e B2. O germe de trigo é um alimento ideal para ser usado nos casos de desnutrição e na recuperação do desgaste físico dos atletas, podendo ser usado diariamente na alimentação. É muito utilizado pela indústria farmacêutica, para extração de óleos e de vitaminas. O farelo de trigo pode ser usado também como um complemento mineral e vitamínico (SILVA et al., 1996).

O trigo ocupa o primeiro lugar em volume de produção mundial. No Brasil, o trigo é o cereal de inverno de maior importância, sendo cultivado principalmente nos estados da região Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul). Sua área de abrangência, entretanto, atinge também os estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Distrito Federal, São Paulo e Minas Gerais. Embora o cultivo irrigado seja importante nos estados da região Centro-oeste e

Sudeste, predomina o sistema de sequeiro em grande parte do país. Sua produção anual oscila entre 5 e 6 milhões de toneladas. O consumo anual no país tem se mantido em torno de 10 milhões de toneladas (CUNHA; CAIEIRÃO, 2014).

Na safra 2013/14, a área brasileira cultivada com trigo foi de 2.191.300 de hectares, com produção de 5.358.500 toneladas e com produtividade de 2.445 kg ha^{-1}. O Brasil teve um consumo de 10.977.200 toneladas de grãos, por isso teve que importar 5.618.700 toneladas, ou seja, aproximadamente 51,2% do total do consumo, tornando o Brasil dependente de países como Argentina, Canadá e EUA, pagando até 30% mais caro que o produto nacional. A região sul do Brasil (PR, SC, RS) é responsável por 90% da produção, o Rio Grande do Sul é o maior produtor brasileiro com 57,6% do total. O consumo de trigo no Brasil é de aproximadamente 60 kg $habitante^{-1}$ ano^{-1} (CONAB, 2013). O cereal vem sendo introduzido paulatinamente na região do cerrado, sob irrigação ou sequeiro.

A região do Cerrado do Brasil Central tem grande potencial para a expansão da cultura de trigo, por oferecer ótimas condições de clima e solo, posição estratégica de mercado e capacidade de industrialização, além de poder ser colhido na entressafra da produção dos estados do Sul e da Argentina e, com características superiores de qualidade industrial para panificação (alta força de glúten e estabilidade) (ALBRECHT et al., 2006). Porém, muitos solos cultivados com trigo na região dos cerrados e no estado de São Paulo são ácidos e de baixa fertilidade, e limitam a produtividade de grãos. Assim, o uso de cultivares de trigo tolerantes ao alumínio tóxico, e eficientes e responsivos ao aproveitamento de nutrientes assumem a importância na redução do custo de produção e no aumento da produtividade e qualidade de grãos deste cereal.

A seleção de cultivares com: alto potencial produtivo, elevada estabilidade de produção e alta capacidade de adaptação às condições para as quais será indicada, aliada às qualidades agronômicas superiores (estatura, ciclo, resistência a pragas e doenças, qualidades nutricionais e industriais, entre outras), é o principal objetivo da maioria dos programas de melhoramento genético vegetal (ALLARD, 1999).

Segundo Baggio (1999), trigos produzidos no país são conhecidos por apresentarem os melhores genes em nível mundial para a tolerância a acidez do solo, resistência à ferrugem e a outras doenças fúngicas. No entanto, a demanda crescente pelas culturas alimentícias, torna necessária a continuidade da pesquisa no aumento da produtividade, melhoria da qualidade do produto e redução nos custos de produção do trigo.

Na cultura do trigo irrigado, na região Centro-Oeste, a maior parte do custo de produção da lavoura é com a compra de adubo (14%), com destaque para os adubos nitrogenados, seguido da semente com 12,5% do custo de produção da cultura (CÁNOVAS; SILVA, 2000). Para o trigo irrigado, que apresenta maior potencial de produtividade de grãos, sugerem-se doses de N maiores. Contudo, alguns cultivares são suscetíveis ao acamamento de plantas, que pode provocar reduções na produção e qualidade dos grãos (SILVA et al., 1996). O acamamento afeta a estrutura morfológica essencial para o uso eficiente de carboidratos e sua translocação para o grão e, quanto mais cedo ocorre, maior será a redução na produtividade e na qualidade do grão (CRUZ et al., 2007).

De acordo com Mundstock (1999), a falta de incentivo à produção, a pequena área cultivada e os baixos tetos de produtividade são fatores que contribuem para o déficit anual na produção brasileira de trigo. Entretanto, a cultura do trigo no Brasil vem alcançando maior importância frente aos países produtores e exportadores, alicerçada nos ganhos de produtividade, na rentabilidade e na melhoria de sua qualidade industrial (CUNHA; CAIEIRÃO, 2014).

2.3 BIOMA CERRADO E O SISTEMA PLANTIO DIRETO

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, ocupando uma área de 2.036.448 km^2, cerca de 22% do território nacional. A sua área contínua incide sobre os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal, além dos encraves no Amapá, Roraima e Amazonas. Neste espaço territorial encontram-se as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), o que resulta em um elevado potencial aquífero e favorece a sua biodiversidade. Considerado como um hotspots mundiais de biodiversidade, o Cerrado apresenta extrema abundância de espécies endêmicas e sofre uma excepcional perda de habitat. Do ponto de vista da diversidade biológica, o Cerrado brasileiro é reconhecido como a savana mais rica do mundo, abrigando 11.627 espécies de plantas nativas já catalogadas (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE- MMA, 2014).

Nas últimas três décadas tem-se observado expressivo aumento das atividades agrícolas em áreas do cerrado, com intensa substituição da vegetação nativa por áreas cultivadas, especialmente para produção de alimentos, fibra e energia (FERREIRA et al.,

2007). A transformação desses ambientes naturais para sistemas agrícolas tem provocado a degradação do solo em consequência de sua exploração inadequada (FONSECA et al., 2007; LEITE et al. 2010). Neste sentido, a adoção de sistemas de manejo do solo considerados conservacionistas, como o plantio direto (PD), tem-se apresentado como alternativa viável para assegurar a sustentabilidade do uso agrícola do solo, principalmente nos Latossolos (SILVA; REINERT; REICHERT, 2000; BAYER et al., 2004), considerados ácidos, com baixa fertilidade natural e potencial de produção condicionado ao uso de corretivos e fertilizantes (AZEVEDO et al., 2007).

A área total cultivada em plantio direto no Brasil é de aproximadamente 18 milhões de hectares, sendo 28% (5 milhões de hectares) localizados no Cerrado (CARVALHO, 2010) e o milho constitui a principal cultura utilizada em rotação/sucessão com a soja nesse sistema (SILVA et al., 2005).

No entanto, os solos dessa região, principalmente os Latossolos, apresentam baixa capacidade de suprimento de N para o milho, em virtude dos seus relativos baixos teores de matéria orgânica. Além disso, a estiagem prolongada na entressafra dificulta o cultivo de adubos verdes como fonte de N, assim como reduz a sua produtividade de matéria seca, e a comum ocorrência de veranicos influencia a taxa mineralização do N orgânico do solo e dos resíduos vegetais (SOUSA; LOBATO, 2004). Por outro lado, a possibilidade de ocorrência de chuvas de alta intensidade pode favorecer perdas de N, principalmente na forma de nitrato, por lixiviação (LARA CABEZAS et al., 2000).

Isso ocorre porque há restrições à produção de biomassa e também uma decomposição acelerada dos resíduos vegetais. Assim, o sistema plantio direto no Cerrado é caracterizado pela baixa adoção de plantas de cobertura e rotação de culturas, consequentemente, pouca palhada na superfície do solo. Porém, mesmo com uma baixa manutenção de cobertura do solo, se houver rotação adequada de cultivos, a ciclagem de nutrientes irá favorecer a produtividade das culturas e a produção de biomassa dos agroecossistemas (CARVALHO, 2010).

Por isso, um dos objetivos das pesquisas sobre plantas usadas como cobertura em sistema plantio direto no Cerrado é buscar espécies vegetais que possuem decomposição mais lenta de seus resíduos vegetais. A razão entre carbono e nitrogênio é o parâmetro comumente utilizado para inferir sobre a decomponibilidade (capacidade de se decompor) do material vegetal. Entretanto, trabalhos mostram índices mais elevados de decomposição de resíduos

vegetais de gramíneas (por exemplo, *Brachiaria ruziziensis*) em relação às leguminosas (por exemplo, feijão guandu) que possuem menor razão entre carbono e nitrogênio. Esses estudos sugerem também que outras características – como teores de lignina, celulose e hemicelulose – podem estar relacionadas com o processo de decomposição dessas plantas. Altos teores de lignina inibem a decomposição dos resíduos vegetais, favorecendo o estabelecimento de cobertura do solo. Por outro lado, elevadas concentrações de hemicelulose e baixos teores de lignina resultam em decomposição mais acelerada, consequentemente, em ciclagem mais rápida de nutrientes favorecendo a absorção de nutrientes pela cultura que será cultivada na sequência do sistema de produção (CARVALHO, 2010).

O sistema plantio direto (SPD) é um sistema de cultivo relativamente recente no Brasil, surgindo no início dos anos 70 na região Sul do país, em trabalhos de pesquisa realizados no Rio Grande do Sul e Paraná. Seu princípio básico consiste na manutenção de resíduos vegetais em superfície e ausência de revolvimento do solo. É um sistema diferenciado de manejo do solo, visando diminuir o impacto da agricultura e das máquinas agrícolas sobre o mesmo.

A utilização do plantio direto no lugar dos métodos convencionais tem aumentado significativamente nos últimos anos. Nele a palha e os demais restos vegetais das culturas que foram cultivadas são mantidos na superfície do solo, garantindo cobertura e proteção do mesmo contra processos danosos, tais como a erosão. O solo só é manipulado no momento do plantio, quando é aberto um sulco onde são depositadas sementes e fertilizantes. Não existe, além do supracitado, nenhum método de preparo do solo. O mais importante controle que se dá nesse modo de cultivo é o das plantas daninhas, através do manejo integrado de pragas, doenças em geral e plantas infestantes, uma vez que o sistema propicia a diminuição do espaço físico e a competição entre a cultura implantada e a planta daninha pela presença da palhada. Também é muito importante para o sucesso do sistema que seja utilizado a rotação de culturas (KURIHARA et al., 1998).

O plantio direto traz diversos benefícios que irão diminuir os custos de produção e o impacto ambiental, tais como a maior retenção de água no solo, facilidade de infiltração da água no solo, motivando a redução da erosão e perda de nutrientes por arrasto para as partes mais baixas do terreno, evita assoreamento de rios, enriquece o solo por manter matéria orgânica na superfície do solo por mais tempo, menor compactação do solo, economia de

combustíveis e menor número de operações. Incluindo aí a aração e a gradagem, resultando em um menor uso dos tratores e um consequente menor desgaste (KURIHARA et al., 1998).

Os benefícios do plantio direto são maiores em locais mais quentes, tropicais ou subtropicais, diminuindo em locais com clima mais definido, seco e frio, onde os restos culturais demoram mais a se decompor. A atividade biológica dos microrganismos presentes no solo também varia em função da temperatura e umidade. (KURIHARA et al., 1998).

No SPD a presença desses resíduos na superfície promove maior proteção contra o impacto direto das gotas de chuva, favorece a infiltração, reduz perda de água por escoamento superficial e perda de solo e nutrientes por erosão (HERNANI; KURIHARA; SILVA, 1999).

De acordo com Costa (2000), o não revolvimento do solo, a decomposição de matéria orgânica vegetal na superfície e o cultivo diversificado de espécies por meio da rotação de culturas promovem alterações nas características do solo diferentemente daqueles que ocorrem em sistemas que promovem o revolvimento do solo. Esse não revolvimento do solo leva a decomposição mais lenta e gradual do material orgânico, tendo como consequência alterações físicas, químicas e biológicas do solo que irão repercutir na fertilidade e na produtividade das culturas (SÁ, 1999).

No SPD, há incremento no teor de matéria orgânica na camada superficial do solo, que propicia melhoria considerável na capacidade de retenção de nutrientes pelas partículas minerais e reduzem perda por lixiviação ou erosão. Além disso, pela ausência de revolvimento do solo, os adubos permanecem concentrados na camada superficial onde são depositados, favorecendo a absorção dos elementos pelas plantas.

Para Lara Cabezas et al. (2000), o não revolvimento do solo promove modificações na ciclagem dos nutrientes, e o N é o mais afetado, pois com a decomposição mais lenta dos resíduos vegetais deixados na superfície do solo, processos como a imobilização, mineralização, lixiviação, volatilização e desnitrificação são alterados. A decomposição de palhada de gramíneas com alta relação C/N pode induzir deficiência de nitrogênio nas plantas, em função da imobilização deste nutriente pelos microrganismos (LARA CABEZAS et al., 2004).

A imobilização do N aplicado ao solo pela biomassa no plantio direto pode ser significativa quando o fertilizante é aplicado sobre a superfície do solo, devido a maior presença de material orgânico nessa camada (AMADO; MELNICZUK; AITA, 2002). Isso

ocorre com maior intensidade numa seqüência de culturas com predominância de gramíneas (alta relação C/N), que podem, pelo menos nos primeiros anos do plantio direto, ocasionar a imobilização do N (LARA CABEZAS et al., 2004).

Segundo Floss (2000), as palhadas de gramíneas também são fornecedoras de nutrientes às culturas sucessoras a médio e longo prazo, especialmente na camada superficial. Entretanto, o problema da baixa disponibilidade de nitrogênio em sucessões de gramíneas parece ser agravado no SPD. Embora o plantio direto promova um aumento nos teores de N total do solo, frequentemente se observa uma menor absorção de N por cereais neste sistema, em comparação com o sistema convencional.

Diversas causas têm sido apontadas para explicar essa menor disponibilidade de N: maiores perdas por lixiviação e desnitrificação, menor mineralização dos resíduos da cultura anterior e do N orgânico do solo e uma maior imobilização microbiana do fertilizante nitrogenado aplicado em cobertura, além da possibilidade de interações entre alguns desses fatores. Dentre as causas prováveis para a menor disponibilidade de N no SPD, a imobilização microbiana do N tem sido considerada a mais importante (SILVA et al., 2005). A maior imobilização microbiana ocorre nas camadas superficiais do solo sob plantio direto, podendo ser suficientemente elevada para, isoladamente, afetar a absorção de nitrogênio pelas plantas. A maior lixiviação de N no plantio direto comparada ao plantio convencional é atribuída à maior infiltração de água no solo condicionada pela continuidade de poros e pela "rugosidade" da superfície do solo propiciada pela presença de palha (AMADO; MELNICZUK; AITA 2002).

A mineralização da matéria orgânica é um processo dinâmico caracterizado pela transformação do material orgânico em substâncias orgânicas (como os ácidos orgânicos e húmus) ou mineralizadas (como nitratos, fosfatos, sulfatos, formas amoniacais, gás carbônico, água, etc). Este processo ocorre mais intensamente nas regiões tropicais. A elevada taxa de decomposição dos resíduos vegetais nas regiões quentes e úmidas contribui para a imediata liberação dos nutrientes que foram absorvidos pelas plantas. Além disso, a rápida decomposição pode contribuir para diminuição dos patógenos (CALEGARI et al., 1998).

Os processos de mineralização/imobilização de N, exercidos pelos microrganismos quimiorganotróficos no solo sob plantio direto, levam a matéria orgânica do solo a funcionar como fonte ou dreno de N, o que na maioria das vezes, depende do tempo de adoção do plantio direto. Nos primeiros anos de adoção do sistema, prevalece o caráter dreno, devido ao

acúmulo de matéria orgânica do solo exceder a decomposição. Após alguns anos de adoção do sistema, ocorre estabilização das condições e o caráter fonte e dreno se equivalem, e com o passar dos anos, com aporte de N via decomposição de resíduos vegetais será maior que a quantidade de N imobilizado pelos microrganismos do solo (AMADO; MELNICZUK; AITA, 2002). Hipoteticamente, Sá (1999) demonstrou que, nos primeiros anos de adoção do sistema plantio direto, até pelo menos oito anos, a imobilização do nitrogênio é maior que a sua mineralização. A partir deste período, a mineralização passa a ser importante.

Deve-se considerar, ainda, a importância do fornecimento de nitrogênio quando se cultiva leguminosas como planta de cobertura, seja pela fixação biológica do ar atmosférico, seja pela incorporação de biomassa, proporcionando melhoria da fertilidade química do solo e economia de fertilizantes nitrogenados (CARVALHO, 2010).

De maneira geral, a maioria das culturas é de forma ou de outra, beneficiada pelo SPD. Os fatores que contribuem para o aumento na produtividade das culturas em SPD estão relacionados à melhoria física, química e biológica (CALEGARI et al., 1998). Porém, os estudos da influência dos resíduos culturais deixados na superfície do solo sobre a produtividade de culturas plantadas em sucessão são relativamente recentes. Embora grande quantidade de N possa existir na parte aérea das culturas de cobertura, a quantidade real de N que será aproveitada pela cultura em sucessão irá depender do sincronismo entre a decomposição da biomassa e a taxa de demanda da cultura (BRAZ et al., 2006).

Portanto, o sistema plantio direto, para atingir seu potencial de benefícios, deverá ser acompanhado de rotação de cultivos, incluindo espécies vegetais melhoradoras/condicionadoras do solo, e que, além de proporcionarem cobertura, promovam a ciclagem de nutrientes, consequentemente, incrementos dos estoques de carbono e nitrogênio, mitigação de gases de efeito estufa, melhoria das propriedades físico-hídricas, químicas e biológicas do solo em geral, controle de plantas invasoras, pragas e doenças (CARVALHO, 2010).

2.4 FONTES DE NITROGÊNIO E FATORES DE PERDA DE N

O N é o nutriente que apresenta grande dinâmica nos solos e o mais importante em termos de quantidade necessária para maximizar a produção de matéria seca das gramíneas (CHAGAS; BOTELHO, 2005).

Segundo Costa, Oliveira e Faquin (2006), as principais fontes de N são: ureia (45% de N), que apresenta menor relação custo por kg de N, mas maiores perdas de N por volatilização; sulfato de amônio (20% de N), maior custo por kg de N comparativamente à ureia, maior poder de acidificação do solo, menores perdas de N, além de ser fonte de enxofre (S); nitrato de amônio (33% de N), maior custo por kg de N comparativamente à ureia, higroscópico, menores perdas de N e nitrocálcio (20 a 25% de N), maior custo por kg de N comparativamente à ureia, muito higroscópico, menores perdas de N, e menor poder de acidificação do solo.

A tomada de decisão sobre o uso de uma dessas fontes de N deve levar em consideração dois aspectos agronômicos: perda por lixiviação do N na forma de nitrato ($N\text{-}NO_3^-$) e perda por volatilização da amônia (NH_3). Nesse sentido, a ureia é o fertilizante que mais perdas promove, provocando, dessa forma, menor eficiência de adubação nitrogenada (CANTARELLA et al., 2008).

A ureia é o principal fertilizante sólido no mercado mundial. No Brasil esse produto responde por cerca de 60% dos fertilizantes nitrogenados comercializados sendo que há uma clara preferência da indústria pela fabricação desta em comparação com outras fontes sólidas de nitrogênio devido ao menor custo e maior facilidade de produção (CANTARELLA; MARCELINO, 2006). Os mesmos, também relatam que do ponto de vista agrícola, a ureia apresenta algumas vantagens tais como menor preço por unidade de N, alta concentração de N que reduz o custo de transporte e da aplicação, alta solubilidade, menor efeito corrosivo e compatibilidade com um grande número de outros fertilizantes e defensivos, além de alta taxa de absorção foliar. Contudo dentre as desvantagens destacam-se a possibilidade de altas perdas de N por volatilização de NH_3.

O nitrato de amônio (33% de N), que contém metade do N na forma nítrica e metade amoniacal é a fonte de N mais usual em diversos países da Europa e a segunda no Brasil; porém, por ser matéria prima na fabricação de explosivos, há restrições quanto ao seu uso. Outro fertilizante nitrogenado importante no mercado é o sulfato de amônio (21% de N e 23% de S), mas o maior preço por unidade de N em relação à ureia ou o nitrato de amônio e a baixa disponibilidade de adubo na forma granulada reduzem o uso desta fonte (CANTARELLA, 2007).

De acordo com Sangoi et al. (2003a) e Da Ros, Aita e Giacomini (2005), a hidrólise da ureia eleva o pH ao redor dos grânulos deste fertilizante, nesta condição ocorre formação de

NH_3 a partir de NH_4^+, tornando o N susceptível às perdas por volatilização na forma desse gás. Como alternativa para diminuir as perdas de N oriundos da ureia por volatilização, pode-se citar a incorporação do fertilizante (LARA CABEZAS; SOUZA, 2008). A incorporação da ureia ao solo é alternativa para reter maior quantidade de amônio no solo e para minimizar as perdas de amônia por volatilização (LARA CABEZAS et al., 2000; SANGOI et al., 2003b). Entretanto com o advento do sistema plantio direto em grandes áreas no cerrado brasileiro associado a cultivos com espaçamento reduzido, que dificulta o uso de adubadores de linha, tem-se preferência por aplicar a ureia a lanço sem incorporação, predispondo o N às perdas. Nesta modalidade de adubação, em sistema plantio direto, a presença de resíduos vegetais exerce grande influência na volatilização uma vez que a palha exerce influência à atividade da urease, enzima responsável pela hidrólise da ureia, além de diminuir o contato do íon NH_4^+ com os coloides do solo (SANGOI et al., 2003a).

O processo de volatilização varia em função das condições climáticas (CANTARELLA et al., 2008), tipo de solo (SANGOI et al., 2003b), teor de matéria orgânica no solo (LANNA et al., 2010), CTC do solo (COSTA; VITTI; CANTARELLA, 2003) e a capacidade de tamponamento do pH (SANGOI et al., 2003b).

A imobilização de N pela biomassa do solo constitui um dreno importante de N, de caráter transitório (LARA CABEZAS; COUTO, 2007), causando a diminuição da disponibilidade de N na solução do solo, principalmente no SPD, onde cerca de 25-30% do N é imobilizado (YAMADA; ABDALLA, 2000).

A imobilização é influenciada por diversos fatores, tais como temperatura, umidade, presença de O_2, biomassa de solo e os conteúdos de C e N do material orgânico adicionado ao solo (LOPES et al., 2004). De acordo com Burgess, Mehuys e Madramootoo (2002), e Lopes et al. (2004), a imobilização ocorre quando a relação C:N excede valores de 20:1 a 25:1.

Além das perdas de N por lixiviação, volatilização, e outros processos, a acidificação do solo é outro problema. Os fertilizantes nitrogenados, devido ao processo de nitrificação, aumentam a acidez do solo. Todos os fertilizantes nitrogenados, sejam convencionais ou de liberação controlada, provocam a acidificação do solo, pois passam pelo processo de nitrificação liberando o íon H^+. O sulfato de amônio, após 60 dias, apresenta o maior grau de acidificação do solo, porque o N-amoniacal passa rapidamente para a forma N-nítrica, liberando quatro íons de H^+. Aumentando a dose de N no solo, o pH diminui proporcionalmente. A incorporação dos adubos nitrogenados no solo seria a alternativa para

diminuir as perdas e reter mais N-amônio. Porém, no sistema de plantio direto isto seria incompatível em função da premissa básica do sistema de não revolvimento do solo (GOMES, et al. 2008).

Segundo Cantarella e Marcelino (2006), a eficiência agronômica de fontes de adubos nitrogenados é semelhante quando estas são incorporadas ao solo, como mostram os resultados obtidos no Brasil, com diversas culturas.

Em muitos casos, estudos de campo também mostraram eficiência agronômica semelhante entre a ureia e outras fontes de N não sujeitas a perdas de volatilização de amônia (CANTARELLA; MARCELINO; 2008). A causa disso tem sido atribuída à ocorrência de chuvas logo após a aplicação do adubo e a outras condições climáticas que evitam a ocorrência de perdas.

De acordo com Cantarella e Marcelino (2006), a ureia, como fertilizante, tem apresentado eficiência menor do que outras fontes de N para grande número de culturas em diferentes solos e climas, em virtude de diversas causas, tais como lixiviação do $N\text{-}NO_3^-$, volatilização de NH_3 e seu efeito tóxico sobre as plantas no início do período vegetativo. Porém, em muitos ensaios, a ureia tem sido igual ou até superior a outros fertilizantes tradicionais.

Essas perdas podem ser mais expressivas quando o fertilizante é aplicado em solo coberto com resíduos vegetais (CANTARELLA; MARCELINO, 2006). Um fator agravante para as perdas por volatilização de $N\text{-}NH_3$ com a ureia é haver um crescente interesse nas práticas de plantio direto ou cultivo mínimo, uma vez que o não revolvimento do solo não permite a incorporação do fertilizante, e juntamente com a atuação da enzima urease vão culminar no aumento das perdas de N por volatilização.

A urease é uma enzima produzida por microorganismos de solo, que por meio de reações químicas quebra a molécula de ureia, transformando-a de volta em amônia, gás carbônico e água, causando perdas de N para a atmosfera (CANTARELLA et al., 2008).

A enzima urease, responsável pela hidrólise da ureia, é comum na natureza e está presente em microrganismos, plantas e animais. A urease presente nos solos é proveniente da síntese realizada por microrganismos e, provavelmente, também de origem em resíduos vegetais (CANTARELLA; MARCELINO, 2006). A atividade de urease é maior em plantas e resíduos vegetais do que em solo, portanto, solos contendo restos de cultura (plantio direto, áreas manejadas com resíduos de plantas na superfície dos solos) tendem a apresentar maior

atividade de uréase (CANTARELLA; MARCELINO, 2008). Segundo Okumura e Mariano (2012), a intensidade do efeito da matéria orgânica do solo na atividade da enzima urease depende da sua disponibilidade como fonte energética para os microrganismos e também da facilidade de decomposição microbiana da matéria orgânica.

Os solos que suportam densas comunidades vegetais tendem a apresentar altos níveis de atividade dessa enzima, que é modificada significativamente quando há uma alteração no tipo de vegetação. Foi verificado, também, que existe maior atividade da enzima urease no sistema plantio direto em comparação ao convencional, uma vez que o sistema plantio direto promove incrementos no teor de matéria orgânica do solo, devido a manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo, evidenciando uma correlação positiva entre atividade de urease com o teor de matéria orgânica do solo (LANNA et al., 2010).

A atividade da urease em solos expostos a umidade ambiente pode ou não alterar a hidrólise da ureia tanto de forma positiva como negativa, sendo que este efeito varia com o tipo de solo estudado (LONGO; MELO, 2005; OKUMURA; MARIANO, 2012).

Em estudos desenvolvidos por Longo e Melo (2005), os autores observaram que o efeito da temperatura de incubação na velocidade de hidrólise da ureia aumentou significativamente dos 5 aos 50°C.

A hidrólise da ureia aumenta com a elevação da temperatura até 40 °C, mas, a hidrólise e as perdas por volatilização de NH_3 decrescem rapidamente com o abaixamento da temperatura. Portanto, as perdas de N por volatilização de NH_3 são afetadas por fatores climáticos e ambientais e são favorecidas nas condições do verão brasileiro, nas quais predominam altas temperaturas e umidade (CANTARELLA; MARCELINO, 2006).

De acordo com Longo e Melo (2005), existem vários estudos sobre os efeitos de diferentes valores de pH sobre a atividade da enzima urease, no entanto os resultados são muito divergentes. Esses mesmos autores relataram em seu estudo que a velocidade de hidrólise da ureia aumentou significativamente no intervalo de pH 2,2 até o pH 8,0.

Segundo Lara Cabezas e Yamada (1999) solos com alto teor de matéria orgânica apresentam maior atividade da enzima urease e, consequentemente, maiores taxas de perdas. A taxa e a velocidade das perdas vão depender das características do solo e de seu manejo em interação aos fatores climáticos atuantes.

A magnitude das perdas de amônia por volatilização em função da presença dos resíduos culturais é difícil de prever. Se, por um lado, podem aumentar a concentração e a

atividade da urease, o que aumentaria a volatilização de amônia, por outro lado, os resíduos culturais, na superfície do solo diminuem a temperatura e a perda de umidade por evaporação, além de aumentar a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo (FALLEIRO et al., 2003; SOUZA; ALVES, 2003), o que poderia diminuir a volatilização de amônia.

2.5 INIBIDOR DA UREASE NBPT (N-(N-BUTIL) TIOFOSFÓRICO TRIAMIDA)

Várias modificações têm sido feitas em fertilizantes contendo ureia a fim de reduzir as perdas por volatilização e aumentar a eficiência de uso da ureia. Essas incluem a adição de produtos acidificantes, a produção de adutos de ureia e a produção de fertilizantes com solubilidade controlada por meio de resinas ou polímeros ou mesmo com a cobertura de enxofre elementar (CANTARELLA; MARCELINO, 2006). Existem vários produtos comerciais com solubilidade controlada, comercializados no mundo, mas, devido ao elevado preço, são utilizados em nichos de mercado de culturas de alto valor agregado e não competem com os adubos convencionais.

Segundo Cantarella e Marcelino (2006), com o objetivo de retardar a hidrólise da ureia, compostos com potencial de atuar como inibidores da urease têm sido avaliados, retardando as reações que levam a volatilização de $N\text{-}NH_3$, até que a ureia possa ser incorporada ao solo pela chuva. O inibidor ocupa o local de atuação da urease, inativando a enzima, retardando o início e reduzindo o grau de velocidade de volatilização de $N\text{-}NH_3$ por aproximadamente 14 dias. O atraso na hidrólise reduz a concentração de $N\text{-}NH_3$ presente na superfície do solo, diminuindo o potencial de volatilização de $N\text{-}NH_3$ e permitindo o deslocamento da ureia para horizontes mais profundos do solo (CANTARELLA et al., 2008).

Ao prevenir a rápida hidrólise, os inibidores aumentam as chances de que chuvas, irrigação ou operações mecânicas incorporem a ureia ao solo. Além disso, há uma redução no pico de alcalinização, permitindo maior tempo para o deslocamento do $N\text{-}NH_3$ a horizontes mais profundos do solo e a redução das perdas gasosas (CANTARELLA; MARCELINO, 2008).

Os produtos mais efetivos têm sido os análogos de ureia, tais como os fosforodiamidatos e fosforotriamidatos, pois têm mostrado forte ação inibidora em concentrações muito baixas; entre os produtos dessa família, os que apresentaram melhores resultados foram o PPD (fenil-fosforodiamidato) e, principalmente, o NBPT (WATSON et al., 2000).

O NBPT não é um inibidor direto da urease. Ele tem que ser convertido ao seu análogo de oxigênio (fosfato de N-n-butiltriamida) – NBPTO – que é o verdadeiro inibidor. A conversão do NBPT em NBPTO é rápida em solos bem arejados (minutos ou horas), mas pode levar vários dias em condições de solos inundados (WATSON, 2000).

Resultados obtidos em condições controladas de laboratório indicam redução da atividade da urease com o aumento da concentração do NBPT aplicado com ureia (CANTARELLA, 2007; CANTARELLA et al., 2008).

No Canadá, foi realizado estudo com adição de diferentes concentrações de NBPT (0; 500; 1000 e 1500 mg NBPT kg^{-1} de ureia) em ureia aplicada superficialmente (100 kg ha^{-1}) para avaliar as possíveis diminuições na taxa de volatilização de NH_3. As avaliações foram feitas por meio de câmaras de volatilização nos 12 primeiros dias após a aplicação de ureia e as perdas de NH_3 variaram entre 28 e 88% em função dos tratamentos. Constatou-se que a ureia tratada com NBPT (500 mg kg^{-1}) foi eficiente para diminuir a volatilização de NH_3, podendo contribuir para reduzir a necessidade de outra aplicação de N (RAWLUK; GRANT; RACZ, 2001).

Há dúvidas quanto à estabilidade do NBPT após sua aplicação à ureia, pois, o inibidor tende a perder eficiência com o tempo de armazenamento. A adição de materiais orgânicos à ureia para a produção de fertilizantes organo-minerais tratados com o inibidor diminuiu o tempo de prateleira do NBPT (GIOACCHINI et al., 2000). Esses autores mostraram que o efeito inibidor do NBPT aplicado à ureia e à ureia misturada com turfa, tendem a decrescer com o aumento do tempo e da temperatura de armazenamento, sendo que, em todas as situações, a presença do fertilizante organomineral tornou o NBPT menos eficiente.

Depois de aplicado ao solo, o NBPT tende a ser menos eficiente em altas temperaturas, onde há maior atividade de urease, maior dissolução dos grânulos e maior evaporação da solução do solo, que provoca a movimentação da ureia e da NH_3 em direção à superfície (RAWLUK; GRANT; RACZ, 2001). Nessas condições, maiores concentrações de NBPT são requeridas para alcançar os mesmos índices de inibição que seriam alcançados a temperaturas menores (CANTARELLA et al., 2008). A ureia se hidrolisa rapidamente, tornando-se suscetível às maiores perdas por volatilização de NH_3 logo na primeira semana após sua aplicação; dessa forma, é exatamente nesse período que a atuação de NBPT é mais evidente, retardando a hidrólise e consequentemente mantendo baixa a taxa de volatilização (RAWLUK; GRANT; RACZ, 2001). Segundo Cantarella e Marcelino (2008) o NBPT é mais

eficiente em solos com alto valor de pH e baixo teor de matéria orgânica, uma vez que estes estão sujeitos às maiores perdas por volatilização de NH_3. Watson et al. (2000) observaram que neste tipo de solo, a redução da NH_3 volatilizada em função do tratamento da ureia com NBPT foi maior que em solos mais ácidos.

Edmeades (2004), estudando a aplicação em cobertura de NBPT em pastagem, verificou efeitos benéficos sobre a redução da lixiviação e volatilização em 53 e 69%, respectivamente, além de incremento em produtividade em função do aumento da resposta do N pela pastagem em 69%.

Scivittaro et al. (2010), com estudo a campo, cultivando arroz irrigado, verificaram que a aplicação de ureia tratada com NBPT no período de 10 dias antes da entrada de água, proporcionou o maior acúmulo de N na parte aérea da planta, sendo de 153,7 kg ha^{-1} em relação a 132,0 kg ha^{-1} pela ureia. Essa maior concentração refletiu na produtividade da cultura, sendo que o tratamento submetido com a ureia tratada com NBPT produziu 700 kg ha^{-1} a mais de grãos que a ureia.

Gioacchini et al. (2002), na cultura do trigo, observaram que o NBPT foi capaz de reduzir significativamente as perdas por volatilização tanto no solo argiloso como no arenoso em 89 e 47%, respectivamente. Entretanto, o inibidor não foi capaz de aumentar o teor de N na planta e no grão.

Em estudo com cana-de-açúcar colhida sem despalha, Barth et al. (2006), observaram perdas de NH_3 de cerca de 24% do N aplicado com ureia e de 10% do N aplicado com ureia tratada com NBPT, uma redução das perdas de mais de 50% com o uso do inibidor. Resultado semelhante foi relatado por Cantarella et al. (2008), que verificaram uma volatilização de 25% com o uso de ureia e de 15% com o inibidor. Esses resultados indicam que a adição de NBPT é capaz de reduzir as perdas de N, proporcionando incrementos na produção da cultura.

Deve se considerar também a possibilidade de fitotoxicidade associada ao uso de NBPT (WATSON, 2000), pois esta é causada pela absorção de ureia por plantas, o que provoca queima na ponta das folhas. Não sabendo se esta é uma consequência direta da toxicidade da ureia ou um efeito indireto, no entanto, é transitória e ocorre em situações em que altas doses de ureia e inibidores são utilizadas.

Segundo Okumura e Mariano (2012), os estudos desenvolvidos no Brasil e em outros países mostram que o NBPT não é capaz de controlar completamente as perdas de NH_3, no entanto, o inibidor minimiza as perdas resultantes da aplicação em cobertura de ureia, onde o

potencial de ganho econômico usando a ureia tratada com NBPT é maior quando o risco da perda de amônia é alto e a cultura responde ao N conservado no solo pelo inibidor.

2.6 ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO

O milho, assim como praticamente as demais espécies de plantas gramíneas, requer o uso de adubação nitrogenada para compensar a remoção desse nutriente e para complementar a quantidade suprida pelo solo. Inúmeros experimentos conduzidos no país, nas mais diversas condições de solo, clima e sistemas de cultivo apresenta resposta positiva à adubação nitrogenada em milho. As recomendações atuais para a adubação nitrogenada em cobertura são realizadas com base em curvas de resposta, histórico da área e produtividade esperada. A recomendação da adubação nitrogenada em cobertura para a cultura do milho de sequeiro, de modo geral, varia de 40 a 80 kg de N ha^{-1} (COELHO et al., 2010), embora seja possível obter respostas positivas em produtividade com doses superiores a 100 kg ha^{-1}.

Do ponto de vista econômico e ambiental, a dose de N a aplicar é a mais importante decisão no manejo do fertilizante. A crescente adoção do sistema de plantio direto no Brasil e a necessidade de se utilizar culturas de cobertura e rotação de culturas visando à sustentabilidade desse sistema são aspectos que devem ser considerados na otimização da adubação nitrogenada. Assim, o diagnóstico da necessidade de N pelo milho visando atingir o máximo rendimento biológico e econômico contribui para maximizar a eficiência e o retorno do investimento e para reduzir os impactos ambientais provenientes de aplicações excessivas por contaminação do solo, da água e do ar e deficientes do elemento e degradação do solo por diminuição das reservas naturais de N, principalmente N orgânico (COELHO, 2007).

As quantidades de adubo nitrogenado a serem aplicadas são muito variáveis, dependendo das condições edafoclimáticas, híbrido e produtividade esperada. Como a produtividade de grãos de milho pode aumentar até 150-200 kg ha^{-1} de N (ARAÚJO; FERREIRA; CRUZ, 2004), as quantidades recomendadas variam conforme o manejo da cultura (LARA CABEZAS et al., 2004), isto é, levando em conta os outros fatores de produção como cultivar (JAKELAITIS; SILVA; FERREIRA, 2005), época de semeadura (MAR et al., 2003), cultura anterior (ROSOLEM; PACE; CRUSCIOL, 2004) e produtividade esperada (RAIJ et al., 1997).

A absorção de N pelas plantas de milho ocorre em todo seu ciclo vegetativo, sendo pequena no primeiro mês, aumenta consideravelmente a partir daí, atingindo taxa superior a

4,5 kg ha^{-1} de N por dia, durante todo o florescimento. Entre 25 e 45 dias, a planta de milho chega a acumular 43% do N que necessita e, entre as fases de desenvolvimento pleno, ainda vai absorver 31% de sua necessidade total (MAR et al., 2003).

As recomendações da adubação nitrogenada em cobertura variam em função do cultivo, onde no cultivo de sequeiro para se obter altas produtividades, de 50 a 90 kg ha^{-1} de N e, para cultivo irrigado, de 120 a 150 kg ha^{-1} (SOUZA et al., 2001). Silva et al. (2012) verificaram aumento na produtividade de grãos até 10.759 kg ha^{-1} com a dose de 110 kg ha^{-1} de N, independentemente da aplicação da ureia convencional ou revestida por polímeros no estádio V3 (com três folhas verdadeiras). Por sua vez, Queiroz et al. (2011), trabalhando com doses de N na forma de ureia convencional e revestida por polímero, constataram aumento linear da produtividade de grãos (máxima igual a 7914 kg ha^{-1}) até a aplicação de 160 kg ha^{-1} de N, no estádio V5 (com cinco folhas verdadeiras). Civardi et al. (2011) concluíram que a aplicação de N no estádio V5, na dose de 120 kg ha^{-1}, com ureia convencional, propiciou maior produtividade de grãos de milho e maior lucratividade, quando comparada a outras fontes nitrogenadas, como a ureia revestida com polímeros.

Em sistema de plantio direto têm-se obtido a produção máxima calculada com a aplicação de 96 kg ha^{-1} de N (CAMPOS, 2004), 140 kg ha^{-1} de N (LANGE et al., 2006) e 166 kg ha^{-1} de N (SILVA et al., 2005). No entanto, alguns autores (ARAÚJO; FERREIRA; CRUZ, 2004; JAKELAITIS; SILVA; FERREIRA, 2005) obtiveram incrementos lineares até dose de 240 kg ha^{-1} de N. Já alguns trabalhos realizados na região de Ilha Solteira obtiveram resposta em produtividade de grãos de milho com a aplicação em cobertura de até 88 kg ha^{-1} de N (MAESTRELO et al., 2014) e incrementos lineares até a dose de 160 kg ha^{-1} de N (GARCIA, 2014). Vale ressaltar que tamanha diferença de magnitude da resposta à adubação nitrogenada se deve em função principalmente da diferença climática compreendida entre os ensaios, a cultura antecessora e o manejo cultural em cada localidade.

Quanto ao parcelamento e época de aplicação, existe o conceito generalizado de que se aumentando o número de parcelamento da adubação nitrogenada aumenta-se a eficiência do uso do nitrogênio e reduzem-se as perdas, principalmente por lixiviação. Para as condições do Brasil, de acordo com as informações disponíveis, Cruz et al. (2008a) mencionam que, em geral, deve-se usar maior número de parcelamento sob as condições de altas doses de N, em solos arenosos e em áreas sujeitas a chuvas de alta intensidade. Uma única aplicação deve ser feita sob as seguintes condições: doses baixas ou médias de nitrogênio; solos de textura média

e/ou argilosa e plantio intensivo, sem o uso de irrigação, em que a distribuição do fertilizante é feita mecanicamente.

A alternativa de aplicar todo o N a lanço ou em sulcos, na pré-semeadura do milho, tem despertado grande interesse, porque apresenta algumas vantagens operacionais, como maior flexibilidade no período de execução da adubação, racionalização do uso de máquinas e mão-de-obra. Entretanto, segundo Coelho et al. (2010), devido à extrema complexidade da dinâmica do N no solo, a qual é fortemente influenciada pelas variáveis ambientais, os resultados de experimentos de campo não são consistentes o bastante para que se possa generalizar a recomendação dessa prática. Por outro lado, de acordo com estes autores, a aplicação de N em cobertura quase sempre assegura incrementos significativos na produtividade de milho, independentemente da precipitação pluvial ser normal ou excessiva, principalmente no período inicial de desenvolvimento da cultura. Isso enfatiza a regra de que as recomendações de adubação nitrogenada devem ser cada vez mais específicas e não generalizadas.

No Brasil, historicamente, a aplicação de N por ocasião da semeadura do milho tem se restringido a pequenas doses, geralmente variando de 10 a 30 kg ha^{-1}. As razões para isso incluem evitar o excesso de sais no sulco de semeadura, perdas por lixiviação e a baixa demanda inicial pelo milho. Apesar das exigências nutricionais serem menores nos estádios iniciais de crescimento, pesquisas indicam que altas concentrações de N na zona radicular são benéficas para promover o rápido crescimento inicial da planta e o aumento na produtividade de grãos. Por outro lado, no sistema plantio direto o milho, na maioria dos sistemas de produção, é cultivado em sucessão a gramíneas. Isto pode significar comprometimento da quantidade inicial de N disponível devido à imobilização de N mineral pela biomassa microbiana, reduzindo temporariamente sua disponibilidade no solo. Nessa condição, tem havido maior preocupação em elevar a disponibilidade de N na fase inicial de crescimento do milho, aumentando-se a dose desse nutriente aplicada por ocasião da semeadura (COELHO, 2007).

Recomenda-se aplicar 35 a 50 kg ha^{-1} de N na semeadura do milho, ao passo que em cobertura sugere-se aplicar em dose total ou parcelada o restante da quantidade do nutriente calculada a partir da análise de solo e a expectativa de produtividade. Essa aplicação deverá ocorrer entre os estádios de quatro folhas completamente expandidas (V4) e de oito folhas completamente expandidas (V8). No entanto, a textura do solo (< 35% de argila), a

disponibilidade hídrica e a dose de N (> 150 kg ha^{-1}) são indicadores de que se deve realizar o parcelamento da adubação nitrogenada (FANCELLI, 2010). Algumas recomendações de adubação nitrogenada também se baseiam no teor de matéria orgânica do solo, devido ao teor de N no solo ter alta relação com a matéria orgânica, apresentar alta estabilidade nos valores e facilidade na sua determinação.

No estádio V4 da cultura do milho é onde ocorre a definição do número de óvulos e ovários que vão conter na espiga (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003) evento este que necessita de pelo menos 25 kg ha^{-1} de N. Além disso, entre V4 e V12 (doze folhas expandidas) ocorre a definição do número de fileiras e do tamanho da espiga, que são componentes de produção de grãos do milho (VITTI; BARROS JUNIOR, 2001). Diante disso, é indispensável que o N seja disponibilizado para estes estágios, sendo que é entre os 40 e 60 dias após a emergência que acontece a absorção mais intensa do nutriente (CRUZ et al., 2008a) equivalendo a mais de 50% do total requerido pela planta de milho (SOUSA; LOBATO, 2004).

O milho destinado à produção de forragem tem recomendações especiais porque todo material é cortado e removido do campo antes que a cultura complete o seu ciclo. Com isso, a remoção de nutrientes é muito maior quando comparada com a cultura destinada à produção de grãos. Essas informações têm implicações na recomendação de adubação, tanto para o milho como para as outras culturas semeadas em rotação ou em sucessão a este cereal. Assim, ao se planejar a adubação para cultura do milho é importante considerar, além dos resultados das análises de solo, a extração dos nutrientes pela cultura, a finalidade de exploração (grãos ou forragem) e a estimativa do potencial de produtividade a ser alcançado (COELHO, 2007). Diversos trabalhos relatados na literatura indicam a influência positiva da adubação nitrogenada na produtividade de grãos e componentes produtivos na cultura do milho (LANA et al., 2009; KAPPES; ARF; ANDRADE, 2013a, KANEKO, 2013).

2.7 ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO TRIGO

A produção final da cultura é definida em função da cultivar utilizada, da quantidade de insumos e das técnicas de manejo empregadas. A crescente utilização de cultivares de trigo de alto potencial produtivo tem implicado no uso mais freqüente de insumos, entre os quais a adubação nitrogenada mostra-se importante na definição da produtividade (ZAGONEL, 2002). Portanto, há necessidade de se estudar cultivares de trigo verificando se são

responsivos à absorção e utilização dos nutrientes existentes e aplicados ao solo e o desempenho dos mesmos em diferentes ambientes e práticas culturais (TEIXEIRA FILHO et al., 2007).

A produtividade de uma cultura é uma função direta da quantidade de nutrientes acumulados pela planta. Doses maiores de N devem ser aplicadas quando se pretende obter altas produtividades, em cultivares resistentes ou moderadamente resistentes ao acamamento e com alto potencial de produtividade (CAMPOS et al., 2004). Em média, são utilizados de 30 a 60 kg ha^{-1} de N, sendo as menores doses recomendadas para as cultivares de porte alto e/ou para solos de alta fertilidade.

As culturas do trigo, milho e arroz consomem aproximadamente 60% do total de fertilizantes nitrogenados utilizados no mundo (LADHA et al., 2005). Contudo, o manejo adequado da adubação nitrogenada é um dos mais difíceis, e a única alternativa para se fazer a recomendação desta adubação é pela determinação da curva de resposta em relação a várias doses deste nutriente (SANTOS; SILVA, 2002). Deste modo, para se alcançar altas produtividades nos cultivos de cereais, como o trigo, são necessárias grandes quantidades de fertilizantes, especialmente os nitrogenados.

O N constitui o nutriente mais limitante na produtividade do trigo, pois determina o número de afilhos ou perfilhos, e é essencial na fase de formação dos nós, no início do alongamento. As plantas conseguem utilizar apenas 50% do fertilizante nitrogenado, aplicado como adubo, e, metade é perdida via lixiviação e desnitrificação (DOBBELAERE et al., 2002).

Conforme Zagonel et al. (2002), a utilização de elevadas doses de N é fator positivo para o aumento da produtividade do trigo, porém, pode resultar no acamamento da cultura, o que interfere negativamente na produção e na qualidade dos grãos. O fornecimento de N para as plantas de trigo é de grande importância nos períodos em que o potencial de rendimento está sendo estabelecido. Os componentes de produção como o número de espigas por área e o número de espiguetas por espigas, sofrem forte influência pela variação do momento em que o N é fornecido. No período compreendido entre a fase inicial até o início da diferenciação do primórdio floral, a falta de N reduz a formação de espiguetas (BRAZ et al., 2006).

Diversos autores, estudando cultivares de trigo, observaram resposta positiva a doses de N (SANDHU et al., 2002; TRINDADE, 2006). Teixeira Filho et al. (2007), estudando a resposta de 4 cultivares de trigo irrigados por aspersão na região do cerrado a diferentes doses

de N (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha^{-1}), aplicados na forma de ureia em cobertura, verificaram que as doses de N influenciaram significativamente e de forma quadrática a produtividade de grãos, a massa de 100 grãos, o teor de N foliar, o número de espigas por metro, o comprimento de espigas e o número de espiguetas por espiga.

Resultado semelhante encontrado por Megda et al. (2009), que estudando respostas de cultivares de trigo em relação às fontes e épocas de aplicação sob plantio direto e irrigação por aspersão, verificaram incremento na produtividade de grãos com relação à testemunha quando as doses foram aplicadas em cobertura.

Já Scalco (2002), estudando a produtividade e qualidade industrial do trigo sob diferentes níveis de irrigação e adubação, verificou que variações na produtividade e massa hectolítrica do trigo podem ocorrer em função da lâmina de aplicação de água em diferentes doses de nitrogênio e cultivares.

Por outro lado, Pettinelli Neto et al. (2002), estudando cinco doses de nitrogênio e seis cultivares de trigo, constataram que não houve efeito das doses de N sobre as variáveis estudadas (acamamento, número de espigas por m^2, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos).

Os cultivares de trigo diferem substancialmente na sua capacidade de emissão de perfilhos, no seu ciclo, na arquitetura de planta e no potencial produtivo. Estas diferenças podem interferir na capacidade de absorção, assimilação e conversão do N à produção de grãos. Além disso, a cada ano são lançados novos cultivares que, por apresentarem base genética diferenciada, podem apresentar resposta distinta à época de aplicação e à dose de nitrogênio. Para Amado, Melnikzuk e Aita (2002) e Figueiredo et al. (2005), a dinâmica do N no sistema solo-planta, com a consequente eficiência da utilização de N pela planta, é influenciada principalmente pelo sistema de cultivo, tipo de fertilizante, formas de manejo e condições edafoclimáticas.

Em razão da extensa área ocupada pelos cereais, aproximadamente cinco vezes a das leguminosas, a fixação biológica (FBN) associada a essas culturas torna-se de extrema importância, mesmo que apenas parte da demanda de N possa ser suprida pela FBN.

2.8 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO E *Azospirillum brasilense*

As projeções são de que, nos próximos anos, haverá um incremento substancial no uso de fertilizantes no Brasil para atender à intensificação da agricultura e à recuperação de áreas

degradadas. O mercado brasileiro de fertilizantes, porém, é frágil e com grande dependência das importações. É fundamental, portanto, encontrar alternativas para o uso mais eficiente dos fertilizantes e, nesse contexto, alguns microrganismos, como as bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, as bactérias promotoras do crescimento de plantas, os fungos micorrízicos, entre outros, podem desempenhar um papel relevante e estratégico para garantir altas produtividades a baixo custo e com menor dependência de importação de insumos (HUNGRIA, 2011).

Atualmente, o manejo da adubação nitrogenada é realizado com o intuito de garantir boa produtividade e em função da dinâmica do N no solo são adicionadas grandes quantidades deste nutriente. Tendo em vista a crescente demanda por fertilizantes nitrogenados e a preocupação com as possíveis perdas e contaminação do ambiente (FERNANDES; LIBARDI, 2007), torna-se necessária aplicação de N na forma parcelada em cobertura (YAMADA; ABDALA, 2000) como também, buscar alternativas de suprimento de N via fixação biológica.

As bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) correspondem a um grupo de microrganismos benéficos às plantas devido à capacidade de colonizar a superfície das raízes, rizosfera, filosfera e tecidos internos das plantas (DAVISON, 1988; KLOEPPER; LIFSHITZ; ZABLOTOWICZ, 1989).

As BPCP podem estimular o crescimento das plantas por diversas maneiras, sendo as mais relevantes: capacidade de fixação biológica de nitrogênio (HUERGO et al., 2008); aumento na atividade da redutase do nitrato quando crescem endofiticamente nas plantas (CASSÁN et al., 2008); produção de hormônios como auxinas, citocininas, giberilinas, etileno e uma variedade de outras moléculas (PERRIG et al., 2007); solubilização de fosfato (RODRIGUEZ et al., 2004); e por atuarem como agente de controle biológico de patógenos (CORREA et al., 2008). Em geral, acredita-se que as BPCP beneficiam o crescimento das plantas por uma combinação de todos esses mecanismos (DOBBELAERE; VANDERLEYDEN; OKON, 2003).

O gênero *Azospirillum* abrange um grupo de BPCP de vida livre que é encontrado em quase todos os lugares da terra; há relatos, também, de que as bactérias desse gênero podem ser endofíticas facultativas (HUERGO et al., 2008). A espécie *Spirillum lipoferum* foi inicialmente descrita por Beijerinck e, em 1978, foi proposta a sua reclassificação como

Azospirillum, juntamente com a descrição de duas espécies, *Azospirillum lipoferum* e *Azospirillum brasilense* (HUNGRIA, 2011); hoje estão descritas 14 espécies no gênero.

O processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) em gramíneas ocorre por meio de bactérias diazotróficas. Especificamente para o milho, a *Azospirillum brasilense* é uma das bactérias que vem proporcionando resultados positivos. Esta bactéria é caracterizada pelo formato de bastonetes, as quais comumente são uniflageladas, Gram-negativas, com movimento vibratório característico e padrão flagelar misto (HALL; KRIEG, 1984).

A FBN é um processo que depende de vários fatores. Para que a bactéria estabeleça uma interação positiva com a planta é indispensável a utilização de estipes de *Azospirillum brasilense* selecionadas (HUNGRIA, 2011) capazes de competir com os microorganismos já presentes no solo. Outro fator a ser levado em consideração é a escolha do genótipo a ser inoculado, pois a relação benéfica de simbiose entre o híbrido e a bactéria é determinada pela qualidade dos exsudatos liberados pelas raízes da planta (NEHL; ALLEM; BROWN, 1996). Esse fenômeno é conhecido por quimiotaxia, onde cada genótipo libera uma quantidade de exsudato diferente, com composição química distinta, que pode ou não ser atrativo e servir de fonte de carbono (malato, piruvato, succinato e frutose) para as bactérias inoculadas (QUADROS, 2009).

Essas bactérias podem atuar no crescimento da planta através da produção de substâncias promotoras de desenvolvimento (auxinas, giberelinas e citocininas) as quais proporcionam melhor crescimento radicular (OKON; VANDERLEYDEN, 1997) e por consequência maior absorção de água e nutrientes (CORREA et al., 2008) resultando em uma planta mais vigorosa e produtiva (BASHAN; HOLGUIN; DE-BASHAN, 2004; HUNGRIA, 2011).

A inoculação com *A. brasilense* pode proporcionar incremento de massa seca, de acúmulo de N nas plantas e produtividade de grãos, principalmente se a associação for entre bactéria e genótipos não melhorados e em condições de baixa disponibilidade de N (OKON; VANDERLEYDEN, 1997). Além destes fatores, o estado nutricional da planta, qualidade dos exsudatos, a existência de microorganismos competidores e a escolha da estirpe também são fatores que podem influenciar na interação entre a planta de milho e a bactéria e afetar a eficiência da fixação biológica de nitrogênio (FBN) (QUADROS, 2009).

Vários estudos têm sido realizados buscando identificar microrganismos que tenham simbiose com gramíneas, como acontece na cultura da soja com a bactéria *Bradyrhizobium*

japonicum. Entretanto, a bactéria em estudo é *Azospirillum brasilense,* a qual tem grande potencial de resposta em associação com a cultura do milho. O interesse na utilização dessa bactéria promotora de desenvolvimento capaz de contribuir para a nutrição de plantas tem aumentado e tende a aumentar nos próximos anos, devido ao alto valor financeiro investido anualmente com fertilizantes e em relação ao que se chama de Agricultura Sustentável (HUNGRIA et al., 2010).

Devido à possível incompatibilidade da *A. brasilense* com os produtos químicos utilizados do tratamento de sementes há necessidade de estudo de métodos alternativos de inoculação. Assim, um método que vem sendo estudado é a inoculação no sulco de semeadura. Conforme Basi et al. (2011), a inoculação com *A. brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6) nas sementes ou no sulco de semeadura incrementou a produtividade da cultura do milho independentemente da dose de N aplicada em cobertura.

Quanto à sobrevivência deste microrganismo, sabe-se que a *A. brasilense* tem baixa capacidade de sobreviver por períodos prolongados de tempo na maioria dos solos. As condições físico-químicas do solo e a ausência da planta hospedeira podem afetar diretamente a população da bactéria (BASHAN; HOLGUIN; DE-BASHAN, 2004). Entretanto, em situações desfavoráveis essas bactérias desenvolvem mecanismos de proteção como formação de cistos, produção de poli-β-hidroxibutirato e de melanina, favorecendo sua sobrevivência (HUNGRIA et al., 2010).

Em trabalho desenvolvido por Hungria (2011), foi verificado que a inoculação das sementes com *A. brasilense* juntamente com a aplicação de 24 kg ha^{-1} de N na semeadura e 30 kg ha^{-1} de N em cobertura, no florescimento da cultura do milho proporcionou o rendimento médio de grãos de 7000 kg ha^{-1} de milho o que poderia viabilizar a segunda safra anual em algumas regiões. Vale ressaltar que tal resultado expressivo se deve em função da rotação entre leguminosas, no caso a cultura da soja com gramíneas, justificando a produtividade obtida em função da dose de N baixa aplicada em cobertura. Barros Neto (2008) observou que a inoculação das sementes com *A. brasilense* aumentou em 9% (793 kg ha^{-1}) a produtividade do milho. Já Cavallet et al. (2000) verificaram que o uso de inoculante no milho além de aumentar em 17% o comprimento médio das espigas também proporcionou incremento significativo na produtividade da cultura. Da mesma forma, Sandini e Novakowiski (2011) constataram que a inoculação de *A. brasilense* sem aplicação de N de base aumentou em 2048 kg ha^{-1} (14,98%) a produtividade do milho. Além do incremento na produtividade do milho,

há relatos na literatura sobre a economia de fertilizantes nitrogenados quando a cultura é submetida à inoculação com *A. brasilense* (SANDINI; NOVAKOWISKI, 2011; CHENG et al., 2011). Segundo Fancelli (2010), o Brasil tem potencial para gerar economia de 30 a 50 kg ha^{-1} de fertilizantes minerais nitrogenados com adoção da técnica de inoculação com *A. brasilense* no milho na safra e safrinha.

As pesquisas relacionadas à eficiência do uso de inoculantes a base de *A. brasiliense* foram negligenciadas por muitos anos devido à inconsistência dos resultados que vinham sendo obtidos, sendo que recentemente voltaram a ser o foco de muitos pesquisadores em função da necessidade do desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável. As gramíneas apresentam algumas vantagens quando comparadas as leguminosas. Possuem um sistema radicular fasciculado, tendo vantagens sobre o sistema pivotante das leguminosas para extrair água e nutrientes do solo, que aliado a outros fatores fisiológicos, promove maior atividade fotossintética (C4). Por isso, o interesse na fixação biológica em gramíneas é grande. Nem todo o nitrogênio necessário na cultura do milho é fornecido pela associação com a bactéria, fazendo da técnica uma forma de suplementação de N para a cultura. No entanto, esta alternativa pode propiciar redução no uso de fertilizantes minerais nitrogenados, e esta economia, pode ser igual ou superior àquela verificada com as leguminosas que podem ser auto-suficientes em nitrogênio (HUNGRIA, 2011).

Pesquisadores do estado do Paraná testaram e selecionaram estirpes de *Azospirillum* que melhor sobreviviam no solo, se adaptavam as tecnologias empregadas em milho e promoviam maior crescimento de planta. Estes estudos foram promissores para a autorização pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) das estirpes de *A. brasilense* AbV4, AbV5, AbV6 e AbV7 na produção de inoculantes comerciais para a cultura do milho. Trabalhos realizados por essas entidades demonstraram que há incremento médio de 24% a 30% no rendimento de grãos de milho quando inoculados com *A. brasilense* (HUNGRIA, 2011). Essas bactérias que se apresentam na forma de bastonetes usualmente uniflagelados, são Gram-negativas e apresentam movimento vibratório característico. O *A. brasiliense* possui um padrão flagelar misto, sendo um polar que é sintetizado no crescimento em meio líquido e vários outros laterais que são sintetizados no meio sólido (HUNGRIA, 2011).

Bactérias do gênero *Azospirillum* podem atuar no crescimento vegetal por meio da redução do nitrato até amônia, podendo essa energia ser disponibilizada a outros processos

vitais do metabolismo, no entanto, este processo de fixação biológica também necessita de energia na forma de adenosina-tri-fosfato (ATP) para acontecer (HOFFMANN, 2007).

A inoculação com *Azospirillum* é realizada de maneira similar a inoculação de sementes de soja com *Bradhyirizobium*. O produto pode ser aplicado na forma sólida (como turfa) ou na forma líquida. Também, é necessário ser cauteloso às condições de temperatura, não deixando exposto ao sol e sem aplicação conjunta com agroquímicos, já que trata-se de microrganismos vivos (HUNGRIA et al., 2010).

O método de aplicação do inoculante mais comum é via sementes. Devido a necessidade do tratamento de sementes e da comodidade quando este é feito industrialmente, a inoculação via sulco de semeadura vêm sendo estudada como uma forma de evitar toxidez dos produtos utilizados no tratamento de sementes sobre a bactéria, já que alguns produtos químicos podem desestruturar o flagelo usado pela *A. brasilense* na associação com a planta (HUNGRIA, 2011). Conforme Basi et al. (2011) a aplicação de *A. brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6) proporcionou incremento na produtividade do milho, sendo que a inoculação via sulco de semeadura não diferiu da realizada nas sementes, mostrando-se um método de aplicação eficiente.

Nas associações de gramíneas com bactérias fixadoras de N, não há formação de nódulos como acontece nas leguminosas. O que ocorre é a colonização da superfície e/ou do interior das raízes e interior da parte aérea da planta. Essas bactérias fixam o nitrogênio atmosférico e posteriormente o disponibilizam para a planta. No entanto, a seleção de estirpes para fabricação de inoculantes ainda precisa de muita pesquisa. Existem atualmente, pacotes tecnológicos utilizando variedades de plantas e estirpes bacterianas eficientes, que podem suprir mais de 50% do N necessário à planta (HUNGRIA, 2011).

Segundo Basi (2013) é imprescindível que sejam realizados mais experimentos em campo para avaliar os efeitos da inoculação com *Azospirillum brasilense* com intuito de se obter mais resultados desta tecnologia na cultura do milho em condições de ano, clima e solo diferentes.

Em estudo com inoculação de *A. brasilense* na cultura do milho nas mesmas condições edafoclimáticas do Cerrado, Kappes et al. (2013b) concluíram que a inoculação das sementes propiciou maiores valores dos componentes de produção e produtividade de grãos. Resultado semelhante foi obtido por Portugal et al. (2013), trabalhando com milho safrinha inoculado com *A. brasilense* no Cerrado sul-matogrossense.

Para a cultura do trigo em condições experimentais semelhantes, Rodrigues et al. (2012) trabalhando com *A. brasilense* aplicado via semente e regulador vegetal (Stimulate) e Barbieri et al. (2012) trabalhando com doses de N (0, 30, 60, 90 e 10 kg ha^{-1}) com a fonte ureia juntamente com a inoculação com *A. brasilense* via semente não verificaram resposta a inoculação nas avaliações biométricas e na produtividade de grãos de trigo.

A inoculação de sementes de trigo ou milho com a bactéria *Azospirillum brasilense* pode propiciar a fixação biológica de nitrogênio (FBN), porém tem sido observado efeito mais pronunciado desta inoculação no crescimento inicial de plantas em relação à FBN, em detrimento do maior desenvolvimento do sistema radicular (ação hormonal) que favorece a maior absorção de nutrientes e água. Por isso, mais pesquisas são necessárias para entender melhor como a inoculação com *Azospirillum brasilense* influencia na nutrição e desempenho agronômico do milho e trigo.

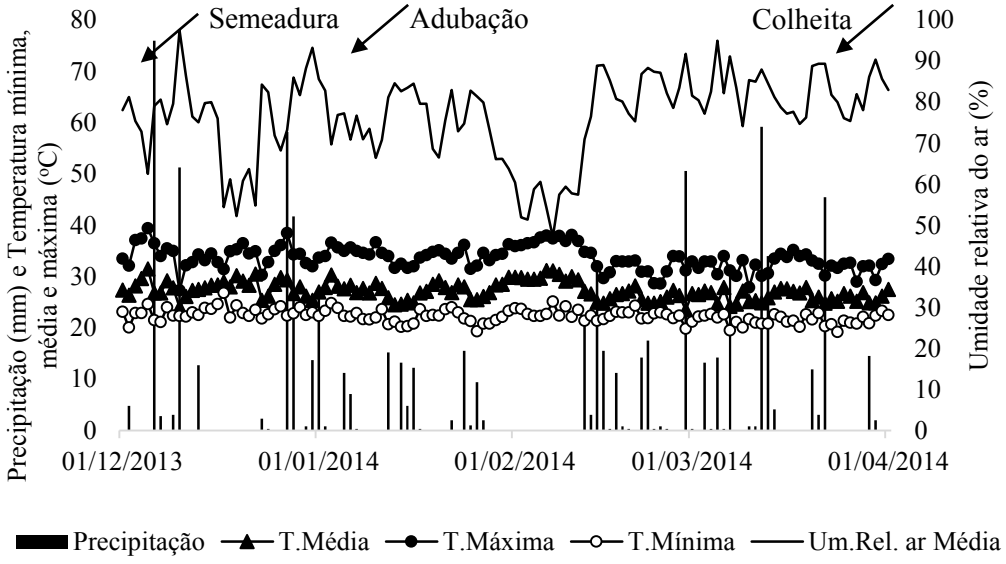
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL E HISTÓRICO DE MANEJO

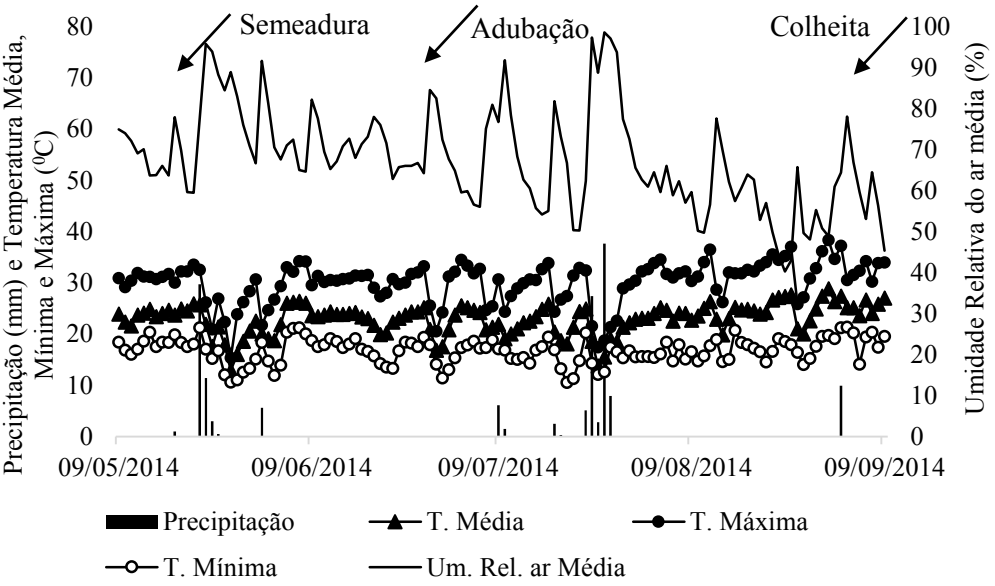
Os experimentos de milho e trigo foram conduzidos na mesma área experimental, pertencente à Faculdade de Engenharia – UNESP, localizada em Selvíria – MS, com altitude de 335 m. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico, textura argilosa, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa (2013), o qual foi cultivado por culturas anuais há mais de 27 anos, sendo os últimos 10 anos em sistema plantio direto e a cultura anterior a semeadura do milho foi a aveia, sendo que esta área vinha sendo cultivada apenas com gramíneas a anos. A temperatura média anual foi de 23,5 ºC, a precipitação pluvial média anual de 1370 mm, com umidade relativa do ar média anual entre 70 e 80%. Na Figura 1 estão representadas as condições climáticas no decorrer dos experimentos com milho e trigo.

Figura 1- Precipitação pluvial, umidade relativa do ar e temperaturas máximas, médias e mínimas obtidas durante os experimentos de milho (A) e de trigo (B) junto à estação meteorológica situada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da FE/UNESP. Período de dezembro de 2013 a abril de 2014 (A) e Período de maio a setembro de 2014 (B)

A.



B.



Fonte: Próprio autor (2015).

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS UTILIZADOS

O delineamento experimental dos experimentos de milho e de trigo foi em blocos ao acaso com quatro repetições, dispostos em um esquema fatorial 2 x 5 x 2, sendo: duas fontes de N (ureia convencional, com 45% de N e Super N - ureia com inibidor da enzima urease NBPT (N-n-butil tiofosfórico triamida, com 45% de N)); cinco doses de N (0, 50, 100, 150 e

200 kg ha^{-1}) aplicadas em cobertura à lanço; com e sem inoculação das sementes com *A. brasilense*.

As parcelas do experimento com milho foram compostas de 6 m de comprimento com 7 linhas espaçadas de 0,45 m, sendo a área útil da parcela as 5 linhas centrais, excluindo-se 0,5 m das extremidades. Enquanto que, as parcelas do experimento com trigo foram compostas com os mesmos tratamentos da cultura anterior, com 6 m de comprimento com 12 linhas e espaçamento de 0,17 m, sendo a área útil da parcela as 8 linhas centrais, excluindo-se 0,5 m das extremidades.

3.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Na área foram utilizados para a dessecação os herbicidas glifosato (1800 g ha^{-1} do i.a.) e 2,4-D (670 g ha^{-1} do i.a.), aplicados duas semanas antes da semeadura do milho e do trigo. Os atributos químicos do solo na camada arável determinados antes da instalação do experimento de milho, segundo metodologia proposta por Raij et al. (2001) apresentaram os seguintes resultados: 13 mg dm^{-3} de P (resina); 6 mg dm^{-3} de $S\text{-}SO_4$; 23 g dm^{-3} de M.O.; 4,8 de pH ($CaCl_2$); K, Ca, Mg, H+Al = 2,6; 13,0; 8,0 e 42,0 $mmol_c$ dm^{-3}, respectivamente; Cu, Fe, Mn, Zn (DTPA) = 5,9; 30,0; 93,9 e 1,0 mg dm^{-3}, respectivamente; 0,24 mg dm^{-3} de B (água quente) e 36% de saturação por bases.

Com base na análise de solo e com o intuito de elevar a saturação por bases a 70%, conforme recomendação de Cantarella, Raij e Camargo (1997), foram aplicados 2,5 t ha^{-1} de calcário dolomítico (PRNT = 88%), 65 dias antes da semeadura do milho. Na adubação de semeadura foram fornecidos 400 kg ha^{-1} da 08-28-16, o que equivale a 32 kg ha^{-1} de N, 112 kg ha^{-1} P_2O_5 e 64 kg ha^{-1} de K_2O para todos os tratamentos, baseado na análise do solo e na exigência da cultura do milho. Para cultura do trigo foram fornecidos 350 kg ha^{-1} da 08-28-16 na ocasião da semeadura, com base na análise do solo e na exigência da cultura.

A inoculação das sementes de milho e trigo com a bactéria *Azospirillum brasilense* estirpes AbV5 e AbV6 (garantia de $2x10^8$ UFC/ml), foi realizada na dose de 200 e 300 ml de inoculante (líquido) por hectare de sementes de milho e trigo semeadas, respectivamente, com o auxílio de uma betoneira limpa para incorporação e foi efetuada uma hora antes da semeadura das culturas à sombra e após o tratamento de sementes com inseticida.

A condução dos experimentos ocorreu em sistema plantio direto. A área foi irrigada por um sistema de aspersão do tipo pivô central, com lâmina de água média de 14 mm e turno de rega de aproximadamente 72 horas em ambos os cultivos, quando necessário.

A semeadura mecânica do híbrido triplo de milho DKB 350 VT PRO (resistente a lagarta do cartucho – *Spodptera frugiperda*) foi realizada no dia 04/12/13, em função do atraso das chuvas, sendo semeadas 3,3 sementes por metro e a emergência de plântulas 5 dias após semeadura, no dia 09/12/2013. Para o controle de plantas daninhas foi efetuada a aplicação das misturas dos herbicidas tembotriona (84 g ha^{-1} do i.a.) e atrazina (1000 g ha^{-1} do i.a.), mais a adição de um adjuvante na calda herbicida, o óleo vegetal (720 g ha^{-1} do i.a.) em pós-emergência. O controle de insetos foi realizado com metomil (215 g ha^{-1} do i.a.) e triflumurom (24 g ha^{-1} do i.a.) para o controle de lagartas.

A adubação nitrogenada de cobertura (tratamentos) foi aplicada a lanço e sem incorporação ao solo, no dia 08/01/14 quando as plantas estavam com seis folhas verdadeiras (V6). A aplicação foi realizada manualmente, distribuindo-se o fertilizante sobre a superfície do solo, ao lado e aproximadamente 15 cm das linhas de milho, a fim de se evitar o contato do fertilizante com as plantas. Após a adubação de cobertura a área foi irrigada por aspersão (lâmina de 14 mm) para minimizar as perdas de N por volatilização da amônia no período noturno. A colheita do milho foi realizada dia 28/03/2014, aos 108 dias após emergência (DAE).

Para a cultura do trigo irrigado, a cultivar utilizada foi a CD 116. A semeadura mecânica foi realizada no dia 16/05/14, com emergência de plântulas 6 dias após semeadura, no dia 22/05/2014, sendo semeadas 80 sementes por metro. No tratamento de sementes foram utilizados fungicidas Carbendazim + Thiran (45 + 105 g i.a. 100 por 100 kg de semente) e o inseticida Imidacloprido +Thiodicarb (45 + 135 g i.a. por 100 kg de semente).

O manejo de plantas daninhas foi efetuado com a aplicação do herbicida Metsulfuron Methyl (3,0 g ha^{-1} do i.a.) em pós-emergência aos 20 DAE. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada no dia 26/06/2014, 35 DAE, manualmente, distribuindo-se o fertilizante sobre a superfície do solo (sem incorporação), ao lado e aproximadamente 8 cm das linhas de semeadura, a fim de se evitar o contato do fertilizante com as plantas. Após a adubação de cobertura a área foi irrigada por aspersão (lâmina de 14 mm) à noite para minimizar as perdas de N por volatilização da amônia, o que é comum no cultivo do trigo irrigado. A colheita foi efetuada manualmente no dia 09/09/2014, aos 110 DAE do trigo.

3.4 AVALIAÇÕES REALIZADAS

3.4.1 Cultura do milho

No experimento de milho foram realizadas as seguintes avaliações:

a) índice de clorofila foliar, antes e após a aplicação dos tratamentos (fontes e doses de N) quando as plantas estavam no estádio de florescimento da cultura, sendo determinada indiretamente através de leituras na folha abaixo da espiga principal (no terço médio desta folha de milho) e na folha bandeira (trigo) de 10 plantas por parcela, sempre no período da manhã, por meio do clorofilômetro portátil Falker;

b) *concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn foliar*, coletando-se o terço médio de 20 folhas da inserção da espiga principal, no florescimento feminino das plantas de milho, segundo a metodologia descrita em Cantarella, Raij e Camargo (1997);

c) altura de plantas na maturação, definida como sendo à distância (m) do nível do solo ao ápice do pendão;

d) altura de inserção de espiga na maturação da planta de milho, definida como sendo à distância (m) do nível do solo até a inserção da espiga principal;

e) diâmetro do colmo na maturação, utilizando-se um paquímetro manual para medição;

f) prolificidade das plantas de milho da área útil da parcela, determinado como a relação entre o número de espigas por planta;

g) número de espigas por hectare, em 4 linhas úteis, obtido pelo número de espigas na área útil avaliada e transformada para hectare;

Foram coletadas 10 espigas de milho na ocasião da colheita para as seguintes avaliações:

h) comprimento da espiga, determinado do ápice até a base da espiga;

i) diâmetro da espiga;

j) número de fileiras por espiga, obtido em função da relação do número de fileiras de grãos em cada espiga;

k) número de grãos por fileira de espiga, determinado em função da relação entre o número de grãos em cada fileira da espiga;

l) número de grãos por espiga, obtido a partir da contagem do número de grãos em cada espiga de milho, de cada unidade experimental;

m) Porcentagem de acamamento, obtido por meio de observações visuais, considerando apenas as plantas acamadas e tombadas e descartando as plantas quebradas, na fase de maturação da planta;

n) umidade dos grãos em ocasião de colheita, onde o teor de água dos grãos foi obtido pelo método elétrico não destrutivo indireto, mediante o uso do aparelho portátil Multi-grain (Dickey-John®);

o) massa de 100 grãos, determinada em balança de precisão 0,01g, a 13% (base úmida);

p) produtividade de grãos, determinada pela coleta das espigas das plantas contidas nas 4 linhas úteis de cada parcela. Após a trilha mecânica, os grãos foram quantificados e os dados transformados em kg ha^{-1} a 13% (base úmida);

q) eficiência agronômica dos tratamentos, cujo cálculo é o seguinte: (produção de grãos com fertilizante - produção de grãos sem fertilizante) / (quantidade de N aplicada).

3.4.2 Cultura do trigo

Nos experimentos de trigo foram realizadas as seguintes avaliações:

a) índice de clorofila foliar, antes e após a aplicação dos tratamentos (fontes e doses de N) quando as plantas estavam no estádio de florescimento da cultura, na folha bandeira de 10 plantas por parcela, sempre no período da manhã, por meio do clorofilômetro portátil Falker;

b) *concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn foliar*, coletando-se a folha bandeira inteira de 20 plantas de trigo por parcela, no florescimento pleno, segundo a metodologia descrita em Cantarella, Raij e Camargo (1997);

c) altura de plantas na maturação, definida como sendo à distância (m) do nível do solo ao ápice da espiga;

d) número de espigas por metro, determinado por meio de contagem, na ocasião de colheita, o número de espigas em 1,0 m de fileira de plantas na área útil das parcelas;

Foram coletadas 10 espigas de trigo na ocasião da colheita para as seguintes avaliações:

e) comprimento da espiga, determinado do ápice até a base da espiga;

f) número de espiguetas por espiga, determinado a partir da contagem de todas as espiguetas com grãos da espiga;

g) número de grãos por espigueta, determinado a partir da divisão do número de grãos por espiga pelo número de espiguetas por espiga, de cada unidade experimental;

h) número de grãos por espiga, obtido a partir da contagem do número de grãos em cada espiga de trigo, de cada unidade experimental;

i) número de grãos chochos, obtido através da relação do número de espiguetas não desenvolvidas por espiga;

j) Quantidade de palhada formada;

k) Matéria seca de grãos de trigo;

l) Porcentagem de acamamento, obtido por meio de observações visuais, considerando apenas as plantas acamadas e tombadas e descartando as plantas quebradas, na fase de maturação da planta;

m) Índice de colheita, baseado no seguinte cálculo: (matéria seca de grãos – matéria seca total da planta) x (100).

n) umidade dos grãos em ocasião de colheita, onde o teor de água dos grãos foi obtido pelo método elétrico não destrutivo indireto, mediante o uso do aparelho portátil Multi-grain (Dickey-John®);

o) massa hectolítrica, correspondente à massa de grãos de trigo ocupada em um volume de 100 L, determinada em balança de 1/4 com teor de água dos grãos corrigidos para 13% (base úmida);

p) massa de 100 grãos, determinada em balança de precisão 0,01g, a 13% (base úmida);

q) produtividade de grãos, determinada pela coleta das espigas das plantas contidas nas 4 linhas úteis de cada parcela. Após a trilha mecânica, os grãos foram quantificados e os dados transformados em kg ha^{-1} a 13% (base úmida);

r) eficiência agronômica dos tratamentos, cujo cálculo é o seguinte: (produção de grãos com fertilizante - produção de grãos sem fertilizante) / (quantidade de N aplicada).

Para a cultura do trigo foram avaliados também*:*

s) concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn da palhada e dos grãos, coletando-se as plantas em ocasião de colheita*;*

t) Teores de P, K, Ca, Mg, S e Matéria orgânica, pH, acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%) e

porcentagem da CTC ocupada por Ca e Mg após a colheita da cultura, coletando-se 3 pontos na camada de 0-20 cm por parcela do experimento com um trado de caneco;

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram analisados pela análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias das fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* e, ajustadas a equações de regressão para o efeito das doses de N, utilizando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2011). Para as análises de correlações de Pearson, separadas entre os tratamentos inoculados e não inoculados, foi utilizado o programa SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM- SAS, 2004).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EXPERIMENTO DE MILHO

ICF, concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S foliares

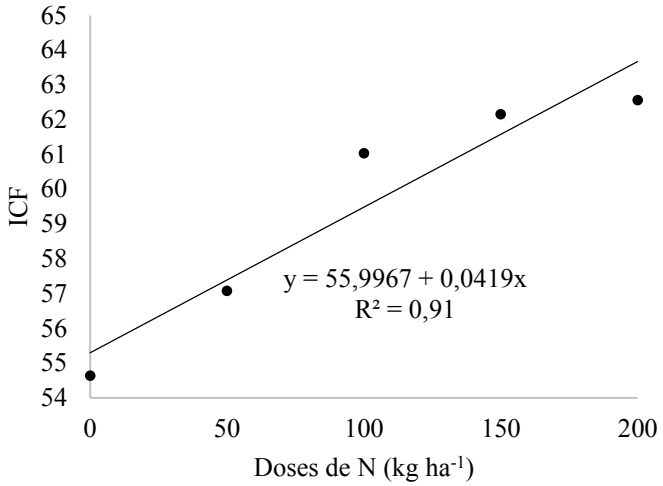
As doses de N influenciaram no ICF e nas concentrações de N, P e S foliares de forma positiva (Tabela 1). Houve ajuste a função linear crescente para o ICF (Figura 2) e concentração de S foliar (Figura 5), ou seja, o aumento das doses de N propiciou incremento no ICF e na concentração de S no tecido foliar. Houve ajuste quadrático para a concentração de N (Figura 3) e P foliar (Figura 4), com pontos de máxima sendo obtidos nas doses de 155 e 144 kg ha^{-1} de N, respectivamente.

Tabela 1- ICF e concentrações foliares de N, P, K, Ca, Mg e S no milho em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2013/2014

	ICF	**N**	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**S**
		----------g kg^{-1} de M.S.----------					
Doses de N (kg ha^{-1})							
0	54,63**	26,50**	3,61**	13,50ns	2,61ns	1,00ns	2,08*
50	57,07	28,41	3,83	13,00	2,41	0,98	2,10
100	61,03	30,82	4,04	13,83	2,80	1,07	2,21
150	62,15	30,89	4,15	14,83	2,96	1,06	2,18
200	62,56	30,58	3,98	14,33	2,90	1,09	2,21
Fontes de N							
Ureia	59,32 a	29,20 a	3,88 a	13,73 a	2,68 a	1,04 a	2,15 a
Super N	59,66 a	29,68 a	3,96 a	14,07 a	2,79 a	1,04 a	2,16 a
D.M.S. (5%)	1,88	0,89	0,11	1,79	0,36	0,09	0,08
Inoculação							
Com *Azospirillum*	61,68 a	29,63 a	3,98 a	13,87 a	2,76 a	1,05 a	2,24 a
Sem *Azospirillum*	57,30 b	29,25 a	3,86 b	13,93 a	2,71 a	1,03 a	2,07 b
D.M.S. (5%)	1,88	0,89	0,11	1,79	0,36	0,09	0,08
Média geral	59,49	29,44	3,92	13,90	2,73	1,04	2,16
C.V. (%)	6,03	5,81	5,29	24,66	25,04	16,19	6,83

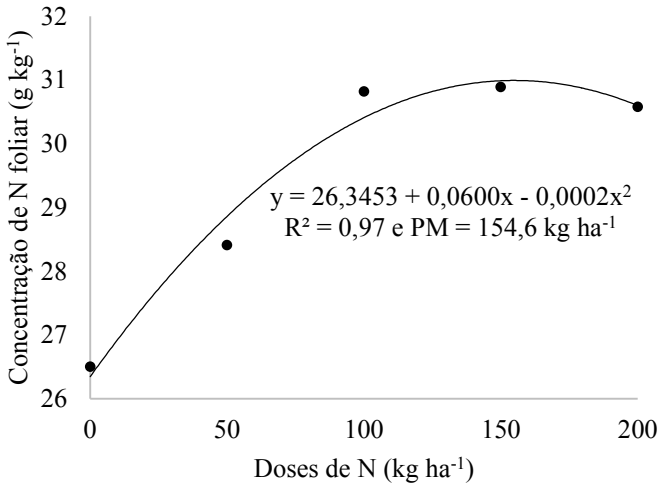
Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo $p<0,01$ * significativo $0,01<p<0,05$ ns: não significativo

Figura 2- Índice de clorofila foliar (ICF) do milho em função de doses de N. Selvíria – MS, 2013/2014



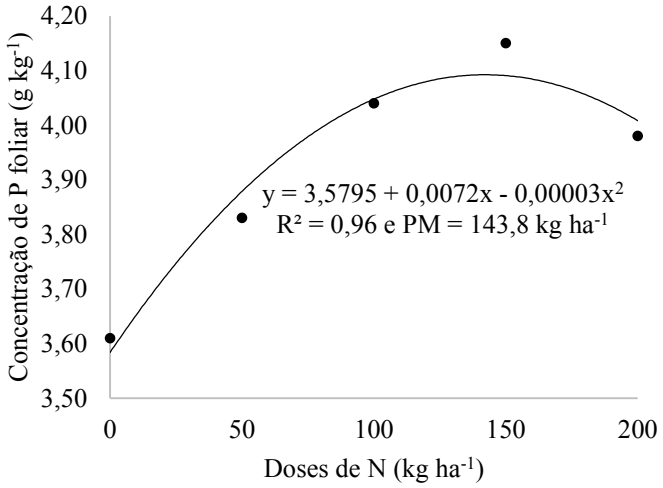
Fonte: Próprio autor (2015).

Figura 3- Concentração de N foliar do milho em função de doses de N. Selvíria – MS, 2013/2014



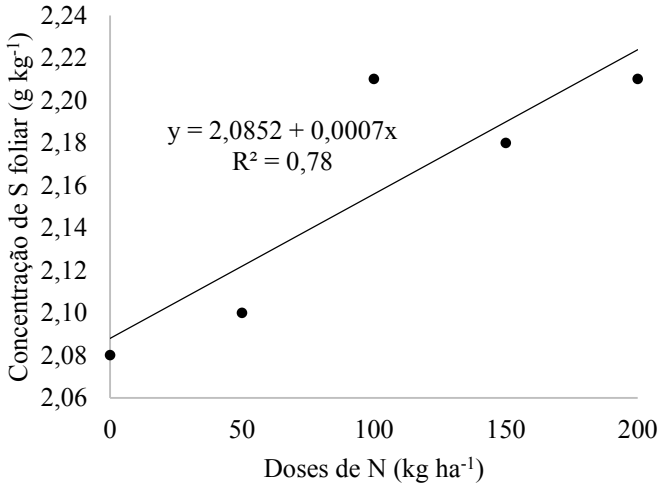
Fonte: Próprio autor (2015).

Figura 4- Concentração de P foliar do milho em função de doses de N. Selvíria – MS, 2013/2014



Fonte: Próprio autor (2015).

Figura 5- Concentração de S foliar do milho em função de doses de N. Selvíria – MS, 2013/2014



Fonte: Próprio autor (2015).

No que se refere ao ICF, o nitrogênio é um dos constituintes da molécula de clorofila, portanto, é de se esperar que o aumento das doses de N, aumente também o teor de clorofila nas folhas. De maneira semelhante, observa-se na literatura, trabalhos envolvendo doses de N em cobertura na cultura do milho influenciando positivamente e de forma linear o ICF como no trabalho de Costa et al. (2012) com as doses 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha^{-1}, Kappes, Arf e Andrade (2013a) utilizando 0, 60, 90 e 120 kg ha^{-1} e Kappes et al. (2014) trabalhando com as doses 0, 50, 100 e 150 kg ha^{-1} N, ambos aplicados em cobertura.

Resultados semelhantes foram obtidos por Mar et al. (2003), Soratto et al. (2010) e Costa et al. (2012), que verificaram efeito linear positivo das doses de N na concentração de N no tecido foliar. Vale ressaltar que, com exceção do tratamento testemunha, o teor de N estava dentro da faixa considerada adequada (27-35 g kg^{-1}) por Cantarella et al. (1997).

Com relação à concentração de P foliar, os resultados obtidos corroboram com Kappes, Arf e Andrade (2013c), que verificaram aumento linear na concentração de P foliar com o incremento das doses de N em cobertura. O nutriente P apresentou teores foliares médios dentro do preconizado como adequado por Cantarella, Raij e Camargo (1997), cuja a faixa adequada para estes nutrientes é de 2,0-4,0 g kg^{-1}. Tal resultado pode ser atribuído em razão do P solubilizado do fertilizante fosfatado aplicado em semeadura e dos teores adequados do nutriente no solo da área experimental. Os resultados corroboram com os obtidos por Casagrande e Fornasieri Filho (2002). Esses pesquisadores, avaliando, as doses 0, 30, 60 e 90 kg ha^{-1} de N, constataram que, na ausência de N, o teor de P foliar no florescimento do milho foi menor, comparativamente aos tratamentos que o receberam, porém dentro da faixa adequada.

Para a concentração de S no tecido foliar em função das doses de N, resultados semelhantes foram obtidos por Soratto et al. (2010), independentemente da fonte utilizada, a concentração de S foliar foi incrementada até a dose máxima estimada de 65,8 kg ha^{-1} de N. Casagrande e Fornasieri Filho (2002) também verificaram aumento no teor de S na folha do milho com o aumento das doses de N na forma de ureia. Contudo, em todos os tratamentos, os teores de S estavam dentro da faixa considerada adequada para a cultura por Cantarella, Raij e Camargo (1997), cuja faixa adequada para este nutriente é de 1,5-3,0 g kg^{-1}. Ressalta-se que a relação entre os teores de N e S estavam dentro da faixa indicada por Arnon (1975) para assegurar máxima produção potencial de matéria seca e proteínas, ou seja, entre 12 e 15 para 1.

Já a concentração de K foliar não foi influenciada pelas doses de N aplicadas em cobertura, ratificando os resultados observados por Casagrande e Fornasieri Filho (2002) e Kappes, Arf e Andrade (2013c), os quais não verificaram influência de dose de N sobre o teor foliar desse nutriente no milho. O nutriente K apresentou teores foliares médios abaixo do preconizado como adequado por Cantarella, Raij e Camargo (1997), cuja a faixa adequada para este nutriente é de, 17,0-35,0 g kg^{-1}. Esperava-se verificar teores foliar de K adequados em razão do suficiente suprimento de K ao milho, e dos seus teores no solo da área

experimental se encontrarem dentro da faixa adequada de disponibilidade. Ademais, o fato de o K não fazer parte de nenhum composto celular no vegetal (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997), associado à consideração da liberação de 100% do K proveniente dos resíduos culturais (CALONEGO; FOLONI; ROLOSEM, 2005), teoricamente contribuiria para a sua rápida disponibilização à planta, com consequente aproveitamento por essa, contudo tal resultado não foi observado.

Para as concentrações no tecido foliar de Ca e Mg, assim como a concentração de K foliar, não houve influência das doses de N. Vale ressaltar que o macronutriente Ca apresentava teores foliares médios dentro do preconizado como adequado por Cantarella, Raij e Camargo (1997), cuja a faixa adequada para este nutriente é de, 2,5-8,0. Para o macronutriente Mg, o teor foliar médio está abaixo do preconizado por Cantarella, Raij e Camargo (1997) como adequado, cuja faixa adequada é de 1,5-5,0 g kg^{-1}.

As fontes de N não diferiram estatisticamente no ICF e na concentração foliar de N, P, K, Ca, Mg e S (Tabela 10). Já Soratto et al. (2010) verificaram que a aplicação de sulfonitrato de amônio proporcionou maiores concentrações de N do que as fontes sulfato de amônio e amiréia, porém, não diferiu estatisticamente da ureia e a concentração de S foliar não foi influenciada pelas fontes, semelhantemente ao presente trabalho. Em contrapartida Meira et al. (2009), estudando fontes de N (sulfonitrato de amônio, Sulfato de Amônio e ureia) na cultura do milho verificaram que a fonte sulfonitrato de amônio propiciou maior concentração de N foliar comparativamente as demais fontes, diferentemente dos resultados obtidos no presente trabalho.

A inoculação com *A. brasilense* propiciou maior ICF e concentrações de P e S foliares em relação a não inoculação de sementes (Tabela 10). Bashan, Holguin e De-Bashan (2004) mencionaram que ocorre excreção de hormônios vegetais, principalmente o ácido indolacético (AIA) por bactérias do gênero *Azospirillum* que desempenham papel essencial na promoção do crescimento de plantas, e que podem melhorar, segundo Hungria et al. (2010), a absorção de vários macro e micronutrientes aumentando a eficiência do uso do nutriente disponível, o que poderia ajudar a explicar o aumento na concentração no tecido foliar de P e S. Outra possível explicação para o aumento da concentração de P foliar está relacionado à capacidade de algumas bactérias endofíticas promoverem crescimento da planta por meio de solubilização de fosfato (COLLAVINO et al., 2010). Com a inoculação no solo de bactérias com capacidade de solubilizar fosfato, pode haver solubilização do P que esteja em uma

forma que a planta não consiga absorver e, ou, precipitado, e isso pode resultar em maior concentração do nutriente na folha e em parte aérea e melhor desenvolvimento das plantas e da sua capacidade produtiva (CANBOLAT et al., 2009; DIAS et al., 2009).

Semelhantemente ao resultado verificado na concentração de P foliar, a concentração de S foliar foi influenciada positivamente pela inoculação com *A. brasilense*. Segundo Moreira e Siqueira (2002) e Stamford et al. (2005), dentre os diversos processos microbiológicos e bioquímicos de transformações por meio de bactérias que vivem no solo pode ocorrer a oxidação do enxofre, o que provocaria aumento na disponibilidade de SO_4^{-2} para as plantas e queda no pH, que poderia aumentar a solubilidade dos compostos inorgânicos de P, e também a redução do sulfato, culminando em perdas de SO_4^{-2} do solo, o que provavelmente refletiria na absorção e na concentração foliar destes nutrientes, corroborando com os resultados verificados no presente trabalho.

Resposta positiva à inoculação no ICF também foi verificado por Kappes et al. (2013b) e Quadros et al. (2014), onde os autores constataram efeito positivo da inoculação das sementes de milho com *Azospirillum brasilense*, em que o índice de clorofila foliar foi maior nos tratamentos com a presença da bactéria diazotrófica em relação aos tratamentos onde não houve inoculação, corroborando com os dados obtidos no presente trabalho. Tal resultado pode estar relacionado tanto à fixação biológica do nitrogênio atmosférico, quanto aos mecanismos de promoção do crescimento, que podem incrementar a capacidade das plantas em absorver este nutriente do solo (DOBBELAERE et al., 2001).

Por meio da análise linear de correlação de Pearson, nos tratamentos em que foram inoculados com *Azospirillum brasilense*, a concentração de N foliar correlacionou-se positivamente com as concentrações foliares de P (0,5451**), Cu (0,4973**) e Mn (0,3931*). Na ausência da inoculação com esta bactéria diazotrófica, a concentração de N foliar se correlacionou de forma positiva com as concentrações de P (0,6008**), S (0,6628**), Cu (0,7781**) e Mn (0,4297*). Estes resultados podem explicados pelo maior crescimento da parte aérea da planta, que proporciona maior desenvolvimento do sistema radicular em função do maior recebimento de fotoassimilados via floema, com isso, ocorre maior volume de solo explorado, aumenta o contato íon/raiz e aumenta absorção de alguns nutrientes.

Concentrações de Cu, Fe, Mn e Zn foliares

As doses de N não influenciaram significativamente a concentração foliar de Fe e Zn, contudo influenciaram na concentração foliar de Cu e Mn de forma positiva (Tabela 2). Houve ajuste a função linear crescente, ou seja, o aumento das doses de N incrementou a concentração de Cu (Figura 6) e Mn (Figura 7) no tecido foliar. Tal resultado foi verificado, possivelmente pelo fato do nitrogênio afetar o crescimento e desenvolvimento direto da cultura do milho, induzindo a planta a desenvolver seu sistema radicular, o que consequentemente culminaria em maior exploração de volume de solo pelas raízes com maior absorção de nutrientes, com destaque aos micronutrientes Cu, Fe e Mn que se encontram, de maneira geral elevados em Latossolos, como no presente trabalho.

O Cu, Fe, Mn e Zn apresentaram concentrações foliares médias dentro do preconizado como adequado por Cantarella, Raij e Camargo (1997), cuja a faixa adequada para estes nutrientes é de, 6-20; 30-250; 20-200; 15-100 mg kg^{-1}, respectivamente.

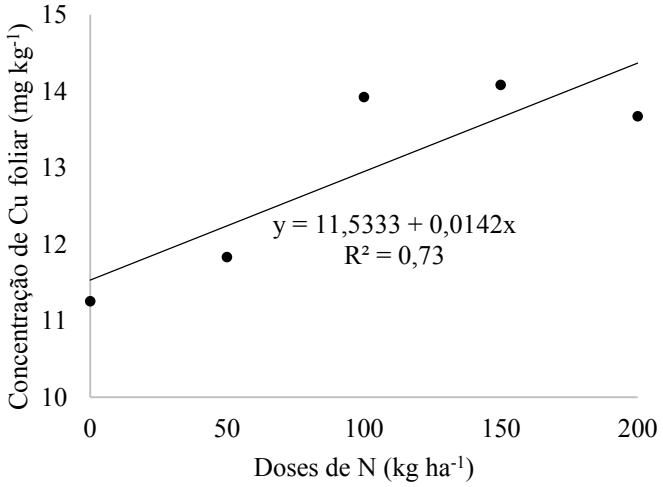
A correlação linear de Pearson foi significativa entre as concentrações foliares de Cu e a produtividade (-0,4052*) e Mn e produtividade (-0,3841*) de forma negativa nos tratamentos em que não foi efetuada a inoculação. Nos tratamentos inoculados com *A. brasilense*, não foi observado nenhuma correlação. Embora as concentrações de Cu e Mn se apresentassem dentro da faixa tida como adequada, o *Azospirillum brasilense* pode ter imobilizado parte desses nutrientes temporariamente e desta maneira, conseguido aliviar um possível efeito fitotóxico destes metais, culminando em diminuição da produtividade de grãos quando a cultura do milho não foi inoculada.

Tabela 2- Concentrações foliares de Cu, Fe, Mn e Zn do milho em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2013/2014

	Cu	Fe	Mn	Zn
	----------mg kg^{-1} de M.S.----------			
Doses de N (kg ha^{-1})				
0	11,25**	147,75^{ns}	60,25*	20,33^{ns}
50	11,83	147,08	59,83	16,25
100	13,92	151,75	66,17	17,58
150	14,08	151,50	67,00	17,17
200	13,67	147,08	64,17	16,92
Fontes de N				
Ureia	13,03 a	150,30 a	63,53 a	17,60 a
Super N	12,87 a	147,77 a	63,43 a	17,70 a
D.M.S. (5%)	0,94	17,93	3,37	1,95
Inoculação				
Com *Azospirillum*	13,23 a	133,87 b	64,53 a	16,93 a
Sem *Azospirillum*	12,67 a	164,20 a	62,43 a	18,37 a
D.M.S. (5%)	0,94	17,93	3,37	1,95
Média geral	12,95	149,03	63,48	17,65
C.V. (%)	13,88	23,02	10,16	21,11

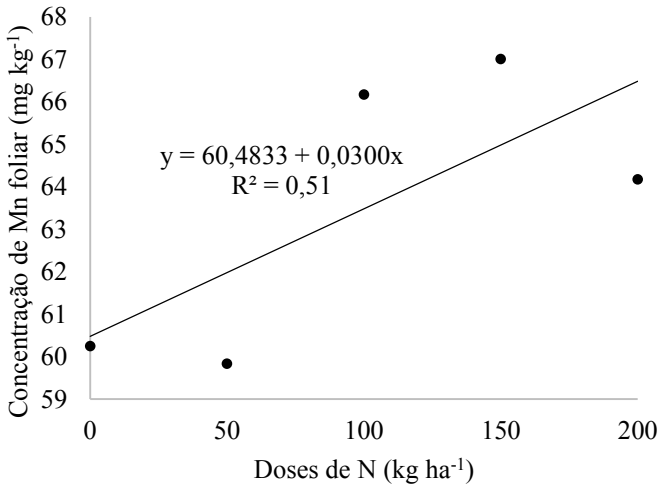
Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

Figura 6- Concentração de Cu foliar do milho em função de doses de N. Selvíria – MS, 2013/2014



Fonte: Próprio autor (2015).

Figura 7- Concentração de Mn foliar do milho em função de doses de N. Selvíria – MS, 2013/2014



Fonte: Próprio autor (2015).

Assim como nas concentrações dos macronutrientes avaliados, as fontes de N não influenciaram estatisticamente as concentrações foliar dos micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) (Tabela 2).

As concentrações de Cu, Mn e Zn nas folhas não foram influenciadas significativamente pela inoculação com *A. brasilense*. Para a concentração de Fe foliar, os tratamentos em que não foi realizada a inoculação propiciaram maior concentração deste micronutriente no tecido foliar comparativamente aos tratamentos em que foi efetuada a inoculação (Tabela 2).

Segundo Souza et al. (2013) algumas bactérias podem produzir e secretar moléculas de baixo peso molecular que se ligam ao ferro com alta afinidade, denomidados sideróforos (GRAY; SMITH, 2005). Essas bactérias são capazes de fornecer ferro em quantidade suficiente à planta, quando este composto se encontra em limitação nos solos, elucidando uma possível capacidade de sequestro de ferro do solo, o que poderia levar a diminuição de sua absorção pelas plantas e diminuir a concentração do nutriente no tecido foliar. Outra ponderação pertinente é com relação à possível precipitação de Fe e Zn pela maior absorção de P no tecido foliar ocasionado pela inoculação, uma vez que os nutrientes supracitados apresentam interação no solo e na planta (MUNER et al., 2011).

Esse efeito negativo nas concentrações de Fe e Zn foliar (apesar de não ter ocorrido difença significativa para este último nutriente) pode estar relacionado com a imobilização

destes nutrientes pelas bactérias, reduzindo a disponibilidade para as plantas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002; STAMFORD et al., 2005) ou com alguma eventual transformação na forma do Fe e Zn no solo ainda não elucidada na literatura.

Altura de plantas, altura de inserção da espiga, diâmetro do colmo, prolificidade e número de espigas por hectare

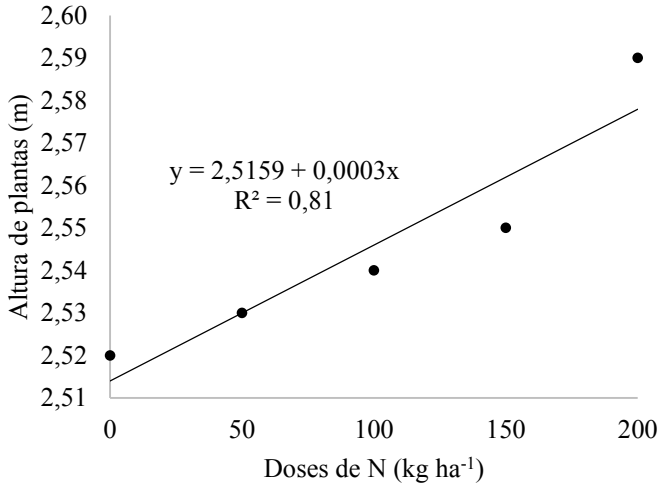
As doses de N influenciaram positivamente na altura de plantas e altura de inserção das espigas do milho (Tabela 3). Houve ajuste a função linear crescente, ou seja, na medida em que se aumentaram as doses de N, a altura de plantas (Figura 8) e a altura de inserção das espigas (Figura 9) aumentaram. O diâmetro do colmo, a prolificidade e o número de espigas por hectare não foram influenciados pelo aumento das doses de N.

Tabela 3- Altura de plantas, altura de inserção da espiga, diâmetro do colmo, prolificidade e número de espigas por hectare do milho em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2013/2014

	Altura de plantas (m)	Altura de inserção da espiga (m)	Diâmetro do colmo (cm)	Prolificidade	Número de espigas por hectare
Doses de N (kg ha^{-1})					
0	2,52*	1,15*	2,50^{ns}	1,10^{ns}	58.796^{ns}
50	2,53	1,17	2,45	1,10	56.366
100	2,54	1,19	2,48	1,12	60.648
150	2,55	1,17	2,48	1,09	56.481
200	2,59	1,21	2,37	1,05	56.019
Fontes de N					
Ureia	2,53 a	1,16 b	2,45 a	1,10 a	58.565 a
Super N	2,56 a	1,19 a	2,47 a	1,09 a	56.759 a
D.M.S (5%)	0,03	0,02	0,08	0,03	3.131
Inoculação					
Com *Azospirillum*	2,54 a	1,17 a	2,51 a	1,10 a	57.963 a
Sem *Azospirillum*	2,55 a	1,18 a	2,41 b	1,09 a	57.361 a
D.M.S. (5%)	0,03	0,02	0,08	0,03	3.131
Média geral	2,55	1,18	2,46	1,09	57.662
C.V. (%)	2,79	4,59	7,50	6,49	12,13

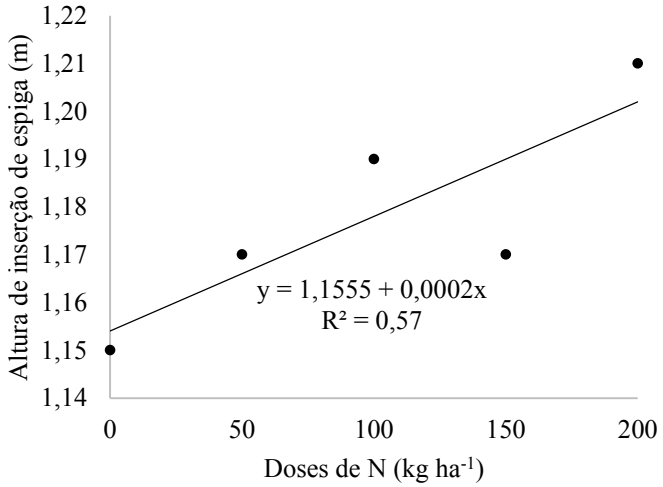
Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo $p<0,01$ * significativo $0,01<p<0,05$ ns: não significativo

Figura 8- Altura de plantas de milho em função de doses de N. Selvíria – MS, 2013/2014



Fonte: Próprio autor (2015).

Figura 9- Altura de inserção de espiga do milho em função de doses de N. Selvíria – MS, 2013/2014



Fonte: Próprio autor (2015).

Para Castro, Kluge e Sestari (2008), a altura de planta é influenciada pela disponibilidade de nitrogênio no solo, uma vez que este nutriente participa diretamente da divisão e expansão celular e do processo fotossintético, o que explicaria a resposta positiva das doses de N aplicadas no crescimento em altura da cultura do milho, corroborando com Gross, Pinho e Brito (2006), que preconizam que a adubação nitrogenada feita em cobertura, em uma

aplicação ou dividida em duas, influi na altura de plantas, na altura de inserção da espiga e proporciona incremento significativo na produtividade de grãos de milho. Já segundo Lopes et al. (2007), a prolificidade e o número de espigas por área são dependentes do genótipo, onde a adubação não se torna um fator preponderante no resultado final, corroborando com os resultados obtidos.

Os resultados obtidos corroboram com Goes et al. (2014), que verificaram aumento na altura de inserção da espiga principal e altura de plantas com o incremento das doses de N. De forma condizente, Souza e Soratto (2006) verificaram resposta quadrática da altura de plantas em função de dose de N em cobertura (0, 30, 60 e 120 kg ha^{-1}), utilizando a fonte ureia em cobertura. Segundo estes autores, o maior valor foi de em altura de plantas foi obtido na dose estimada de 66,8 kg ha^{-1} de N.

No que se refere à altura de inserção da espiga principal os resultados apresentam-se coerentes com os obtidos por Souza e Soratto (2006) e Lana et al. (2009). Esses pesquisadores avaliaram a resposta do milho à aplicação de N e verificaram que a altura de inserção da espiga principal foi maior nos tratamentos que receberam N, em relação à testemunha. Conforme relatado por Büll (1993), uma planta bem nutrida em N apresentou maior desenvolvimento da área foliar e do sistema radicular, pois esse nutriente influenciou a divisão, a expansão celular e a fotossíntese, o que leva ao aumento da altura de plantas e, consequentemente, da altura de inserção de espiga.

Diferentemente, Kaneko et al. (2010) em milho cultivado em Latossolo Vermelho argiloso de Cerrado da região de Selvíria-MS, observaram no primeiro ano de cultivo ausência de resposta adubação nitrogenada para a altura de inserção de espiga. O resultado positivo obtido no presente trabalho deve-se principalmente ao aumento da altura de plantas com o incremento das doses de N, o que culminou no consequente aumento da altura de inserção da espiga. Já em relação ao diâmetro do colmo, os resultados obtidos contrariam os verificados por Cruz et al. (2008b), Lana et al. (2009) e Kappes et al. (2013b), que encontraram aumento no diâmetro de colmo em resposta as doses de N no milho.

Resultados semelhantes foram verificados por Costa et al. (2012) nos parâmetros número de espigas por hectare e diâmetro do colmo. Entretanto, segundo os autores, as doses de N não influenciaram a altura de plantas e altura de inserção da espiga principal.

As fontes de N aplicadas diferiram estatisticamente apenas na altura de inserção das espigas, onde a fonte Super N propiciou maior altura de inserção da espiga comparativamente

à ureia (Tabela 1). Para as avaliações de diâmetro do colmo, altura de plantas, prolificidade e número de espigas por hectare não houve diferença significativa. Resultado semelhante encontrado por Soratto et al. (2010) que não verificaram efeito das fontes de N sulfonitrato de amônio, sulfato de amônio, amiréia e ureia no diâmetro do colmo e altura de plantas e Kaneko (2013), que obteve efeito significativo para as doses de N em cobertura para altura de plantas, e em relação a comparação entre as fontes, a ureia revestida e a ureia convencional, não diferiram entre si para altura de plantas, diâmetro do colmo e prolificidade. Goes et al. (2014) também não verificaram diferença significativa entre as fontes de N sulfato e nitrato de amônio e a ureia na altura de plantas e diâmetro do colmo.

Com relação à inoculação com *A. brasilense*, o diâmetro do colmo foi influenciado positivamente pela inoculação (Tabela 3), onde os tratamentos inoculados apresentaram maior diâmetro do colmo quando comparados aos tratamentos em que não foi efetuado a inoculação, diferentemente do verificado por Kappes et al. (2013b), em que não foram constatadas diferenças significativas para inoculação no diâmetro do colmo.

O aumento do diâmetro de colmo com inoculação é interessante, pois esta característica morfológica é uma das que mais tem sido relacionada com o percentual de acamamento ou quebramento de planta na cultura do milho. Além disso, o diâmetro de colmo é importante para a obtenção de alta produtividade, pois quanto maior o seu diâmetro, maior a capacidade da planta em armazenar fotoassimilados que contribuirão com o enchimento dos grãos (CRUZ et al., 2008; LANA et al., 2009).

Para a altura de plantas, altura de inserção de espigas, prolificidade e número de espigas por hectare não houve influência significativa da inoculação. Resultados semelhantes foram obtidos por Cavallet et al. (2000), em que a inoculação das sementes de milho com *Azospirillum* spp. não influenciou tais componentes produtivos.

Comprimento e diâmetro da espiga, número de fileiras, grãos por fileiras e grãos por espiga

As doses de N não influenciaram o comprimento das espigas, número de fileiras por espiga, grãos por fileira, grãos por espiga de milho (Tabela 4). Em contrapartida o aumento das doses de N propiciou incremento no diâmetro da espiga com ajuste a função linear crescente, ou seja, o incremento das doses de N propiciou aumento no diâmetro das espigas de milho (Figura 10), corroborando com Kappes, Arf e Andrade (2013a) que também

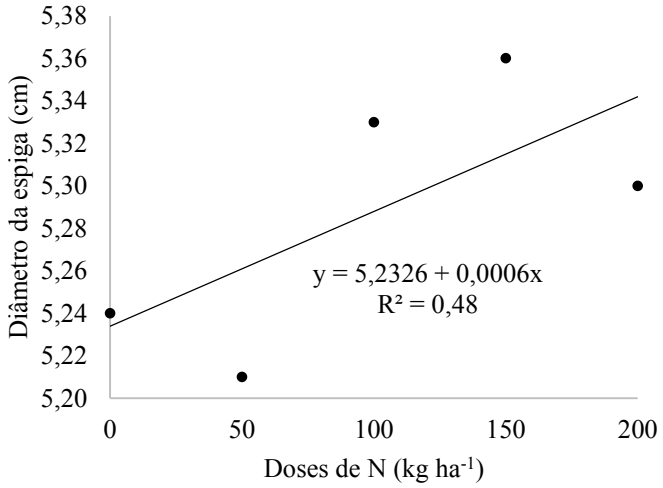
verificaram aumento do diâmetro da espiga com o incremento das doses e não relataram influência das doses no comprimento das espigas, massa de grãos e número de fileiras por espiga. De maneira semelhante Goes et al. (2014) também não verificaram influência das doses de N no comprimento de espigas, fileiras por espiga e grãos por fileira, porém verificaram aumento do diâmetro da espiga com o incremento das doses de N em cobertura.

Tabela 4- Comprimento e diâmetro da espiga, número de fileiras por espiga, grãos por fileira e grãos por espiga do milho em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2013/2014

	Comprimento de espiga (cm)	**Diâmetro da espiga (cm)**	**Número de fileiras por espiga**	**Número de grãos por fileira**	**Número de grãos por espiga**
Doses de N (kg ha^{-1})					
0	22,12^{ns}	5,24*	15,33	40,52^{ns}	620,29^{ns}
50	22,50	5,21	15,79	41,33	651,67
100	21,78	5,33	15,88	39,85	631,08
150	22,53	5,36	15,62	41,94	654,58
200	22,21	5,30	15,92	40,92	650,25
Fontes de N					
Ureia	22,13 a	5,27 a	15,67	41,03 a	641,75 a
Super N	22,33 a	5,31 a	15,75	40,79 a	641,40 a
D.M.S. (5%)	0,44	0,06	0,40	0,85	19,41
Inoculação					
Com *Azospirillum*	22,66 a	5,30 a	15,53	41,23 a	639,77
Sem *Azospirillum*	21,80 b	5,28 a	15,88	40,59 a	643,38
D.M.S. (5%)	0,44	0,06	0,40	0,85	19,41
Média geral	22,23	5,29	15,71	40,91	641,58
C.V. (%)	4,42	2,56	5,75	4,62	6,76

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo $p<0,01$ * significativo $0,01<p<0,05$ ns: não significativo

Figura 10- Diâmetro do colmo do milho em função de doses de N. Selvíria – MS, 2013/2014



Fonte: Próprio autor (2015).

Segundo Meira et al. (2009) a quantidade de N a ser drenada para o grão tem relação direta como o estado nutricional das plantas e também depende do ciclo, do período de enchimento dos grãos e, principalmente, da cultivar. Com o incremento das doses de N, ocorreu aumento na disponibilidade deste nutriente, e possivelmente aumentou o acúmulo de N para o grão, culminando no aumento do diâmetro da espiga.

As fontes de N, bem como a inoculação com a bactéria *Azospirillum brasilense* não diferiram para o diâmetro das espigas, número de fileiras por espiga, grãos por fileira, grãos por espiga de milho (Tabela 4). Para o comprimento de espigas, as fontes de N não influenciaram significativamente, contudo a inoculação propiciou incremento no valor da variável comparativamente aos tratamentos não inoculados.

Segundo Lopes et al. (2007), as relações entre as características de espigas são dependentes dos genótipos. Para Cruz e Carneiro (2003) o híbrido é responsável por 50% da produtividade final dos grãos. Desta maneira, para que o híbrido expresse todo seu potencial genético, os fatores água, nutrientes e temperatura são fundamentais. O incremento das doses de N nos tratamentos não inoculados possibilitaram o melhor desenvolvimento das fileiras e dos grãos em função da tendência de maior acúmulo de N com reflexo positivo no estado nutricional da planta, possibilitando a expressão genética do material em número de fileiras e de grãos por espiga. Quando os tratamentos foram inoculados, o incremento das doses de N não infuenciou nestas variáveis, o que novamente é um indicativo da capacidade da inoculação com *A. brasilense* de propiciar melhores condições de absorção de nutrientes e

água, com reflexo positivo na nutrição da cultura do milho, culminando em desenvolvimento da espiga.

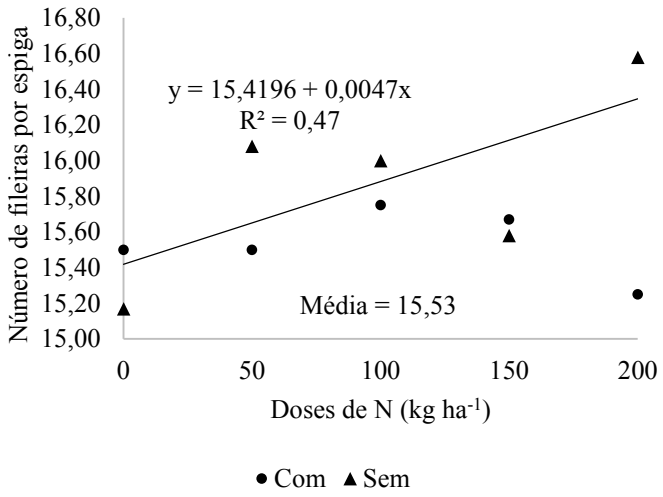
A interação entre doses e inoculação e doses e fontes foi significativa para o número de fileiras por espiga (Tabela 5). Analisando o desdobramento entre doses e inoculação, na dose de 200 kg ha^{-1} de N aplicados, os tratamentos não inoculados foram superiores aos tratamentos inoculados. Houve ajuste a função linear crescente para número de fileiras por espiga nos tratamentos sem inoculação em função do incremento das doses de N (Figura 11).

Tabela 5- Desdobramento da interação inoculação e doses de N, da análise de variância referente ao número de fileiras por espiga de milho. Selvíria – MS, 2013/2014

Inoculação	Doses de N (kg ha^{-1})				
	0	50	100	150	200
Com^{ns}	15,50 a	15,50 a	15,75 a	15,67 a	15,25 b
Sem*	15,17 a	16,08 a	16,00 a	15,58 a	16,58 a
D.M.S. (5%)			0,90		

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo $p<0,01$ * significativo $0,01<p<0,05$ ns: não significativo

Figura 11- Desdobramento da interação doses de N dentro de inoculação, da análise de variância referente ao número de fileiras por espiga do milho. Selvíria – MS, 2013/2014



Fonte: Próprio autor (2015).

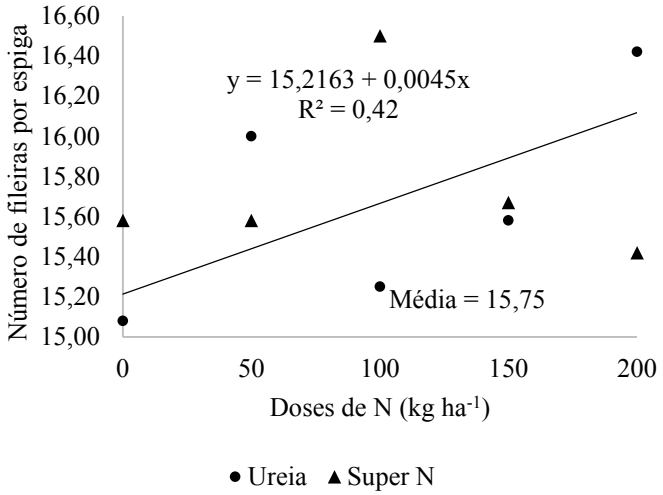
Para a interação entre doses e fontes de N, na dose de 100 kg ha^{-1}, a fonte Super N propiciou maior número de fileiras por espiga comparativamente à ureia, contudo na dose de 200 kg ha^{-1} a ureia foi superior estatisticamente no número de fileiras por espiga comparado ao Super N (Tabela 6). Houve ajuste a função linear crescente apenas para a fonte ureia em função das doses de N (Figura 12).

Tabela 6- Desdobramento da interação fontes e doses de N, da análise de variância referente ao número de fileiras por espiga de milho. Selvíria – MS, 2013/2014

Fontes	Doses de N (kg ha^{-1})				
	0	50	100	150	200
Ureia*	15,08 a	16,00 a	15,25 b	15,58 a	16,42 a
Super N^{ns}	15,58 a	15,58 a	16,50 a	15,67 a	15,42 b
D.M.S. (5%)			0,90		

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

Figura 12- Desdobramento da interação doses de N dentro de fontes, da análise de variância referente ao número de fileiras por espiga do milho. Selvíria – MS, 2014



Fonte: Próprio autor (2015).

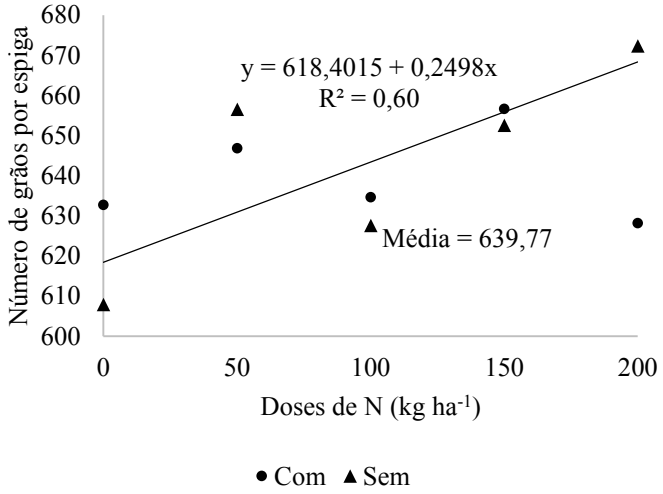
A interação entre doses e inoculação também foi significativa para o número de grãos por espiga, onde na dose de 200 kg ha^{-1} de N, os tratamentos não inoculados propiciaram maior número de grãos por espiga que os tratamentos em que foi realizada a inoculação com *A. brasilense* (Tabela 7). Houve ajuste a função linear crescente dos tratamentos não inoculados em função das doses de N (Figura 13). Isto provavelmente não ocorreu para a inoculação com *A. brasilense* devido ao fato de que na dose zero de N (testemunha), houve contribuição expressiva da inoculação para um valor mais elevado do número de grãos por espiga.

Tabela 7- Desdobramento da interação inoculação e doses de N, da análise de variância referente ao número de grãos por espiga de milho. Selvíria – MS, 2013/2014

Inoculação	Doses de N (kg ha^{-1})				
	0	50	100	150	200
Com^{ns}	632,67 a	646,84 a	634,58 a	656,58 a	628,17 b
Sem*	607,92 a	656,50 a	627,58 a	652,58 a	672,33 a
D.M.S. (5%)			43,40		

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

Figura 13- Desdobramento da interação doses de N dentro de inoculação, da análise de variância referente ao número de grãos por espiga do milho. Selvíria – MS, 2013/2014



Fonte: Próprio autor (2015).

No que se refere às fontes de N, resultados semelhantes foram obtidos por Soratto et al. (2010), onde os autores não verificaram diferença estatística para o número de grãos por espiga e massa de grãos. Semelhantemente, Goes et al. (2014) não verificaram diferença para as fontes ureia, sulfato de amônio e nitrato de amônio no número de fileiras por espiga, grãos por fileira, grãos por espiga e diâmetro da espiga.

Com relação à inoculação com *A. brasilense*, Kappes et al. (2013b) também não verificaram efeito desta bactéria diazotrófica aplicada via semente no diâmetro da espiga, massa de grãos e número de fileiras por espiga.

Porcentagem de acamamento, umidade dos grãos na ocasião de colheita, massa de 100 grãos, produtividade de grãos de milho e eficiência agronômica (EA)

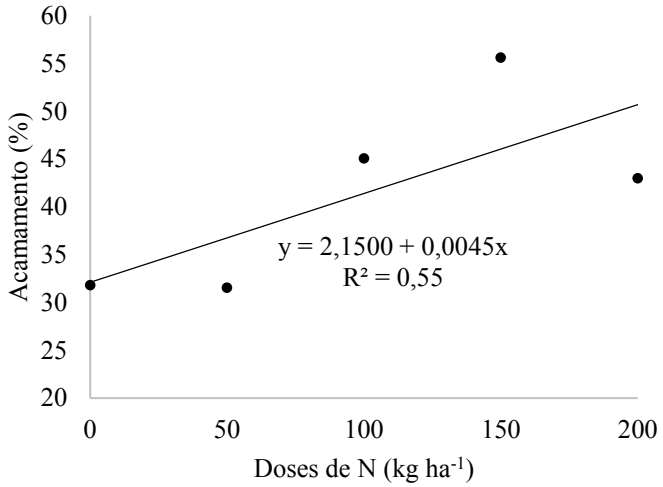
As doses de N influenciaram isoladamente apenas na porcentagem de acamamento (Tabela 8), com ajuste a função linear crescente (Figura 14). Tal resultado é negativo, uma vez que o aumento de plantas acamadas dificulta a colheita e pode afetar negativamente na produtividade de grãos.

Tabela 8- Porcentagem de acamamento, umidade dos grãos na ocasião de colheita, massa de 100 grãos, produtividade de grãos de milho e eficiência agronômica (EA) em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2013/2014

	Acamamento (%)	**Umidade na colheita (% b.u.)**	**Massa de 100 grãos (g)**	**Produtividade de grãos (kg ha^{-1})**	**EA (kg grãos/ kg N aplicado)**
Doses de N (kg ha^{-1})					
0	31,81*	23,19^{ns}	31,67^{ns}	8215**	-
50	31,56	23,35	31,75	8714	18,69*
100	45,06	23,24	31,48	9213	12,09
150	55,63	23,12	32,26	9126	8,23
200	43,00	23,29	32,12	9186	5,03
Fontes de N					
Ureia	37,75 a	23,14 a	31,83 a	8936 a	14,03
Super N	45,08 a	23,34 a	31,88 a	8845 a	7,99
D.M.S. (5%)	11,70	0,38	0,69	451	6,36
Inoculação					
Com *Azospirillum*	40,28 a	23,51 a	31,99 a	9254	15,95
Sem *Azospirillum*	42,55 a	22,97 b	31,72 a	8528	6,08
D.M.S. (5%)	11,70	0,38	0,69	451	6,36
Média geral	41,41	23,24	31,86	8891	11,01
C.V. (%)	36,12##	3,61	4,82	11,33	54,51#

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo
#Dados corrigidos seguindo a equação $(x+0,5)^{0,5}$

Figura 14- Porcentagem de acamamento do milho em função das doses de N. Selvíria – MS, 2013/2014



Fonte: Próprio autor (2015).

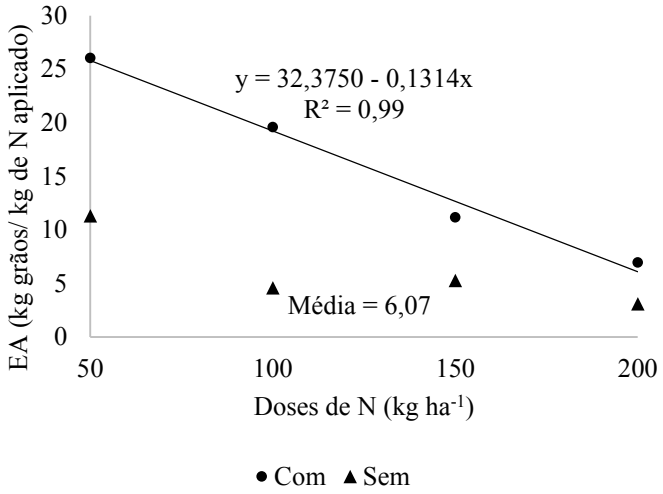
A interação entre doses e inoculação foi significativa para a EA e produtividade de grãos de milho. Analisando o desdobramento entre doses e inoculação na EA, nas doses de 50 e 100 kg ha^{-1} os tratamentos inoculados apresentaram maior EA comparativamente aos tratamentos não inoculados (Tabela 9). Houve ajuste a função linear decrescente dos tratamentos com *A. brasilense* em função das doses de N (Figura 15).

Tabela 9- Desdobramento da interação inoculação e doses de N, da análise de variância referente à eficiência agronômica (EA) de doses de N na cultura do milho. Selvíria – MS, 2013/2014

Inoculação#	Doses de N (kg ha^{-1})			
	50	100	150	200
Com**	26,05 a	19,60 a	11,18 a	6,95 a
Semns	11,33 b	4,58 b	5,28 a	3,10 a
D.M.S. (5%)	12,72			

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo
#Dados corrigidos seguindo a equação $(x+0,5)^{0,5}$

Figura 15- Desdobramento da interação doses de N dentro de inoculação, da análise de variância referente à eficiência agronômica (EA) de doses de N na cultura do milho. Selvíria – MS, 2013/2014



Fonte: Próprio autor (2015).

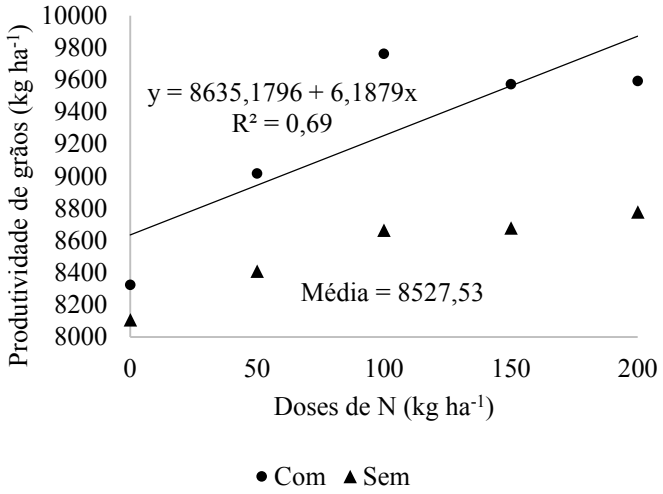
Para a produtividade de grãos, na dose de 100 kg ha^{-1}, os tratamentos em que foram inoculados com *A. brasilense* foram superiores aos tratamentos não inoculados (Tabela 10). Houve ajuste a função linear crescente dos tratamentos inoculados com *A. brasilense* em função do incremento das doses de N (Figura 16).

Tabela 10- Desdobramento da interação inoculação e doses de N, da análise de variância referente à produtividade de grãos de milho. Selvíria – MS, 2013/2014

Inoculação	Doses de N (kg ha^{-1})				
	0	50	100	150	200
Com**	8324 a	9018 a	9762 a	9573 a	9593 a
Semns	8107 a	8410 a	8665 b	8678 a	8778 a
D.M.S. (5%)			1009		

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

Figura 16- Desdobramento da interação doses de N dentro de inoculação, da análise de variância referente à produtividade de grãos do milho. Selvíria – MS, 2013/2014



Fonte: Próprio autor (2015).

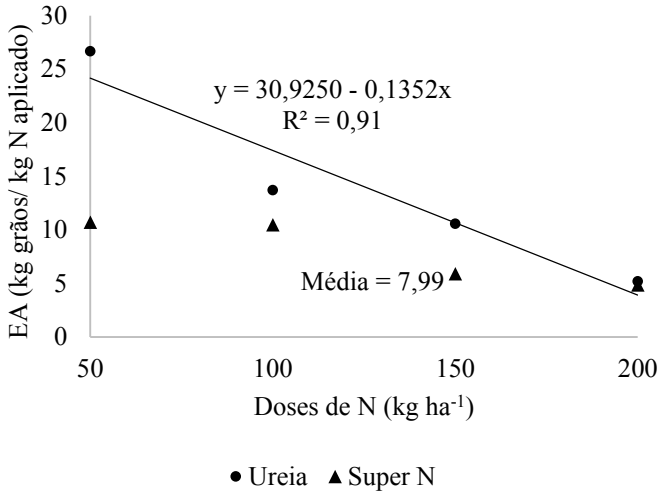
A interação entre doses e fontes foi significativa para EA, onde a fonte ureia foi mais eficiente quando comparado ao Super N na dose de 50 kg ha^{-1} (Tabela 11). Houve ajuste a função linear decrescente da ureia em função das doses de N, enquanto, para o Super N não se constatou nenhuma influência (Figura 17).

Tabela 11- Desdobramento da interação fontes e doses de N, da análise de variância referente à eficiência agronômica (EA) de doses de N na cultura do milho. Selvíria – MS, 2013/2014

Fontes#	Doses de N (kg ha^{-1})			
	50	100	150	200
Ureia**	26,67 a	13,70 a	10,57 a	5,18 a
Super Nns	10,72 b	10,48 a	5,90 a	4,87 a
D.M.S. (5%)	12,72			

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo
#Dados corrigidos seguindo a equação $(x+0,5)^{0,5}$

Figura 17- Desdobramento da interação doses de N dentro de fontes, da análise de variância referente à eficiência agronômica (EA) de doses de N na cultura do milho. Selvíria – MS, 2013/2014



Fonte: Próprio autor (2015).

Em diversos trabalhos são relatados aumentos na produtividade de grãos de milho com a aplicação de doses de N em cobertura (GOMES et al., 2007; PAVINATO; ROSOLEM, 2008; LANA et al., 2009; GOES et al., 2014; KAPPES et al., 2014), reforçando os resultados obtidos. Meira et al. (2009) observaram que as perdas por volatilização de NH_3, entre os vários fertilizantes, inclusive a ureia, não refletiram na produtividade do milho. Assim, as maiores produtividades de grãos foram obtidas quando o N foi fornecido em doses maiores por ocasião da cobertura, ou seja, havia N disponível na solução do solo no período em que a planta requer maior quantidade do nutriente. Uma explicação seria, provavelmente, devido ao fato de que o N aplicado na semeadura já se encontrar na solução do solo e, quando acrescido do N em cobertura, a planta ter maior quantidade do elemento para ser absorvido.

A correlação linear de Pearson foi positiva para os tratamentos inoculados com *Azospirillum brasilense* entre ICF e produtividade de grãos (0,5202**) e também foi positiva nos tratamentos não inoculados entre ICF e altura de espigas (0,3647*) e porcentagem de acamamento (0,5386**). Vale ressaltar que os valores encontrados para ICF são relativamente elevados, inclusive na testemunha. Costa et al. (2012), Kappes, Arf e Andrade (2013a) e Kappes et al. (2014) verificaram valores variando entre 39,9 e 71,2, 51,1 e 68,5 e 55,3 e 62,1, respectivamente.

O incremento nos parâmetros produtivos avaliados, como altura de plantas, altura de inserção da espiga principal e produtividade de grãos de milho possivelmente influenciaram

no acamamento das plantas, uma vez que a planta se tornou mais alta e com maior peso para distribuir ao longo de sua parte aérea, facilitando qualquer tipo de acamamento ou queda com alguma eventual mudança climática ou excesso de vento.

As fontes de N não diferiram significativamente nas avaliações de porcentagem de acamamento, umidade na colheita, massa de 100 grãos, EA e produtividade de grãos de milho (Tabela 8). Possivelmente a ausência de resposta das fontes deve-se ao fato de que após a aplicação do N, à noite, foi efetuado a irrigação das parcelas, sendo ainda que a cultura do milho, em ambos anos agrícolas foi irrigada em todo seu ciclo desenvolvimento, reduzindo as perdas por volatilização, principalmente da ureia. Ao irrigar a área, provavelmente ocorreu redução substancial da volatilização de $N\text{-}NH_3$, em consequência do aumento do contato entre o fertilizante e as partículas de solo. Com isso, há um aumento da adsorção de NH_4^+ às cargas negativas do solo (SILVA et al., 1995).

De maneira semelhante, observa-se na literatura, trabalhos envolvendo o uso de ureia revestida com polímeros comparando com a ureia convencional, mostrando não haver diferenças significativas, como no trabalho de Queiroz et al. (2011) que para o milho cultivado em Patos de Minas-MG, não verificaram alterações na produtividade entre a ureia e ureia revestida com polímeros de liberação gradativa. Também Valderrama et al. (2011), comparando o efeito da ureia tradicional com a ureia revestida com polímeros solúveis não obtiveram vantagens com o encapsulamento da ureia com polímeros para o milho cultivado em Selvíria-MS.

Meira et al. (2009), em trabalho realizado com milho, utilizando diferentes fontes de N (Sulfato de amônio, sulfonitrato de amônio e ureia) e Goes et al. (2014) utilizando a ureia, sulfato de amônio e nitrato de amônio também não observaram diferença significativa na produtividade de grãos. Semelhantemente, Kappes et al. (2014), trabalhando com ureia e sulfato de amônio na cultura do milho em sistema plantio direto na região do cerrado, também não verificaram diferença significativa na produtividade de grãos e ICF, corroborando com os resultados obtidos.

Como as fontes não influenciaram nas principais avaliações realizadas, a ureia se torna mais vantajosa devido sua melhor relação custo benefício, corroborando com (QUEIROZ et al., 2011; GARCIA, 2014; MAESTRELO et al., 2014).

A inoculação com *Azospirillum brasilense* proporcionou maior teor de umidade na colheita, produtividade de grãos de milho e EA das doses de N em relação a não inoculação com esta bactéria (Tabela 8).

A maior umidade dos grãos em ocasião de colheita em função da inoculação com *A.brasilense* pode ser explicada pelo fato dessas bactérias poderem atuar no crescimento da planta através da produção de substâncias promotoras de desenvolvimento (auxinas, giberelinas e citocininas), as quais proporcionam melhor crescimento radicular (OKON; VANDERLEYDEN, 1997) e por consequência terão maior absorção de água e nutrientes (CORREA et al., 2008) resultando em uma planta com maior quantidade de água acumulada nos grãos.

No que se refere à EA, de acordo com Dobbelaere, Vanderleyden e Okon (2003) respostas positivas à inoculação com *A. brasilense* são obtidas inclusive quando as culturas são cultivadas com altos teores de N no solo, o que indica que as respostas da planta não ocorrem apenas em razão do N_2 fixado, mas, também da produção de outras substâncias hormonais. Tal fato, possivelmente pode ter afetado o desenvolvimento radicular do milho, o que segundo Novakowiski et al. (2011) melhoraria a eficiência de aproveitamento do N residual, absorção de água e de outros nutrientes, refletindo diretamente em uma maior eficiência agronômica da cultura do milho com a inoculação com *A. brasilense*, como verificado no presente trabalho.

Com relação à produtividade de grãos, resultados positivos com o uso de *Azospirillum* também foram relatados por Kappes et al (2013b), trabalhando com doses de N e inoculação com *A. brasilense* em milho na primeira safra. Segundo os autores a inoculação propiciou aumento de 9,4% na produtividade de grãos. Já Cavallet et al. (2000) obtiveram, na presença de aplicação de N em cobertura, aumento de 17% na produtividade do milho quando as sementes foram inoculadas com *Azospirillum* spp.. Bulla e Balbinot Júnior. (2011) observaram aumento de 4,5% na produtividade de grãos de milho pela inoculação com *A. brasilense*, na média de cinco doses de N em cobertura, com produtividade média de grãos acima de 12.500kg ha^{-1}. Resultados semelhantes foram obtidos por Novalkowiski et al. (2011), onde a produtividade de milho manteve-se superior com a inoculação de *A. brasilense* quando comparada ao controle mesmo com o aumento da quantidade de N aplicada. Hungria et al. (2010) também obtiveram incrementos na produtividade de milho, e dependendo da estirpe de *A. brasilense* avaliada, o aumento na produtividade foi da ordem de 24 a 30%,

correspondendo a 662 a 823 kg ha^{-1}. O incremento em produtividade de grãos em função da inoculação comparativamente aos tratamentos não inoculados verificados no presente trabalho foi, em 2013/14 e 2014/15 (dados não apresentados), respectivamente de 727 e 1298 kg ha^{-1}, o que corresponde a aumento em sacas de 12 e 22 sacas de 60 kg, equivalente a 8,5 e 22,9%.

Entretanto, diferentemente do verificado no presente trabalho, Pandolfo et al. (2015), estudando doses de N em cobertura (0, 25, 50, 75, 100 e 125 kg ha^{-1}) e inoculação com *A. brasilense* na cultura do milho não constataram efeito positivo da inoculação, e ainda segundo os autores a inexistência de resposta do milho à inoculação com *A. brasilense* nos ambientes estudados confirma as observações de um levantamento realizado por Okon e Labandera-Gonzales (1994) em experimentos conduzidos por 20 anos, em que constataram que não ocorreram incrementos de produtividade em função da inoculação em 30 a 40 % dos casos. Esses resultados podem estar relacionados ao que pondera Hungria (2011), que considera que os efeitos da inoculação de sementes de milho sobre a produtividade de grãos dependem das características genéticas das plantas e das estirpes, além das condições de ambiente.

Apesar do aumento na produtividade de grãos de milho, os efeitos em gramíneas são muito variáveis, e segundo Novakowiski et al. (2011), é difícil elaborar uma recomendação precisa sobre o uso destes inoculantes na cultura do milho devido a este fato. É de fundamental importância levar em consideração que a interação entre genótipo da planta com estirpes eficientes de bactérias é o fato chave para o sucesso da fixação biológica de N (LANA et al., 2012).

4.2. EXPERIMENTO DE TRIGO

ICF e concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S foliares

As doses e fontes de N não influenciaram isoladamente no ICF e na concentração foliar dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) (Tabela 12). O aumento da concentração de N no tecido foliar era esperado, uma vez que disponibilizando maior quantidade de N, a absorção da cultura seria maior com reflexo na concentração na folha e em parte aérea.

Tabela 12- ICF e concentrações foliares de N, P, K, Ca, Mg e S no trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2014

	ICF	N	P	K	Ca	Mg	S
		----------g kg^{-1} de M.S.----------					
Doses de N (kg ha^{-1})							
0	49,89*	46,33^{ns}	3,61^{ns}	13,50^{ns}	3,43^{ns}	2,51^{ns}	3,98^{ns}
50	55,41	44,35	3,54	12,17	3,42	2,37	3,68
100	56,17	46,11	3,56	15,00	3,42	2,48	3,68
150	58,77	48,11	3,60	14,00	3,71	2,63	3,93
200	57,91	47,13	3,63	12,83	3,23	2,37	3,77
Fontes de N							
Ureia	54,72 a	45,78 a	3,58 a	13,33 a	3,30 a	2,36 a	3,75 a
Super N	56,53 a	47,03 a	3,59 a	13,67 a	3,58 a	2,58 a	3,86 a
D.M.S. (5%)	2,08	1,78	0,08	1,55	0,37	0,25	0,39
Inoculação							
Com *Azospirillum*	55,62 a	45,67 a	3,51 b	12,60 b	3,11 b	2,39 a	3,73 a
Sem *Azospirillum*	55,63 a	47,15 a	3,67 a	14,40 a	3,77 a	2,55 a	3,88 a
D.M.S. (5%)	2,08	1,78	0,08	1,55	0,37	0,25	0,39
Média geral	55,63	46,41	3,59	13,50	3,44	2,47	3,81
C.V. (%)	7,15	7,33	4,08	21,91	20,80	19,73	19,45

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

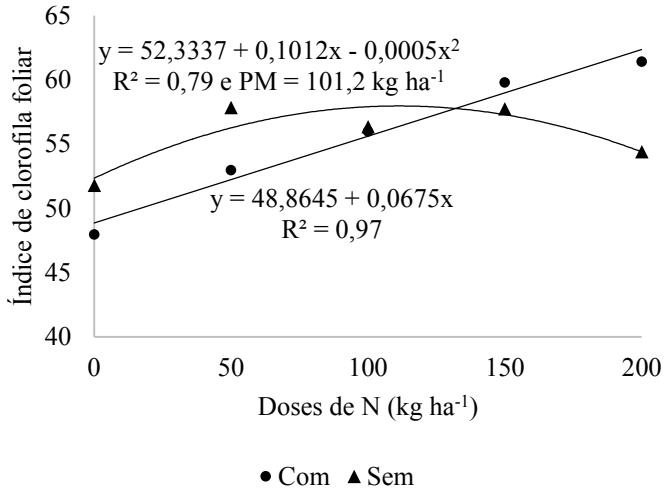
A interação entre doses e inoculação e doses e fontes foi significativa para ICF. Na dose de 50 kg ha^{-1} de N, os tratamentos não inoculados apresentaram maior ICF, contudo na dose de 200 kg ha^{-1} o inverso foi verificado, onde os tratamentos inoculados apresentaram maior ICF (Tabela 13). Houve ajuste a função linear crescente para doses nos tratamentos com inoculação e ajuste quadrático nos tratamentos sem inoculação, com ponto de máxima dose em 101 kg ha^{-1} de N (Figura 18). Analisando o desdobramento entre doses e fontes, na dose aplicada em cobertura de 150 kg ha^{-1} de N, o Super N propiciou maior ICF comparativamente à ureia (Tabela 14). Houve ajuste a função linear crescente para doses na fonte ureia e ajuste quadrático na fonte Super N, com ponto de máximo ICF sendo alcançado na dose de 167 kg ha^{-1} de N (Figura 19).

Tabela 13- Desdobramento da interação inoculação e doses de N, da análise de variância referente ao ICF do trigo. Selvíria – MS, 2014

Inoculação	Doses de N (kg ha^{-1})				
	0	50	100	150	200
Com**	47,95 a	52,96 b	55,97 a	59,79 a	61,41 a
Sem*	51,79 a	57,86 a	56,36 a	57,74 a	54,42 b
D.M.S.			4,65		

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

Figura 18- Desdobramento da interação doses de N dentro de inoculação, da análise de variância referente ao ICF do trigo. Selvíria – MS, 2014



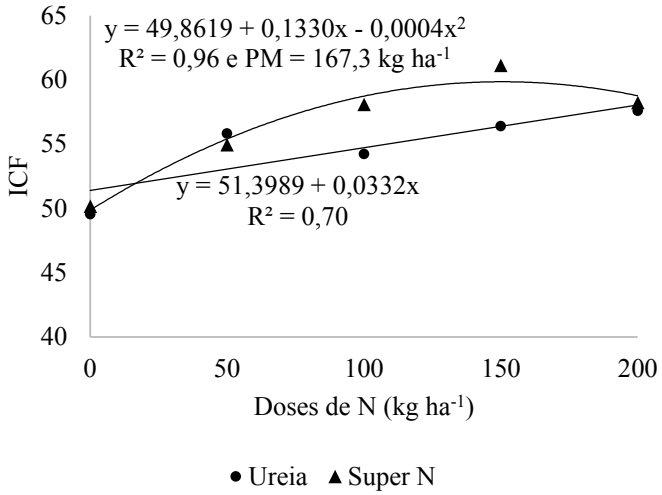
Fonte: Próprio autor (2015).

Tabela 14- Desdobramento da interação fontes e doses de N, da análise de variância referente ao ICF do trigo. Selvíria – MS, 2014

Fontes	Doses de N (kg ha^{-1})				
	0	50	100	150	200
Ureia*	49,56 a	55,84 a	54,23 a	56,40 b	57,59 a
Super N**	50,18 a	54,97 a	58,11 a	61,13 a	58,24 a
D.M.S.			4,65		

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

Figura 19- Desdobramento da interação doses de N dentro de fontes, da análise de variância referente ao ICF do trigo. Selvíria – MS, 2014



Fonte: Próprio autor (2015).

Com relação ao ICF, resultados semelhantes foram obtidos por Theago et al. (2014) com aumento do ICF até a dose de 200 kg ha^{-1}, e Teixeira Filho et al. (2010) na dose de N de até 147 kg ha^{-1}. O aumento nos valores do ICF, em consequência das doses de N, assemelha-se aos relatados para trigo de inverno submetido às doses 0, 50, 100, 150, 200, 250 e 300 kg ha^{-1} (LOPEZ-BELLIDO; SHEPERD; BARRACLOUGH, 2004). Esse comportamento é resultante do aumento da concentração de clorofila, promovido pela maior disponibilidade de N total nos tecidos. Essa relação é atribuída principalmente ao fato de que 50 a 70% do N total da folha é integrante de enzimas que estão associadas aos cloroplastos (CHAPMAN; BARRETO, 1997).

Por meio da correlação linear de Pearson, constatou-se correlação significativa entre o ICF e a quantidade de palhada produzida (0,3608*) e a matéria seca de grãos (0,3403*) na ausência de inoculação. Para os tratamentos inoculados com *A. brasilense*, o ICF correlacionou-se com a porcentagem de parte aérea de palhada (-0,3249*), porcentagem de parte aérea de grãos (0,3249*), número de grãos por espiga (0,3684*), número de grãos por espigueta (0,3700*), porcentagem de acamamento (0,7198**) e umidade dos grãos na ocasião de colheita (0,3914*).

Para a concentração foliar de N, diferentemente do verificado, Theago et al. (2014) observaram aumento linear na concentração de N foliar com o incremento das doses. O aumento da concentração de N na folha bandeira do trigo, em razão do aumento das doses de

N, também foi relatado por Teixeira Filho et al. (2008), porém a resposta foi quadrática e até a dose de 100 kg ha^{-1} de N e Teixeira Filho et al. (2012), com ponto de máximo teor de N sendo atingindo com a estimativa de aplicação de 163 kg ha^{-1} de N. Aumento da concentração de N total na folha bandeira, em consequência das doses de N, assemelha-se ao resultado relatado por Penckowski (2006), com a cultivar Avante, em que a resposta foi quadrática, com ponto de máxima estimado em 180 kg ha^{-1} de N.

Vale ressaltar que a concentração de N no tecido foliar, mesmo na ausência de adubação nitrogenada (dose 0 kg ha^{-1}) estava acima do preconizado como adequado por Cantarella, Raij e Camargo (1997), que vai de 20-34 g kg^{-1}, evidenciando que o solo conseguiu supir a necessidade de cultura em nitrogênio. Salienta-se que a vantagem da medição da concentração de clorofila é a de que não há consumo de luxo para constituição da molécula de clorofila (BLACKMER; SCHEPERS, 1995). A leitura pode ser realizada em poucos minutos, possibilitando rápido diagnóstico do estado nutricional da planta em relação ao N. Deve-se considerar também que o aparelho tem custos mínimos de manutenção (PIEKIELEK; FOX, 1992), não há necessidade de retirada de folhas e o agricultor pode realizar quantas medições desejar.

Com relação as fontes de N, resultados semelhantes foram verificados por Megda et al. (2009) utilizando as fontes sulfonitrato de amônio, sulfato de amônio e ureia para a concentração de N do trigo irrigado no cerrado. Contudo, Teixeira Filho et al. (2010) verificaram maiores concentrações de N no tecido foliar quando foi utilizado as fontes sulfonitrato de amônio e sulfato de amônio comparativamente à ureia.

A inoculação com *A. brasilense* influenciou negativamente as concentrações de P, K e Ca no tecido foliar, propiciando menores concentrações destes nutrientes comparativamente aos tratamentos não inoculados. Para a concentração de N, Mg e S, a inoculação não influenciou significativamente os valores obtidos (Tabela 12).

Embora o *A. brasilense* possa atuar no crescimento da planta através da produção de substâncias promotoras de desenvolvimento (auxinas, giberelinas e citocininas) as quais proporcionam melhor crescimento radicular (OKON; VANDERLEYDEN, 1997) e por consequência terão maior absorção de água e nutrientes (CORREA et al., 2008) resultando em uma planta mais vigorosa e produtiva (BASHAN; HOLGUIN; DE-BASHAN, 2004; HUNGRIA, 2011), o resultado obtido no presente estudo foi contrário ao esperado, mas pode ser relacionado com a imobilização destes nutrientes pelas bactérias, reduzindo a

disponibilidade para as plantas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002; STAMFORD et al., 2005) e ao que pondera Hungria (2011), que considera que os efeitos da inoculação de sementes sobre a produtividade de grãos dependem das características genéticas das plantas e das estirpes, além das condições de ambiente, o que levanta a questão da diferença de eficiência da inoculação nas culturas do milho e trigo.

Os nutrientes N, P, e S apresentaram teores foliares médios acima do preconizado como adequado por Cantarella, Raij e Camargo (1997), cuja a faixa adequada para estes nutrientes são: 20-34; 2,1-3,3 e 1,5-3 g kg^{-1}, respectivamente. Para o Ca e Mg os teores foliares médios estão dentro do preconizado por Cantarella, Raij e Camargo (1997) como adequado, cuja faixa adequada para tais nutrientes é de, 2,5-10,0 e 1,5-4,0 g kg^{-1}. A concentração de K foi ligeiramente inferior a 15 (13,5 g kg^{-1}), se encontrando abaixo da faixa tida como adequada.

A correlação de Pearson foi significativa entre a concentração de N foliar e o número de espiguetas por espiga (-0,3204*), nas concentrações foliares de P (0,4652**), Ca (0,8386**), Mg (0,7678**), S (0,7088**), Fe (0,5970**), na concentração de K na palhada (0,5724**) e no teor de S no solo (-0,5647**) nos tratamentos não inoculados. Já nos tratamentos em que foi efetuado a inoculação, a correlação foi significativa entre a concentração de N foliar e P foliar (0,6287**) e CTC do solo (-0,5633**).

Concentrações de Cu, Fe, Mn e Zn foliares

As doses de N não influenciaram nas concentrações foliares de Cu, Fe, Mn e Zn (Tabela 15). De maneira geral, as fontes de N também não influenciaram as concentrações dos micronutrientes catiônicos, com exceção do Mn, que apresentou maior concentração quando a fonte utilizada foi o Super N (Tabela 15).

Tabela 15- Concentrações foliares de Cu, Fe, Mn e Zn no trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense.* Selvíria – MS, 2014

	Cu	**Fe**	**Mn**	**Zn**
	----------mg kg^{-1} de M.S.----------			
Doses de N (kg ha^{-1})				
0	13,58^{ns}	104,42^{ns}	133,42^{ns}	21,58^{ns}
50	10,75	106,58	132,25	21,58
100	13,42	101,58	126,25	22,33
150	11,17	105,00	142,67	22,67
200	11,25	105,25	122,00	23,25
Fontes de N				
Ureia	12,10 a	103,67 a	122,70 b	22,13 a
Super N	11,97 a	105,47 a	139,93 a	22,43 a
D.M.S. (5%)	2,04	8,06	11,93	2,63
Inoculação				
Com *Azospirillum*	12,57 a	101,17 a	118,87 b	21,73 a
Sem *Azospirillum*	11,50 a	107,97 a	143,77 a	22,83 a
D.M.S. (5%)	2,04	8,06	11,93	2,63
Média geral	12,03	104,57	131,32	22,28
C.V. (%)	32,45	14,75	17,38	22,58

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

Com relação à inoculação com *A. brasilense*, apenas a concentração de Mn foi influenciada de forma negativa, onde os tratamentos inoculados propiciaram menor concentração do nutriente no tecido foliar (Tabela 15). Resultados semelhantes foram verificados por Galindo et al. (2015b), onde a concentração de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn bem como o ICF não foram influenciados pela inoculação com *A. brasilense*. É importante ressaltar que os efeitos em gramíneas são muito variáveis, e segundo Novakowiski et al. (2011), é difícil elaborar uma recomendação precisa sobre o uso destes inoculantes nas culturas em geral devido a este fato. É de fundamental importância levar em consideração que a interação entre genótipo da planta com estirpes eficientes de bactérias é o fato chave para o sucesso da fixação biológica de N (LANA et al., 2012).

Os teores médios de Cu, Fe, Mn e Zn foliares estavam adequados de acordo com Cantarella, Raij e Camargo (1997), cuja a faixa adequada para estes nutrientes são: 5-25; 10-300, 25-150 e 20-70 mg kg^{-1}, respectivamente.

Possivelmente, o fato da cultura do trigo ter sido cultivada em uma área de plantio direto consolidado há mais de 10 anos propiciou maior disponibilidade de nutrientes como N,

P, e S, uma vez que nesta fase do sistema plantio direto, existe o incremento dos teores de matéria orgânica e da mineralização e ciclagem de nutrientes, principalmente dos nutrientes citados anteriormente, corroborando com Pavinato e Rosolem (2008), que destacaram que houve acúmulo de nutrientes nas camadas superficiais do solo no sistema de plantio direto, visto que, além de não haver revolvimento, verificaram o acúmulo de nutrientes no tecido das plantas cultivadas, com posterior decomposição da matéria orgânica (M.O.) e liberação nas camadas superficiais. Segundo Chiodini et al. (2013), a M.O. do solo tem a capacidade de reter nutrientes, como o potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), podendo atuar como reservatório de nitrogênio (N), fósforo (P) enxofre (S) e boro (B), sendo capaz de suprir parte das necessidades da cultura durante seu ciclo (BOT; BENITES, 2005).

Altura de plantas, número de espigas por metro, comprimento de espiga, número de espiguetas por espiga, grãos por espigueta e grãos por espiga

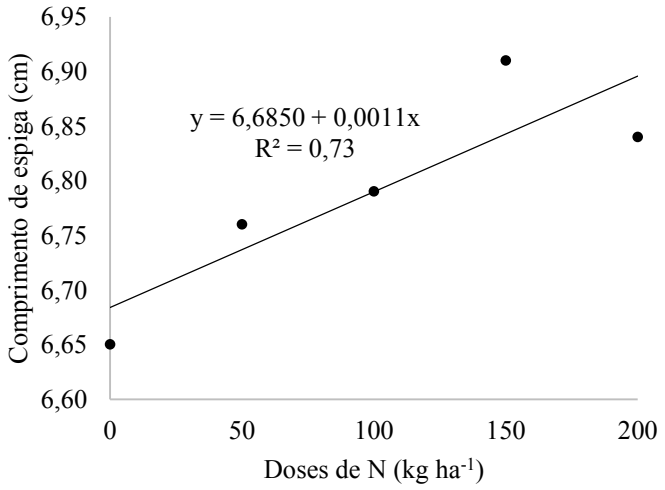
As doses de N influenciaram o comprimento de espiga, número de espiguetas por espiga, grãos por espigueta e grãos por espiga do trigo postivamente (Tabela 16). Houve ajuste a função linear crescente para o comprimento de espiga (Figura 20), número de espiguetas por espiga (Figura 21), grãos por espigueta (Figura 22), grãos por espiga (Figura 23). A altura de plantas e o número de espigas por metro não foram influenciados isoladamente pelas doses de N.

Tabela 16- Altura de plantas, número de espigas por metro, comprimento de espiga, número de espiguetas por espiga, grãos por espigueta e grãos por espiga do trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2014

	Altura de plantas (cm)	**Núm. de espigas por metro**	**Comprimento de espiga (cm)**	**Núm. de espiguetas por espiga**	**Núm. de grãos por espigueta**	**Núm. de grãos por espiga**
Doses de N (kg ha^{-1})						
0	84,89^{ns}	81,00*	6,65**	14,81*	2,25**	33,69**
50	86,54	85,94	6,76	14,89	2,42	36,03
100	85,26	95,00	6,79	14,89	2,46	36,53
150	87,10	97,88	6,91	15,29	2,51	38,23
200	85,09	92,13	6,84	15,08	2,51	37,59
Fontes de N						
Ureia	86,34 a	87,73 a	6,81 a	14,93 a	2,43 a	36,08 a
Super N	85,21 a	93,05 a	6,77 a	15,06 a	2,43 a	36,75 a
D.M.S. (5%)	1,38	5,67	0,09	0,26	0,09	1,48
Inoculação						
Com *Azospirillum*	85,03 b	88,38 a	6,81 a	14,93 a	2,44 a	36,43 a
Sem *Azospirillum*	86,53 a	92,40 a	6,77 a	15,06 a	2,42 a	36,40 a
D.M.S. (5%)	1,38	5,67	0,09	0,26	0,09	1,48
Média geral	85,78	90,39	6,79	14,99	2,43	36,42
C.V. (%)	3,58	14,02	3,12	3,93	7,30	7,76

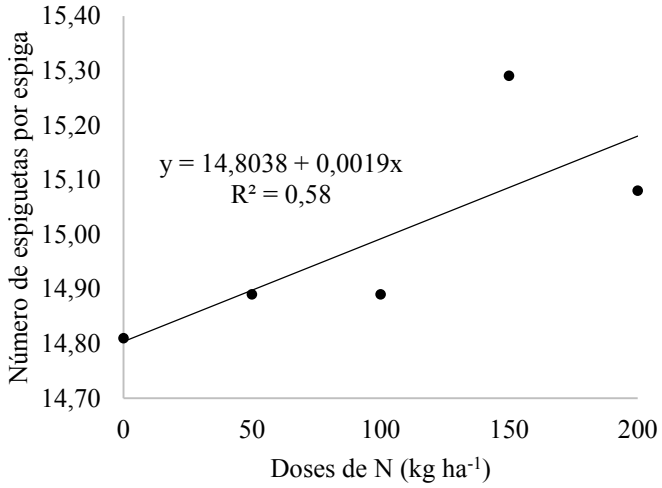
Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

Figura 20- Comprimento de espiga do trigo em função de doses de N. Selvíria – MS, 2014



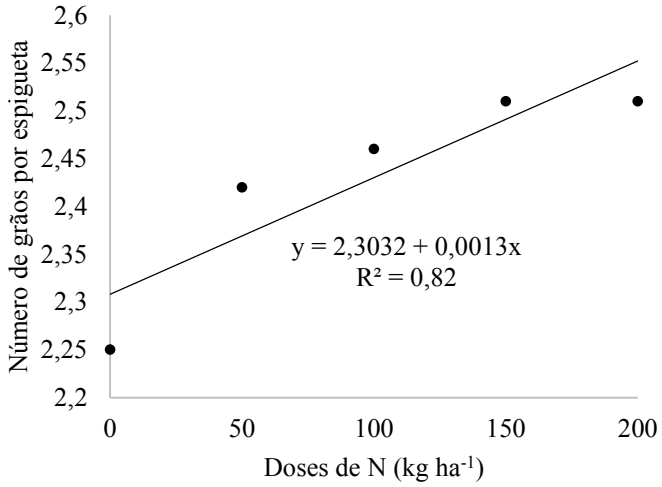
Fonte: Próprio autor (2015).

Figura 21- Número de espiguetas por espiga de trigo em função de doses de N. Selvíria – MS, 2014



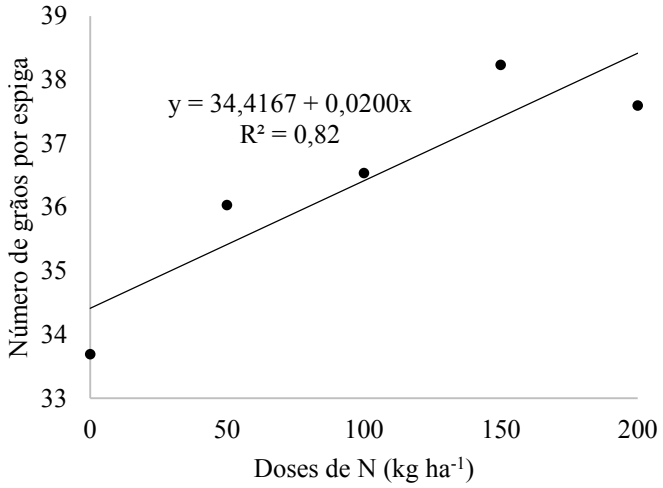
Fonte: Próprio autor (2015).

Figura 22- Número de grãos por espigueta de trigo em função de doses de N. Selvíria – MS, 2014



Fonte: Próprio autor (2015).

Figura 23- Número de grãos por espiga de trigo em função de doses de N. Selvíria – MS, 2014



Fonte: Próprio autor (2015).

No que se refere ao comprimento de espiga, resultados diferentes foram obtidos por Teixeira Filho et al. (2008), trabalhando com as cultivares IAC 370 e IAC 24 em diferentes densidades populacionais não verificaram efeitos das doses de N no comprimento das espigas. Já Rodrigues et al. (2014), avaliando características agronômicas do trigo em função de *Azospirillum brasilense*, ácidos húmicos e N em casa de vegetação verificaram aumento linear com o incremento das doses de N, corroborando com os resultados obtidos.

A altura de plantas não foi influenciada pelas doses de N, corroborando com Teixeira Filho et al. (2008), os quais estudaram as doses 0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha^{-1} de N e, Teixeira Filho et al. (2010), estudando as doses 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha^{-1} de N. Entretanto Zagonel et al. (2002), trabalhando com doses de N (0, 45, 90 e 135 kg ha^{-1}) em cobertura e diferentes densidades de plantas com e sem regulador de crescimento afetando o trigo, verificaram, com o aumento da dose de N, que ocorreu aumento da estatura das plantas da cultivar OR-1. De maneira semelhante, Pietro-Souza et al. (2013) também verificaram aumento na altura de plantas na cultura do trigo no cultivar Guamirim. Theago et al. (2014), pesquisando as doses 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha^{-1} de N, também verificaram efeito das doses de N na altura de plantas, com incremento até a dose de 147 kg ha^{-1} de N.

Com relação as avaliações de grãos, resultados semelhantes foram verificados por Theago et al. (2014), onde o incremento das doses de N em cobertura até a dose de 128 kg ha^{-1} propiciou maior número de grãos por espiga e espigas por metro, independemente da fonte de N utilizada. Bredemeier e Mundstock (2001) também verificaram aumento no número de

espiguetas e no número de grãos por espiga, quando o N foi aplicado por ocasião da emissão da terceira folha. Zagonel et al. (2002) e Teixeira Filho et al. (2007) também verificaram efeito significativo do aumento das doses de N aplicadas em cobertura na forma de ureia e no número de espigas de trigo por metro. Entretanto, Pettinelli Neto et al. (2002), estudando cinco doses de N em seis cultivares de trigo, constataram que não houve efeito das doses de N no número de grãos por espiga. Teixeira Filho et al. (2008) também não verificaram efeito das doses de N (entre 0 e 150 kg ha^{-1}) aplicadas em cobertura no número de grãos por espiga, grãos por espigueta, espiguetas por espiga e grãos chochos com duas populações e em dois cultivares de trigo irrigado na região de cerrado.

Segundo Sangoi et al. (2007), o número de espigas por metro em alta densidade, é o componente de produção mais importante na determinação da produtividade do trigo, evidenciando um dos grandes benefícios da adubação nitrogenada na cultura do trigo e o efeito positivo do nutriente no parâmetro avaliado, como observado no presente trabalho.

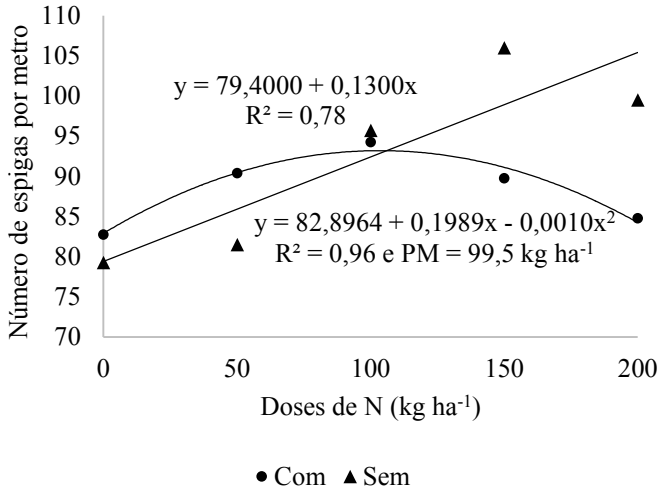
A interação entre doses e inoculação foi significativa para o número de espigas por metro (Tabela 17). Nas doses de 150 e 200 kg ha^{-1}, os tratamentos em que não foram efetuados a inoculação com *A. brasilense* propiciaram maior número de espigas por metro. Houve ajuste a função linear crescente para as doses nos tratamentos não inoculados e ajuste quadrático nos tratamentos em que foi efetuado a inoculação, com ponto de máxima na dose de 100 kg ha^{-1} de N (Figura 24).

Tabela 17- Desdobramento da interação inoculação e doses de N, da análise de variância referente ao número de espigas de trigo por metro. Selvíria – MS, 2014

Inoculação	Doses de N (kg ha^{-1})				
	0	50	100	150	200
Com*	82,75 a	90,38 a	94,25 a	89,75 b	84,75 b
Sem**	79,25 a	81,50 a	95,75 a	106,00 a	99,50 a
D.M.S.	12,69				

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo $p<0,01$ * significativo $0,01<p<0,05$ ns: não significativo

Figura 24- Desdobramento da interação doses de N dentro de inoculação, da análise de variância referente ao número de espigas de trigo por metro. Selvíria – MS, 2014



Fonte: Próprio autor (2015).

As fontes de N e a inoculação com *Azospirillum brasilense* não influenciaram no número de espiguetas por espiga, grãos por espigueta, grãos por espiga, grãos chochos e espigas por metro do trigo (Tabela 16), corroborando com Megda et al. (2009) e Theago et al. (2014) utilizando as fontes sulfonitrato de amônio, sulfato de amônio e ureia.

Ainda com relação as fontes de N, elas não diferiram entre si para a altura de plantas, comprimento de espiga, (Tabela 16). Megda et al. (2009), Teixeira Filho et al. (2010) e Theago et al. (2014), trabalhando com as fontes sulfonitrato de amônio, sulfato de amônio e ureia também não verificaram diferença entre fontes de N para a altura de plantas de trigo irrigado no Cerrado. Ainda, Yano et al. (2005) não encontraram diferença entre ureia, sulfato de amônio e nitrato de amônio para a altura de plantas de trigo.

A inoculação com *A. brasilense* proporcionou altura de plantas inferior quando comparado a não inoculação de sementes (Tabela 16), o que é interessante pois diminui as chances de acamamento. Em contrapartida, a utilização da bactéria *Azospirillum brasilense* inoculada via semente propiciou maior MS de grãos comparativamente aos tratamentos não inoculados. O eventual efeito hormonal positivo da inoculação com *A. brasilense* citado na literatura (HUNGRIA, 2010) justificaria a maior produção de MS de grãos, contudo não era esperado a diminuição de altura de plantas com a inoculação, uma vez que teoricamente a planta consegue desenvolver melhor seu sistema radicular e assim consegue um maior desenvolvimento de parte aérea. Contudo vale ressaltar que este atributo não é favorável visto

que o maior comprimento das plantas pode refletir, geralmente, em maior predisposição ao acamamento (ESPINDULA et al., 2010).

Diferentemente dos resultados obtidos, Ferreira et al. (2014) e Galindo et al. (2015a) estudando a inoculação via foliar de *A. brasilense* na cultura do trigo na região do cerrado não verificaram influência da aplicação desta bactéria na altura de plantas, no número de espigas por m^2, número de grãos por espiga de trigo, número de espiguetas por espiga, grãos chochos e espigas por metro. Já Nunes et al. (2015) verificaram que o número de grãos por espiga não foi influenciado pela inoculação de *A. brasilense*, em solo com baixa e alta disponibilidade de N, corroborando com (RODRIGUES et al., 2014).

Número de grãos chochos, acamamento, palhada formada, matéria seca de grãos e índice de colheita

As doses de N influenciaram a porcentagem de acamamento, quantidade de palhada produzida, matéria seca de grãos por planta índice de colheita do trigo, contudo não influenciaram no número de grãos chochos (Tabela 18).

O N quando deficiente no solo impõe a maior limitação à produtividade da cultura do trigo (RODRIGUES et al., 2014). O adequado suprimento de N determina o número de perfilhos, o que pode favorecer a formação de nós, e causa maior alongamento do colmo. O aumento do número de perfilhos e o maior alongamento do colmo permitem maior captação da radiação solar e, com isso, maior produtividade (FORNASIERI FILHO, 2008). Além disso, o número de espigas por área e o número de espiguetas por espiga aumentam pela adequada disponibilidade e aplicação desse nutriente (MEGDA et al., 2009). Portanto, era de se esperar que a planta de trigo apresentasse maior crescimento vegetativo e desenvolvimento nos grãos, o que possivelmente culminaria em maior produtividade de palhada e matéria seca dos grãos, como verificado no presente trabalho.

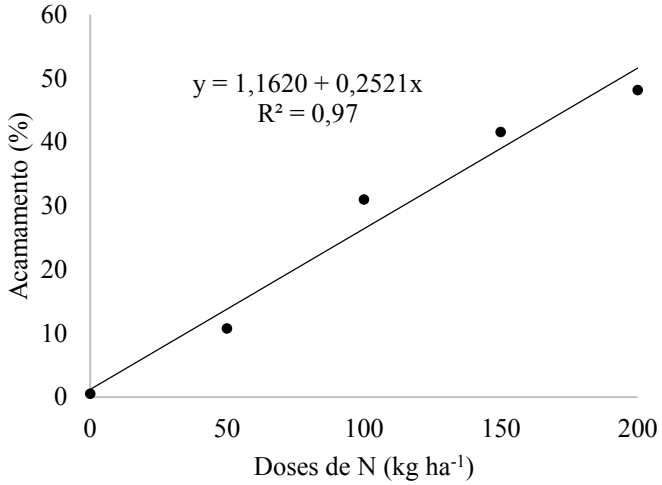
Tabela 18- Número de grãos chochos, porcentagem de acamamento, quantidade de palhada formada, matéria seca de grãos e índice de colheita (IC) do trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2014

	Núm. de grãos chochos	**Acamamento (%)**	**Palhada (kg ha^{-1})**	**M.S. de graos (g planta^{-1})**	**IC (%)**
Doses de N (kg ha^{-1})					
0	1,27^{ns}	0,50**	7824**	1,07**	38,49**
50	1,23	10,75	8255	1,27	43,69
100	1,18	30,94	8373	1,27	44,05
150	1,12	41,56	8804	1,28	44,71
200	1,19	48,13	10235	1,65	44,48
Fontes de N					
Ureia	1,21 a	24,23 a	8824 a	1,38 a	43,51 a
Super N	1,19 a	28,53 a	8573 a	1,23 a	42,66 a
D.M.S. (5%)	0,11	5,46	1091	0,19	1,52
Inoculação					
Com *Azospirillum*	1,18 a	26,08 a	9216 a	1,42 a	43,10 a
Sem *Azospirillum*	1,22 a	26,68 a	8180 a	1,20 b	43,07 a
D.M.S. (5%)	0,11	5,46	1091	0,19	1,52
Média geral	1,20	26,38	8698	1,31	43,09
C.V. (%)	20,01	24,14##	23,99	27,95	6,75

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

O percentual de acamamento, comprimento das espigas, a quantidade de palhada formada, a matéria seca de grãos por planta e o índice de colheita foram incrementados com o aumento das doses de N. Houve ajuste linear crescente para a porcentagem de acamamento (Figura 25), quantidade de palhada produzida (Figura 26) e matéria seca de grãos por planta (Figura 27).

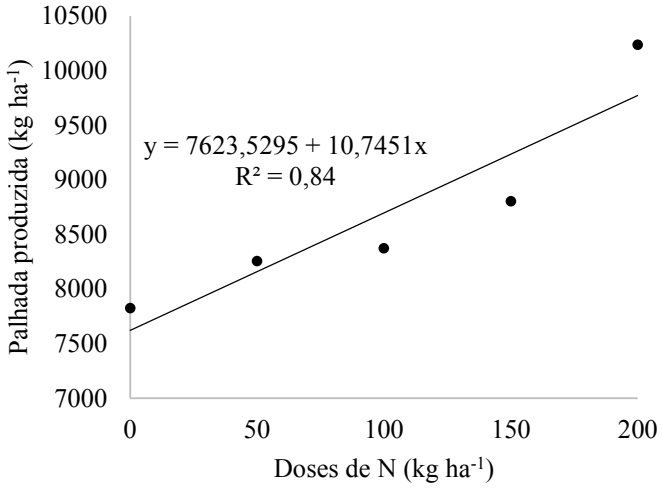
Figura 25- Acamamento de plantas de trigo em função de doses de N. Selvíria – MS, 2014



Fonte: Próprio autor (2015).

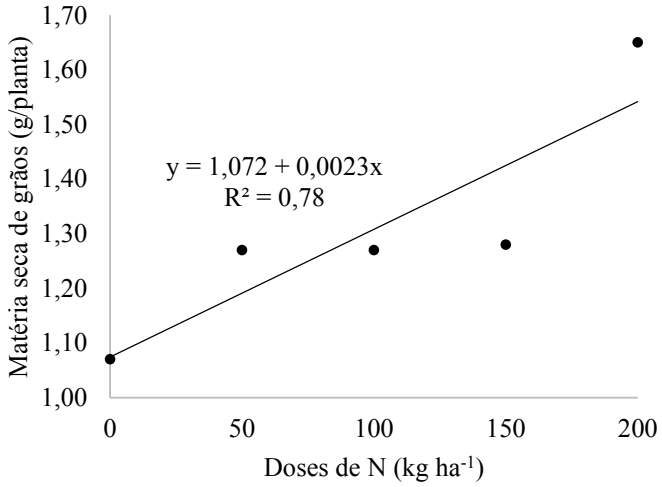
O maior desenvolvimento dos grãos da planta, proporcionado pelo aumento nas doses de N, refletiu em maior acamamento de plantas, em função da distribuição de peso da planta, ocorrendo então maior relação de peso no ápice da cultura, o que influi em maior possibilidade de acamamento, corroborando com Melero et al. (2013), que estudaram doses de N e coberturas vegetais em sistema plantio direto no Cerrado e Prando et al. (2013), estudando doses de N (0, 40, 80 e 120 kg ha^{-1}) e fontes (ureia, ureia + inibidor de urease (NBPT) e ureia revestida com polímeros). Para cultivares que apresentam este problema, a utilização de reguladores de crescimento (etil-trinexapac) pode reduzir a altura de plantas e, consequentemente, o acamamento, segundo (ESPINDULA et al., 2011). Estes autores mencionam que a dose de N (todo na semeadura) de 100 kg ha^{-1} e a aplicação de 120 g ha^{-1} de etil-trinexapac, no início do emborrachamento do trigo (estádio 8 - escala fenológica de Feeks e Large), promoveram maior produtividade de grãos, elucidando uma possibilidade de manejo no acamamento de plantas com reflexo positivo na produtividade.

Figura 26- Quantidade de palhada produzida de trigo em função das doses de N. Selvíria – MS, 2014



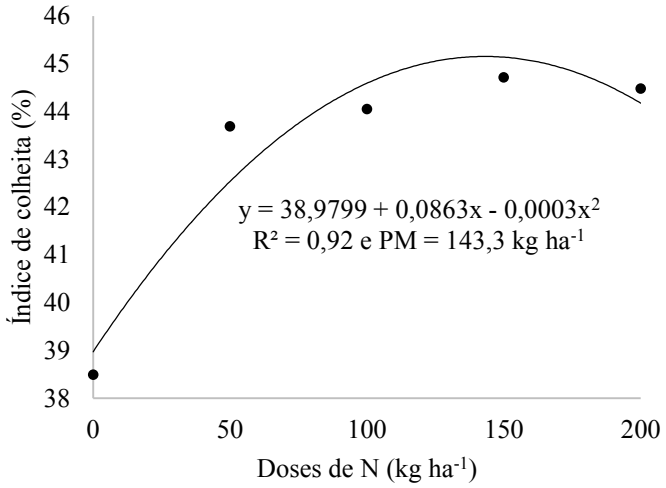
Fonte: Próprio autor (2015).

Figura 27- Matéria seca de grãos por planta de trigo em função das doses de N. Selvíria – MS, 2014



Fonte: Próprio autor (2015).

Figura 28- Índice de colheita do trigo em função das doses de N. Selvíria – MS, 2014



Fonte: Próprio autor (2015).

A relação de MS da parte aérea dos grãos se ajustou a função quadrática, com aumento percentual até a dose de 143 kg ha^{-1} de N (Figura 28). A partir de doses mais elevadas a porcentagem de MS em parte aérea aumentou com o incremento das doses de N enquanto que a porcentagem de MS de grãos diminuiu. Resultados semelhantes foram obtidos por Pietro-Souza et al. (2013) estudando doses de N (0, 80, 160, 240, 320 e 400 mg dm^{-3}) em casa de vegetação. Segundo os autores, a produção de massa seca da parte aérea do trigo aumentou com as doses de nitrogênio com máxima produção na dose de nitrogênio de 165 mg dm^{-3}. Esses resultados estão de acordo com os observados por Viana e Kiehl (2010) que encontraram máxima produção da massa seca da parte aérea na cultura do trigo na dose de nitrogênio de 251 mg dm^{-3} associada à maior dose de potássio (200 mg dm^{-3}). Já Coelho et al. (1998) relataram, ao utilizar quatro doses de N (30, 60, 90 e 120 kg ha^{-1}) em cobertura no trigo Embrapa-22 que os pontos máximos de produção de massa seca da parte aérea apresentaram resposta quadrática às doses de nitrogênio de 94 e 97 kg ha^{-1} respectivamente.

Umidade dos grãos em ocasião de colheita, massa hectolítrica, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e eficiência agronômica

As doses de N influenciaram positivamente na umidade dos grãos em ocasião de colheita (Tabela 19). Houve ajuste a função linear crescente (Figura 29). Uma possível explicação se deve ao maior crescimento e desenvolvimento da cultura com a adubação

nitrogenada, o que possivelmente fez com que uma maior quantidade de nutrientes e água fossem absorvidos em parte aérea.

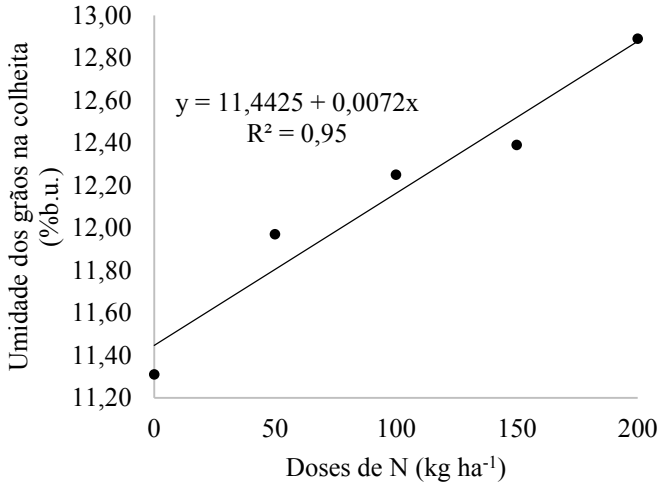
Diferentemente, a EA foi afetada negativamente pelo incremento das doses (Tabela 19), com ajuste a função linear decrescente em função maiores perdas de N no solo (Figura 30).

Tabela 19- Umidade dos grãos em ocasião de colheita, massa hectolítrica, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e EA do trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2014

	U dos grãos na colheita (%b.u.)	**Massa hectolítrico (kg 100L^{-1})**	**Massa de 100 grãos (g)**	**Produtividade de grãos (kg ha^{-1})**	**EA (kg grãos kg^{-1} N aplicado)**
Doses de N (kg ha^{-1})					
0	11,31**	84,86^{ns}	3,83^{ns}	2269**	-
50	11,97	84,74	3,84	3004	13,92**
100	12,25	84,73	3,96	3132	8,59
150	12,39	84,78	3,93	3266	6,75
200	12,89	84,77	3,88	3161	4,76
Fontes de N					
Ureia	12,03 a	84,86 a	3,89 a	2959	8,61
Super N	12,29 a	84,70 a	3,88 a	2974	8,40
D.M.S. (5%)	0,38	0,43	0,09	227	3,33
Inoculação					
Com *Azospirillum*	12,03 a	84,85 a	3,90 a	2996	9,40
Sem *Azospirillum*	12,30 a	84,70 a	3,88 a	2937	7,61
D.M.S. (5%)	0,38	0,43	0,09	227	3,33
Média geral	12,16	84,78	3,89	2966	8,505
C.V. (%)	6,93	1,15	5,00	17,12	44,78#

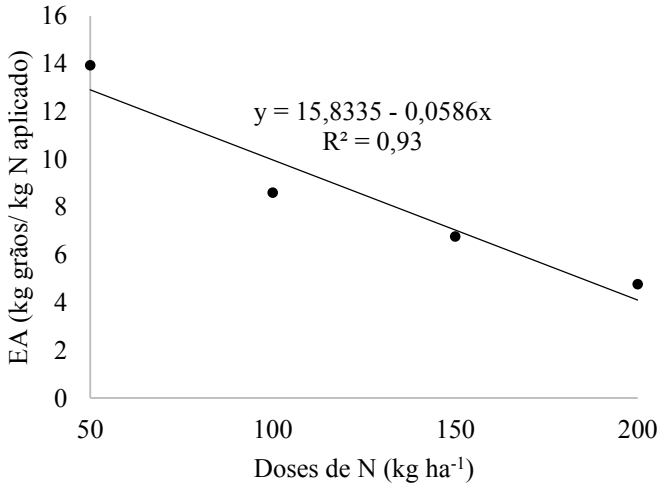
Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo
#Dados corrigidos seguindo a equação $(x+0,5)^{0,5}$

Figura 29- Umidade dos grãos na ocasião da colheita do trigo em função de doses de N. Selvíria – MS, 2014



Fonte: Próprio autor (2015).

Figura 30- Eficiência agronômica (EA) de doses de N no trigo. Selvíria – MS, 2014



Fonte: Próprio autor (2015).

Para a massa de 100 grãos e massa hectolítrica, não houve influência significativa. Resultados semelhantes foram obtidos por Teixeira Filho et al. (2008), Theago et al. (2014) que não verificaram influência das doses de N nos parâmetros supracitados e Nunes et al. (2015), que não verificaram influência das doses de N em cobertura em uma área com alta disponibilidade de N na massa de 1000 grãos.

A interação entre doses e inoculação e doses e fontes de N foi significativa para a produtividade de grãos de trigo. Na dose de 150 kg ha^{-1} de N, os tratamentos inoculados

foram superiores aos tratamentos não inoculados (Tabela 20). Houve ajuste a função linear crescente para doses nos tratamentos sem inoculação e ajuste a função quadrática para os tratamentos inoculados com resposta positiva até a dose de 139 kg ha^{-1} de N (Figura 31).

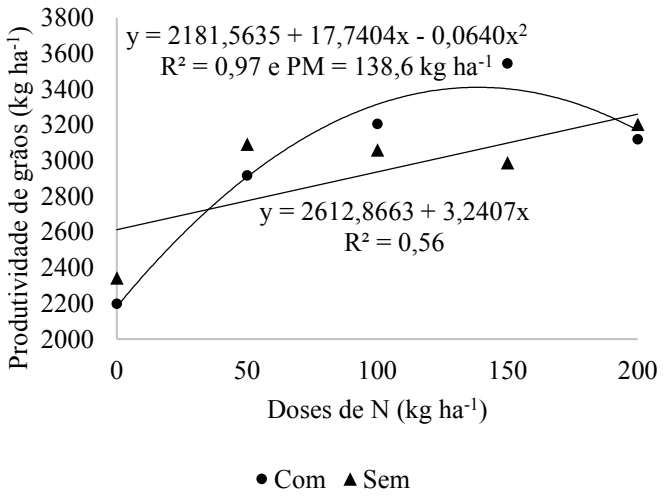
Com relação ao desdobramento entre doses e fontes de N para produtividade de grãos de trigo (Tabela 21), constatou-se ajuste a função quadrática para doses na fonte ureia e Super N até a dose de 155 e 136 kg ha^{-1} de N, respectivamente (Figura 32).

Tabela 20- Desdobramento da interação inoculação e doses de N, da análise de variância referente à produtividade de grãos de trigo. Selvíria – MS, 2014

Inoculação	Dosesde N (kg ha^{-1})				
	0	50	100	150	200
Com**	2196 a	2916 a	3205 a	3544 a	3119 a
Sem**	2342 a	3092 a	3060 a	2989 b	3203 a
D.M.S.	508				

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

Figura 31- Desdobramento da interação doses de N dentro de inoculação, da análise de variância referente à produtividade de grãos de trigo. Selvíria – MS, 2014



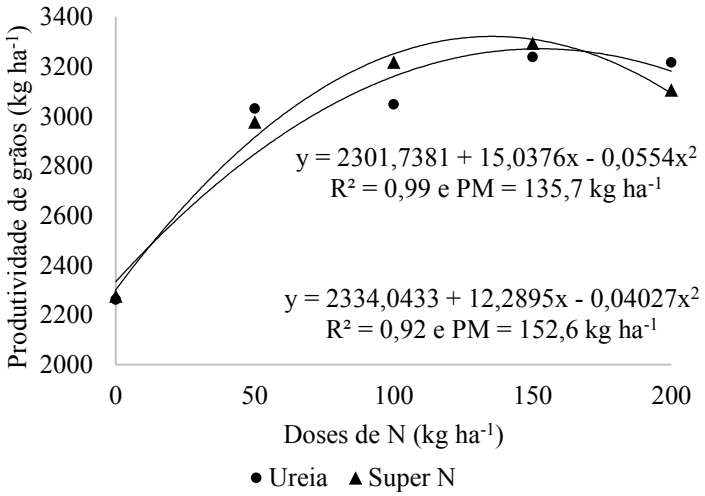
Fonte: Próprio autor (2015).

Tabela 21- Desdobramento da interação fontes e doses de N, da análise de variância referente à produtividade de grãos do trigo. Selvíria – MS, 2014

Fontes	Doses de N (kg ha^{-1})				
	0	50	100	150	200
Ureia**	2262 a	3030 a	3048 a	3239 a	3216 a
Super N**	2276 a	2977 a	3217 a	3293 a	3106 a
D.M.S.	508				

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

Figura 32- Desdobramento da interação doses de N dentro de fontes, da análise de variância referente à produtividade de grãos de trigo. Selvíria – MS, 2014



Fonte: Próprio autor (2015).

Com relação à EA, a interação entre fontes e inoculação foi significativa. Nos tratamentos inoculados com *A. brasilense*, o Super N propiciou maior EA comparativamente a ureia. Na ausência de inoculação, a ureia propiciou maior EA comparativamente ao Super N. A fonte Super N foi mais eficiente agronomicamente na presença da inoculação, entretanto comportamento contrário foi verificado na fonte ureia, onde na ausência de inoculação a ureia foi mais eficiente agronomicamente (Tabela 22).

Tabela 22- Desdobramento da interação inoculação e fontes de N, da análise de variância referente à EA do trigo. Selvíria – MS, 2014

Fontes#	Inoculação	
	Com	Sem
Ureia	6,84 bA	10,39 aA
Super N	11,97 aA	4,82 bB
D.M.S.	4,71	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.
#Dados corrigidos seguindo a equação $(x+0,5)^{0,5}$

No que se refere à produtividade de grãos, diversos autores também relataram resposta positiva à adubação nitrogenada na cultura do trigo (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2001; ZAGONEL et al., 2002; TRINDADE et al., 2006; CAZETTA; FORNASIERI FILHO; ARF, 2007, TEIXEIRA FILHO et al., 2007; 2008; 2010; POVH et al., 2008). Em condições climáticas semelhantes para o cultivo de trigo como cultura de inverno na região de Cerrado

de baixa altitude, Cazetta, Fornasieri Filho e Arf (2007) e Teixeira Filho et al. (2007, 2008 e 2010) preconizam produtividade máxima de grãos com doses de N variando entre 78 kg ha^{-1} (CAZETTA; FORNASIERI FILHO; ARF, 2007), 90 kg ha^{-1} (TEIXEIRA FILHO et al., 2007, 2008) e 120 kg kg ha^{-1} (TEIXEIRA FILHO et al., 2010), valores estes próximos do ponto de máxima dose obtido no presente trabalho de 113 kg ha^{-1}. Os resultados obtidos corroboram ainda com Acorssi e Ferreira (2009), investigando o comportamento do cultivar de trigo CD 104, com aplicação de N realizada antes do perfilhamento nas doses 0; 30; 60; 90 e 120 kg ha^{-1} de N, verificaram que a adubação nitrogenada promoveu maior produtividade de grãos e número de grãos por espiga, porém não houve efeito significativo na massa de 1.000 grãos e na massa hectolítrica.

Para os tratamentos sem inoculação, a correlação de Pearson foi significativa entre a produtividade de grãos de trigo e a quantidade de palhada produzida (0,4131**), porcentagem de parte aérea formada por palhada (-0,4455**), porcentagem de parte aérea formada por grãos (0,4455**), matéria seca de grãos (0,4684**), massa hectolítrica (0,3392*) e número de espigas por metro (0,3612*). Nos tratamentos em que foi efetuado a inoculação via semente, a produtividade correlacionou-se com a porcentagem de parte aérea formada por palhada (-0,3580*), porcentagem de parte aérea formada por grãos (0,3580*), número de grãos por espiga (0,3492*), ICF (0,6212**), porcentagem de acamamento (0,5090**), massa hectolítrica (0,3928*), concentração de S na palhada (0,4836*), e concentração de Ca foliar (0,6117**).

As fontes de N não influenciaram significativamente os parâmetros avaliados (Tabela 19), em concordância com Megda et al. (2009) e Theago et al. (2014). Prando et al. (2012), avaliando as fontes ureia, ureia + NBPT e ureia revestida, em outra condição climática (clima temperado), não observaram alteração na produtividade, massa de grãos, número de espigas m^{-2}, altura de planta e teor de N na folha e no grão, semelhantemente aos resultados obtidos. Vale ressaltar que as fontes de N possivelmente apresentaram comportamento semelhante devido ao manejo da irrigação efetuado à noite após a aplicação da adubação de cobertura e durante todo o ciclo da cultura já que o experimento foi conduzido de forma irrigada.

Comparações entre diversos fertilizantes nitrogenados foram feitas por vários autores e, em geral, havendo condições satisfatórias de umidade do solo, não têm sido encontradas diferenças na eficiência dessas fontes, como na produtividade de grãos de trigo no Cerrado para as fontes de N sulfonitrato de amônio, sulfato de amônio e ureia (MEGDA et al., 2009),

entre a ureia e o sulfonitrato de amônio no sistema plantio direto (SILVA et al., 2008) e entre a ureia, ureia + NBPT e ureia revestida (PRANDO et al., 2013).

No que se refere à inoculação com *A. brasilense*, resultados semelhantes foram obtidos por Ferreira et al. (2014), trabalhando com aplicação via foliar de *A. brasilense* e doses de N em cobertura na cultura do trigo na região do Cerrado, onde a inoculação não influenciou no teor de N foliar, altura de plantas, número de espigas por m^2, número de grãos por espiga, massa hectolítrica, massa de 1.000 grãos e produtividade (Tabela 19). Da mesma forma, Nunes et al. (2015), estudando inoculação com *A. brasilense* em solos com alta e baixa disponibilidade de N e Galindo et al. (2015a), estudando épocas de aplicação de *A. brasilense* via foliar também não verificaram efeito positivo da inoculação nos diversos componentes produtivos e produtividade de grãos de trigo.

Em contrapartida, resultados positivos à utilização de *A. brasilense* na cultura do trigo foram relatados por Lemos et al. (2013), estudando cinco cultivares de trigos cultivados (CD 104, CD 108, CD 119, CD 120 e CD 150) com e sem inoculação e associados a doses de N. Segundo os autores, as cultivares CD 108 e CD 150 apresentaram resposta positiva à inoculação quando comparados à testemunha não inoculada na concentração de N em parte aérea e as cultivares CD 104 e CD 108 apresentaram resposta positiva na massa de 1000 grãos quando comparadas aos tratamentos onde não foi realizado a inoculação. Para o número de grãos por espiga não houve influência da inoculação na cultura do trigo independente da cultivar, corroborando com os resultados encontrados no presente trabalho.

Segundo Lemos et al. (2013) a resposta à inoculação com *A. brasilense* na cultura do trigo ocorre de forma satisfatória quando feita em conjunto da adubação nitrogenada, elucidando a questão de que o *A. brasilense* auxilia no desenvolvimento com reflexo na produtividade e qualidade da cultura, mas não substitui a adubação nitrogenada, mas sim eventualmente diminui a dose de N a ser aplicada, concordando com Mendes et al. (2011), estudando combinações de doses de N e doses de inoculante, verificaram maior número de grãos por espiga, massa hectolítrica, massa de 1000 grãos e produtividade nos tratamentos em que foram efetuados a combinação entre a adubação nitrogenada (20 kg ha^{-1} na base e 90 kg ha^{-1} em cobertura) juntamente com a inoculação com *A. brasilense* (300 mL em 150 kg de semente), diferentemente dos resultados obtidos no presente trabalho, que não apontaram nenhum efeito na interação entre doses de N e inoculação com *A. brasilense* nos parâmetros produtivos da cultura do trigo. Vale ressaltar que bactérias do gênero *Azospirillum* são nativas

do solo (SALA et al., 2007). É possível que essas se encontrassem em alta população nos solos em estudo e, com isso, anulasse efeito da inoculação.

Santa et al. (2008) constataram efeitos significativos sobre a produtividade de grãos de trigo (incremento médio de 23,9% em relação à testemunha) no tratamento inoculado com *Azospirillum brasilense*, com e sem a adição de fertilização nitrogenada. Já Piccinin et al. (2013) preconizam que a utilização de N pode ser reduzida em até 50% quando a inoculação com *A. brasilense* é realizada, favorecendo as características agronômicas da cultura do trigo, contribuindo com aportes adicionais no rendimento, confirmando os resultados obtidos por Zorita e Caniggia (2009) e Piccinin et al. (2011), que após inocular *Azospirillum brasilense* nas sementes de trigo, obtiveram incrementos expressivos no rendimento. Assim como Hungria (2011) observou aumento médio de 26% no rendimento de milho e de 31% para trigo, diferentemente dos resultados verificados no presente trabalho.

Os resultados obtidos neste trabalho corroboram com Barbieri et al. (2012), que concluíram que a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* não interferiu na altura de plantas, matéria seca, número de grãos por espiga, massa hectolítrica, massa de 1000 grãos e na produtividade de grãos de trigo irrigado na região do Cerrado.

Resultado semelhante foi obtido por Rodrigues et al (2012), que verificaram que a inoculação com *A. brasilense* não influenciou a altura de plantas, matéria seca, o número de espigas por m^2, número de grãos por espiga, massa hectolítrica, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos de trigo irrigado na região do Cerrado, embora numericamente a produtividade de trigo inoculado proporcionou a obtenção de 394 kg ha^{-1} a mais de grãos em relação ao tratamento sem inoculação de sementes, discordando de Bashan, Holguin e De-Bashan (2004), que demonstraram que o *Azospirillum* sp. estimula o crescimento e a produtividade de plantas como o trigo.

Diferentemente dos resultados verificados neste trabalho, Mendes et al. (2011) concluíram que existiu eficiência agronômica no uso da bactéria *Azospirillum brasilense* para a cultura do trigo, onde a massa hectolítrica e a produtividade de grãos de trigo foram influenciados positivamente pelo uso de *Azospirillum brasilense*, via tratamento de sementes e ainda segundo os autores, os tratamentos não reduziram os parâmetros de qualidade de farinha do trigo. Portugal et al. (2012), estudando aplicação via foliar de *A. brasilense* na cultura do milho verificaram que o teor de N foliar, população final de plantas e a produtividade de grãos foram maiores quando houve a inoculação desta bactéria via foliar.

Tarumoto et al. (2012), analisando a inoculação com *Azospirillum brasilense* e tratamento de sementes com defensivos agrícolas na produtividade de trigo irrigado na região do cerrado, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho, também não verificaram influência da inoculação nos componentes de produção e a produtividade da cultura do trigo irrigado. Entretanto, Santa et al. (2008) constataram efeitos significativos sobre a produtividade de grãos de trigo (em média de 23,9% em relação à testemunha) no tratamento inoculado *Azospirillum brasilense*, com e sem a adição de fertilização nitrogenada.

Concentração de macro e micronutrientes na palhada

As doses de N não influenciaram na concentração dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S na palhada (Tabelas 23 e 24).

De maneira geral, as fontes de N não influenciaram a concentrações dos macronutrientes supracitados, com exceção do S, que apresentou maior concentração quando a fonte utilizada foi o Super N (Tabelas 23 e 24).

A inoculação com *A. brasilense* influenciou as concentrações de P e S na palhada de formas distintas. Para a concentração de P, a inoculação foi prejudicial, contudo para a concentração de S, os tratamentos em que foram efetuados a inoculação propiciaram maior concentração do nutriente na palhada (Tabelas 23 e 24).

Tabela 23- Concentrações de N, P, K, Ca e Mg na palhada de trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense.* Selvíria – MS, 2014

	N	P	K	Ca	Mg	S
	----------g kg^{-1} de M.S.----------					
Doses de N (kg ha^{-1})						
0	5,32^{ns}	0,62^{ns}	23,22^{ns}	1,36^{ns}	0,76^{ns}	1,76^{ns}
50	4,79	0,66	21,36	1,40	0,64	1,67
100	4,76	0,61	22,09	1,26	0,68	1,65
150	5,28	0,58	23,47	1,34	0,68	1,72
200	4,67	0,60	21,13	1,38	0,68	1,74
Fontes de N						
Ureia	4,83	0,63 a	21,94 a	1,33 a	0,69 a	1,64
Super N	5,09	0,60 a	22,57 a	1,36 a	0,68 a	1,78
D.M.S. (5%)	0,45	0,11	1,21	0,14	0,05	0,09
Inoculação						
Com *Azospirillum*	5,23 a	0,35 b	22,09 a	1,30 a	0,70 a	1,92
Sem *Azospirillum*	4,70 b	0,88 a	22,42a	1,40 a	0,67 a	1,49
D.M.S. (5%)	0,45	0,11	1,21	0,14	0,05	0,09
Média geral	4,96	0,61	22,25	1,35	0,69	1,71
C.V. (%)	17,38	34,77	10,38	20,06	13,80	9,94

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

Tabela 24- Concentrações de Cu, Fe, Mn e Zn na palhada de trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense.* Selvíria – MS, 2014

	Cu	Fe	Mn	Zn
	----------mg kg^{-1} de M.S.----------			
Doses de N (kg ha^{-1})				
0	8,42^{ns}	235,25**	82,17^{ns}	9,33^{ns}
50	10,33	275,67	84,42	9,42
100	6,50	232,25	78,42	8,33
150	8,33	263,08	78,83	9,42
200	9,17	321,33	88,42	8,75
Fontes de N				
Ureia	7,77 a	265,10 a	82,63 a	8,50 a
Super N	9,33 a	265,93 a	82,27 a	9,60 a
D.M.S. (5%)	1,95	31,06	9,91	1,38
Inoculação				
Com *Azospirillum*	7,87 a	270,30 a	82,47 a	9,40 a
Sem *Azospirillum*	9,23 a	260,73 a	82,43 a	8,70 a
D.M.S. (5%)	1,95	31,06	9,91	1,38
Média geral	8,55	265,52	82,45	9,05
C.V. (%)	43,58	22,38	23,00	29,22

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

O gênero *Azospirillum* abrange um grupo de BPCP de vida livre que é encontrado em quase todos os lugares da terra; há relatos, também, de que as bactérias desse gênero podem ser endofíticas facultativas (DÖBEREINER; PEDROSA, 1987). Bactérias do gênero *Azospirillum* podem atuar no crescimento vegetal por meio da redução do nitrato até amônia, podendo essa energia ser disponibilizada a outros processos vitais do metabolismo (FERREIRA; FERNANDES; DÖBEREINER, 1987), no entanto, este processo de fixação biológica também necessita de energia na forma de adenosina-tri-fosfato (ATP) para acontecer (HOFFMANN, 2007), o que levanta a possibilidade destas bactérias imobilizarem temporariamente alguns nutrientes da planta como K, Ca, Mg, S, Mn, Zn e principalmente o P para seus processos metabólicos e posteriormente disponibilizarem novamente às plantas, reforçando os resultados obtidos nas avaliações nutricionais, onde foi observado menores concentrações de P, K e Ca no tecido foliar e menor concentração de P na palhada, porém incremento na concentração de P, Ca, Mg, Mn e Zn nos grãos.

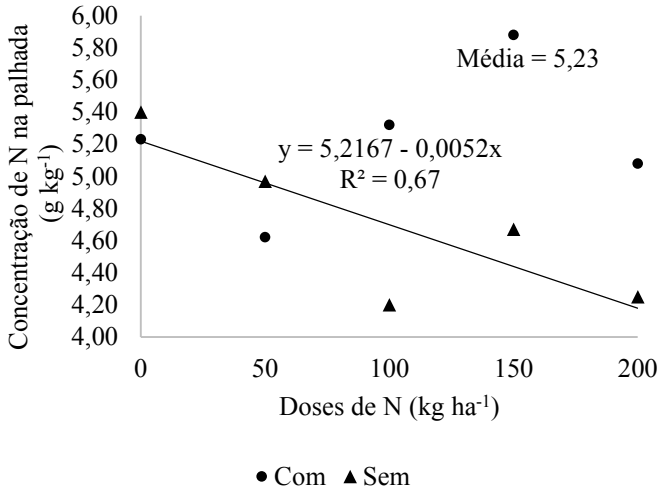
A interação entre doses de N e inoculação foi significativa para a concentração de N na palhada. Na dose de 100 e 150 kg ha^{-1} os tratamentos que foram inoculados via semente com a bactéria *A. brasilense* propiciaram maior concentração de N na palhada comparativamente aos tratamentos não inoculados (Tabela 25). Houve ajuste a função linear decrescente para doses, nos tratamentos em que não foram inoculados, ou seja, o aumento das doses de N culminou no decréscimo da concentração de N na palhada (Figura 39).

Tabela 25- Desdobramento da interação inoculação e doses de N, da análise de variância referente à concentração de N na palhada de trigo. Selvíria – MS, 2014

Inoculação	Doses de N (kg ha^{-1})				
	0	50	100	150	200
Com^{ns}	5,23 a	4,62 a	5,32 a	5,88 a	5,08 a
Sem*	5,40 a	4,97 a	4,20 b	4,67 b	4,25 a
D.M.S.			1,01		

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo $p<0,01$ * significativo $0,01<p<0,05$ ns: não significativo

Figura 33- Desdobramento da interação doses de N dentro de inoculação, da análise de variância referente à concentração de N na palhada do trigo. Selvíria – MS, 2014



Fonte: Próprio autor (2015).

A interação entre fontes de N e inoculação foi significativa para a concentração de S na palhada. Nos tratamentos não inoculados, a fonte Super N propiciou maior concentração de S na palhada comparativamente à ureia (Tabela 26). Tanto a ureia quanto o Super N quando inoculados propiciaram maior concentração de S na palhada.

Tabela 26- Desdobramento da interação inoculação e fontes de N, da análise de variância referente à concentração de S na palhada de trigo. Selvíria – MS, 2014

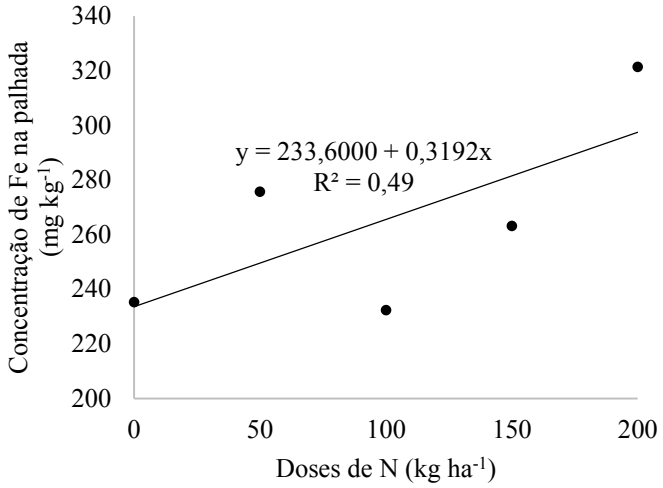
Fontes	Inoculação	
	Com	Sem
Ureia	1,87 aA	1,40 bB
Super N	1,97 aA	1,59 aB
D.M.S.	0,13	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

A correlação de Pearson foi significativa entre a concentração de N na palhada e as concentrações nos grãos de N (1,0000**), K (0,4547*), Ca (0,4994*) e Mg (0,5087*) nos tratamentos inoculados com *A. brasilense*. Entretanto, não houve correlação entre a concentração de N na palhada e as demais variáveis nos tratamentos não inoculados.

De maneira geral, as doses de N não influenciaram os teores dos micronutrientes na palhada. Apenas a concentração de Fe foi influenciada pelas doses de N, com ajuste a função linear crescente (Figura 34). As fontes de N e a inoculação com *A. brasilense* também não influenciaram a concentrações de Cu, Fe, Mn e Zn na palhada.

Figura 34- Concentração de Fe na palhada do trigo em função de doses de N. Selvíria – MS, 2014



Fonte: Próprio autor (2015).

Concentrações de macro e micronutrientes nos grãos

As doses e fontes de N não afetaram as concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S nos grãos de trigo (Tabelas 27 e 28).

No que se refere à inoculação com *Azospirillum brasilense*, as concentrações de P, Ca, Mg foram influenciadas positivamente pela utilização das bactérias, onde os tratamentos inoculados propiciaram maior concentração destes nutrientes nos grãos de trigo (Tabelas 27 e 28).

Tabela 27- Concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S nos grãos de trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense.* Selvíria – MS, 2014

	N	P	K	Ca	Mg	S
	----------g kg^{-1} de M.S.----------					
Doses de N (kg ha^{-1})						
0	27,12^{ns}	4,84^{ns}	6,77^{ns}	0,48^{ns}	1,48^{ns}	2,59^{ns}
50	25,81	4,67	6,47	0,46	1,43	2,58
100	26,55	5,18	7,14	0,53	1,46	2,55
150	28,28	5,33	7,33	0,53	1,45	2,67
200	25,27	4,86	6,89	0,49	1,53	2,62
Fontes de N						
Ureia	26,44 a	5,00 a	7,00	0,50 a	1,46 a	2,61 a
Super N	26,77 a	4,95 a	6,84	0,50 a	1,47 a	2,60 a
D.M.S. (5%)	0,99	0,33	0,39	0,05	0,14	0,07
Inoculação						
Com *Azospirillum*	26,92 a	5,23 a	7,08 a	0,56 a	1,65	2,57 a
Sem *Azospirillum*	26,29 a	4,72 b	6,76 a	0,43 b	1,30	2,64 a
D.M.S. (5%)	0,99	0,33	0,39	0,05	0,14	0,07
Média geral	26,61	4,98	6,92	0,50	1,47	2,60
C.V. (%)	7,09	12,79	10,81	20,73	18,33	5,42

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

Tabela 28- Concentrações de Cu, Fe, Mn e Zn nos grãos de trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense.* Selvíria – MS, 2014

	Cu	Fe	Mn	Zn
	----------mg kg^{-1} de M.S.----------			
Doses de N (kg ha^{-1})				
0	7,25^{ns}	45,08^{ns}	63,83^{ns}	39,92^{ns}
50	6,25	39,67	59,50	37,08
100	7,25	44,58	76,58	41,83
150	7,83	50,67	79,58	47,83
200	7,67	42,17	67,58	39,50
Fontes de N				
Ureia	7,07 a	43,83 a	70,13 a	41,33 a
Super N	7,43 a	45,03 a	68,70 a	41,13 a
D.M.S. (5%)	0,86	4,73	10,86	4,60
Inoculação				
Com *Azospirillum*	6,87 a	46,33 a	76,30 a	44,53 a
Sem *Azospirillum*	7,63 a	42,53 a	62,53 b	37,93 b
D.M.S. (5%)	0,86	4,73	10,86	4,60
Média geral	7,25	44,43	69,42	41,23
C.V. (%)	22,73	20,39	29,92	21,34

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

O aumento das concentrações de P, Ca e Mg nos grãos levantam a hipótese de imobilização parcial dos nutrientes na planta pelas bactérias e posterior liberação das mesmas para as plantas. Essas bactérias podem atuar no crescimento da planta através da produção de substâncias promotoras de desenvolvimento (auxinas, giberelinas e citocininas) as quais proporcionam melhor crescimento radicular (OKON; VANDERLEYDEN, 1997) e por consequência terão maior absorção de água e nutrientes (CORREA et al., 2008) resultando em uma planta mais vigorosa e produtiva (BASHAN et al., 2004; HUNGRIA, 2011), e por serem organismos de vida livre com características endofíticas, é possível que para realizarem alguns dos processos metabólicos e vitais utilizem de nutrientes da planta, que depois viriam a ser disponibilizados com reflexo no aumento da concentraçãos nos grãos.

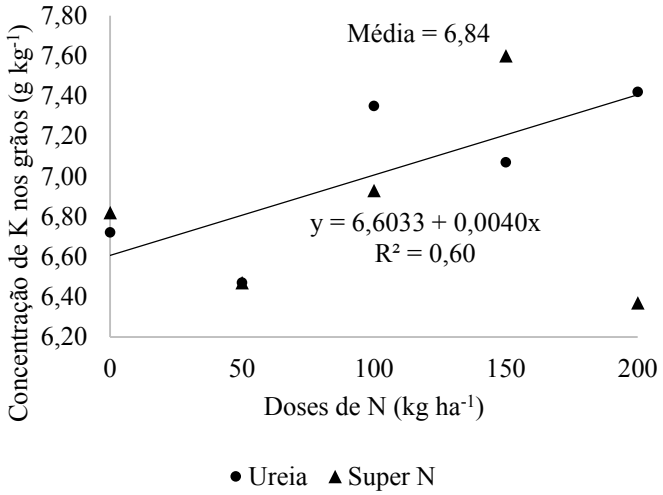
A interação entre doses e fontes de N foi significativa para a concentração de K nos grãos. Na dose de 200 kg ha^{-1}, a ureia propiciou maior concentração de K nos grãos comparativamente ao Super N (Tabela 29). Houve ajuste a função linear crescente das doses de N apenas para a fonte ureia (Figura 35).

Tabela 29- Desdobramento da interação fontes e doses de N, da análise de variância referente à concentração de K nos grãos de trigo. Selvíria – MS, 2014

Fontes	Doses de N (kg ha^{-1})				
	0	50	100	150	200
Ureia*	6,72 a	6,47 a	7,35 a	7,07 a	7,42 a
Super N^{ns}	6,82 a	6,47 a	6,93 a	7,60 a	6,37 b
D.M.S.			0,87		

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo $p<0,01$ * significativo $0,01<p<0,05$ ns: não significativo

Figura 35- Desdobramento da interação doses de N dentro de fontes, da análise de variância referente à concentração de K nos grãos de trigo. Selvíria – MS, 2014



Fonte: Próprio autor (2015)

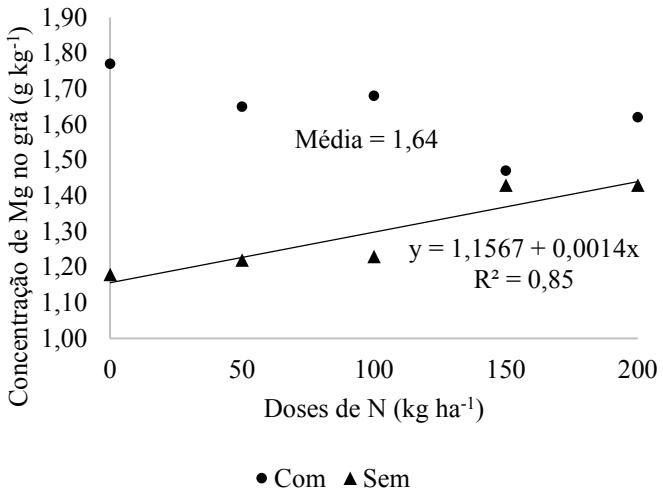
A interação entre doses de N e inoculação foi significativa para a concentração de Mg nos grãos. Na ausência de N e nas doses de 50 e 100 kg ha^{-1}, os tratamentos inoculados via semente com *A. brasilense* propiciaram maior concentração de Mg nos grãos comparativamente aos tratamentos em que não foi efetuada a inoculação (Tabela 30). Houve ajuste a função linear crescente para doses de N nos tratamentos em que não foi efetuada a inoculação (Figura 36), porém estes valores foram sempre inferiores em relação aos tartamentos com inoculação.

Tabela 30- Desdobramento da interação inoculação e doses de N, da análise de variância referente à concentração de Mg nos grãos de trigo. Selvíria – MS, 2014

Inoculação	Doses de N (kg ha^{-1})				
	0	50	100	150	200
Com^{ns}	1,77 a	1,65 a	1,68 a	1,47 a	1,62 a
Sem*	1,18 b	1,22 b	1,23 b	1,43 a	1,43 a
D.M.S.			0,31		

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ** significativo $p<0,01$ * significativo $0,01<p<0,05$ ns: não significativo

Figura 36- Desdobramento da interação doses de N dentro de inoculação, da análise de variância referente à concentração de Mg nos grãos do trigo. Selvíria – MS, 2014



Fonte: Próprio Autor (2015).

Para os tratamentos não inoculados, a correlação de Pearson foi significativa entre a concentração de N nos grãos e as concentrações de K na palhada (0,5131*), Cu na palhada (-0,5584*), Zn nos grãos (0,4573*), no teor de Al do solo (-0,5109*) e na saturação por alumínio do solo (-0,5114*). Nos tratamentos inoculados com *A. brasilense*, a correlação foi significativa entre a concentração de N nos grãos e as concentrações de Fe na palhada (-0,4440*), K nos grãos (0,4547*), Ca nos grãos (0,4994*) e Mg nos grãos (0,5087*).

As doses e fontes de N não influenciaram as concentrações de Cu, Fe, Mn e Zn nos grãos de trigo (Tabela 28). A inoculação com *Azospirillum brasilense* propiciou maiores concentrações de Mn e Zn nos grãos comparativamente aos tratamentos não inoculados, possivelmente também pela hipótese de imobilização temporária e posterior liberação de nutrientes para a planta (Tabela 30).

Atributos químicos do solo após a cultura do trigo

Os teores de M.O., P, K e S Ca, Mg, porcentagem da CTC ocupada por Ca e por Mg, pH, H+Al, S.B., C.T.C. e V% não foram influenciados pelo aumento das doses de N (Tabelas 31, 32 e 33). Ou seja, após os cultivos de milho e trigo em sistema plantio direto, mesmos nas maiores doses de N aplicadas não foi observada acidificação do solo e redução dos teores de M.O. e dos nutrientes citados acima. Isto provavelmente se deve ao fato da área experimental

estar com sistema plantio direto já estabilizado, da calagem que foi realizada dois meses antes da semeadura do milho e adubação mineral (P e K) fornecida na semeadura dos experimentos.

De maneira geral, as fontes de N também não influenciaram nas avaliações dos atributos químicos do solo, com exceção na porcentagem da CTC ocupada por Mg, H+Al e V%. A ureia propiciou maior porcentagem da CTC ocupada por Mg e V%, enquanto que, o Super N ocasionou maior H+Al ao solo (Tabelas 31, 32 e 33). O NBPT tende a ser menos eficiente em altas temperaturas, devido à ocorrência de maior atividade da urease, ocasionando a maior dissolução dos grânulos e consequentemente maior evaporação da solução do solo, provocando a movimentação de NH_3 em direção à superfície (RAWLUK et al., 2001). Com maior concentração de NH_3 em superfície e após o processo de nitrificação e formação de NH_4^+, possivelmente o Super N acidificiou o solo comparativamente à ureia na camada superficial, explicando o aumento na H+Al.

Tabela 31- Teores de M.O., P, K e S no solo após cultivo de trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense.* Selvíria – MS, 2014

	M.O. (g dm^{-3})	**P resina (mg dm^{-3})**	**K (mmol$_c$ dm^{-3})**	**S (mmol$_c$ dm^{-3})**
Doses de N (kg ha^{-1})				
0	28,50^{ns}	23,13^{ns}	3,15^{ns}	5,13^{ns}
50	28,63	31,75	3,98	5,88
100	27,38	17,50	2,88	6,88
150	28,00	16,75	3,00	6,00
200	28,00	21,63	3,04	5,88
Fontes de N				
Ureia	28,00 a	23,60 a	3,41 a	6,15 a
Super N	28,20 a	20,70 a	3,01 a	5,75 a
D.M.S. (5%)	2,20	4,96	0,73	1,53
Inoculação				
Com *Azospirillum*	27,65 a	20,30 a	3,48 a	6,05 a
Sem *Azospirillum*	28,55 a	24,00 a	2,94 a	5,85 a
D.M.S. (5%)	2,20	4,96	0,73	1,53
Média geral	28,10	22,15	3,21	5,95
C.V. (%)	11,84	16,06#	16,73#	18,26#

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

Tabela 32- Teores de Ca e Mg e porcentagem da CTC ocupada por Ca e por Mg no solo após cultivo de trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* Selvíria – MS, 2014

	Ca ($mmol_c\ dm^{-3}$)	**Mg ($mmol_c\ dm^{-3}$)**	**Ca CTC (%)**	**Mg CTC (%)**
Doses de N (kg ha^{-1})				
0	31,88^{ns}	23,75^{ns}	33,63^{ns}	24,88^{ns}
50	27,38	18,88	32,50	22,38
100	28,38	20,50	33,12	24,00
150	32,13	23,63	34,00	24,63
200	28,50	20,38	33,75	24,25
Fontes de N				
Ureia	31,90 a	23,50 a	35,05 a	25,75 a
Super N	27,40 a	19,35 a	31,75 a	22,30 b
D.M.S. (5%)	5,90	4,51	4,11	2,91
Inoculação				
Com *Azospirillum*	26,90 a	19,95 a	32,15 a	23,80 a
Sem *Azospirillum*	32,40 a	22,90 a	34,65 a	24,25 a
D.M.S. (5%)	5,90	4,51	4,11	2,91
Média geral	29,65	21,43	33,40	24,03
C.V. (%)	30,06	31,77	18,60	18,30

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

Tabela 33- Valores de pH, H+Al, S.B., C.T.C. e V no solo após cultivo de trigo em função de doses e fontes de N e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense.* Selvíria – MS, 2014

	pH ($CaCl_2$)	**H+Al ($mmol_c\ dm^{-3}$)**	**S.B. ($mmol_c\ dm^{-3}$)**	**C.T.C. ($mmol_c\ dm^{-3}$)**	**V (%)**
Doses de N (kg ha^{-1})					
0	5,39^{ns}	33,13^{ns}	58,78^{ns}	91,90^{ns}	61,88^{ns}
50	5,38	34,00	50,23	84,23	59,25
100	5,41	34,13	51,75	85,88	60,25
150	5,44	35,50	58,75	94,25	61,75
200	5,41	32,25	51,91	84,16	61,63
Fontes de N					
Ureia	5,49 a	31,30 b	58,81 a	90,11 a	64,45 a
Super N	5,33 a	36,30 a	49,76 a	86,06 a	57,45 b
D.M.S. (5%)	0,18	4,57	10,52	8,50	6,91
Inoculação					
Com *Azospirillum*	5,44 a	33,10 a	50,33 a	83,43 b	60,00 a
Sem *Azospirillum*	5,38 a	34,50 a	58,25 a	92,74 a	61,90 a
D.M.S. (5%)	0,18	4,57	10,52	8,50	6,91
Média geral	5,41	33,80	54,28	88,08	60,95
C.V. (%)	5,15	20,41	29,27	14,58	17,13

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

Semelhantemente, de maneira geral, a inoculação não afetou os atributos químicos do solo. Apenas a CTC do solo foi afetada pela inoculação, ou seja, os tratamentos não inoculados propiciaram maior CTC comparativamente aos tratamentos que receberam a inoculação com *A. brasilense* via sementes de trigo. Tal resultado pode ser explicado pelo valor inferior da soma de bases, a qual apesar de não ter diferido signicativamente (Tabela 33), foi determinante para redução da CTC do solo. Isto se deve a maior absorção e exportação de Ca e Mg pelos grãos de trigo nos tratamentos com inoculação de *A. brasilense* (Tabela 27).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Super N e a ureia proporcionaram semelhantes teores de nutrientes foliar, componentes de produção e produtividade dos grãos de milho e trigo irrigado.

O aumento das doses de N influenciou positivamente as alturas de planta e de inserção da espiga, diâmetro da espiga, ICF, concentrações foliar de N, P, S, Cu e Mn e a produtividade de grãos de milho.

A inoculação com *A. brasilense* na cultura do milho propiciou maior diâmetro do colmo, comprimento de espigas, ICF, umidade dos grãos na ocasião de colheita, concentrações de P e S foliar e menor concentração de Fe foliar, produtividade de grãos e eficiência agronômica.

A adubação nitrogenada associada à inoculação com *A. brasilense* aumentou o número de grãos por espiga, a produtividade de grãos de milho e a eficiência agronômica das menores doses de N (50 e 100 kg ha^{-1}).

Doses crescentes de N na cultura do trigo influenciaram positivamente o comprimento das espigas, quantidade de palhada formada, massa seca dos grãos por planta, números de espiguetas por espiga, grãos por espigueta, grãos por espiga, umidade dos grãos, concentração de Fe na palhada, número de espigas por metro, ICF e produtividade de grãos. Porém, aumenta porcentagem de acamamento e diminuiu a EA.

O incremento das doses de N em conjunto com a inoculação com *A. brasilense* aumenta a produtividade de grãos de trigo até a dose 139 kg ha^{-1} de N, enquanto que, sem esta inoculação ocorreu aumento linear da produtividade e menor concentração de N na palhada.

Na cultura do trigo, a inoculação com *A. brasilense* aumentou a matéria seca dos grãos, concentrações de N e S na palhada e de P, Ca, Mg, Mn e Zn nos grãos. Contudo, a altura de plantas, concentrações de P, K, Ca e Mn foliar, P na palhada foram menores com a inoculação.

Os atributos químicos do solo não foram influenciados pelo incremento das doses de N e inoculação de sementes. Entretanto, com a aplicação de Super N houve maior H+Al e menor V%.

6 CONCLUSÕES

A inoculação com *Azospirillum brasilense* apresentou bons resultados agronômicos, principalmente na cultura do milho, e por ser barato e não apresentar efeito nocivo à cultura pode ser uma alternativa complementar à adubação nitrogenada, mesmo quando se utiliza doses de N consideradas altas.

O Super N e a ureia proporcionaram semelhantes teores de nutrientes foliar, componentes de produção e produtividade dos grãos de milho e trigo irrigado.

Recomenda-se para a região de Cerrado de baixa altitude, a aplicação de ureia por ser o fertilizante nitrogenado que apresenta melhor relação custo-benefício, na dose de 150 kg ha^{-1} de N em cobertura para a cultura do milho e 139 kg ha^{-1} de N na cultura do trigo irrigado, com a inoculação de sementes com *A. brasilense*.

REFERÊNCIAS

ACORSSI, E. E.; FERREIRA, D. T. L. Resposta produtiva da cultura do trigo na cultivar CD 104 submetida a diferentes dosagens de adubação nitrogenada aplicada em cobertura. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 2, n. 2, p. 165-173, 2009.

ALBRECHT, J. C.; SILVA, M. S.; ANDRADE, J. M. V. de; SCHEEREN, P. L.; TRINDADE, M. da G.; SOARES SOBRINHO, J.; SOUSA, C. N. A. de; BRAZ, A. J. B. P.; RIBEIRO JUNIOR, W. Q.; SOUSA, M. A. de; FRONZA, V.; YAMANAKA, C. H. **Trigo BRS 264:** cultivar precoce com alto rendimento de grãos indicada para o Cerrado do Brasil Central. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. 18 p.

ALLARD, R. W. **Principles of plant breeding**. 2. ed. New York: John Wiley and Sons, 1999. 254 p.

AMADO, T. J. C.; MELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 241-248, 2002.

ARAÚJO, L. A. N.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 8, p. 771-777, 2004.

AZEVEDO, D. M. P.; LEITE, L. F. C.; TEIXEIRA NETO, M. L.; DANTAS, J. S. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo e distribuição do sistema radicular da soja sob diferentes sistemas de preparo no cerrado maranhense. **Revista Ciência Agronômica,** Fortaleza, v. 38, n. 1, p. 32-40, 2007.

BAGGIO, M. I. Genética e as novas biotecnologias no melhoramento do trigo. In: CUNHA, G. R. (Org.). **Trigo, 500 anos no Brasil.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. p. 90-95 (Documentos, 10).

BARASSI, C. A.; SUELDO, R. J.; CREUS, C. M.; CARROZZI, L.; CASANOVAS, E. M.; PEREYRA, M. A. Potencialidad de *Azospirillum* en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.). ***Azospirillum* ssp.:** cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiologia, 2008. p. 49-59.

BARBIERI, M. K. F.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; PORTUGAL, J. R.; RODRIGUES, M.; GITTI, D. C. Nitrogênio em cobertura e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em trigo irrigado em sistema de plantio direto. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 6., Londrina. **Anais...** IAPAR: Londrina, 2012. p.1-5. 1CD ROM.

BARBOSA, C. A. **Manual da cultura do milho (*Zea mays*).** Viçosa, MG: Agrojuris, 2007. 123 p.

BARROS NETO**,** C. R. de. **Efeito do nitrogênio e da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* no rendimento de grãos de milho**. 2008. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)– Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, Ponta Grossa, 2008.

BARTH, G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H.; VITTI, A. C. Volatilização de N-NH3 quanto às fontes e doses de nitrogênio aplicadas sobre a palhada de cana-de-açúcar. In: FERTBIO, 2006, 2006, Bonito. **Anais…** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.4 p. 1 CD-ROM.

BASHAN, Y.; BUSTILLOS, J. J.; LEYVA, L. A.; HERNANDEZ, J. P.; BACILIO, M. Increase in auxiliary photoprotective photosynthetic pigmentsin wheat seedlings induced by *Azospirillum brasilense*. **Biology and Fertility of Soils,** Berlin, v. 42, n. 4, p. 279-285, 2006.

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

BASI, S. **Associação de *Azospirillum brasiliense* e de nitrogênio em cobertura na cultura do milho.** 2013. 63 f. Dissertação (Mestrado Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual do Centro-Oeste- UNICENTRO, Guarapuava, 2013.

BASI, S.; LOPES, E. C. P.; KAMINSKI, T. H.; PIVATTO, R. A. D.; CHENG, N. C.; SANDINI, I. E. *Azospirillum brasilense* nas sementes e no sulco de semeadura da cultura do milho. In.: SEMANA DE INTEGRAÇÃO, ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, SIEPE, 2., 2011, Guarapuava. **Anais...** Guarapuava: UNICENTRO 2011. 4 p.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 25, n. 9-10, p. 1791-1800, 1995.

BOT, A.; BENITES, J. **The importance of soil organic matter, key to drought-resistant soil and sustained food production.** Rome: FAO Soils Bulletim, 2005. 80 p.

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. da; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em sistema de plantio direto após diferentes culturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 193-198, 2006.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Estádios fenológicos do trigo para a adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 317‑323, 2001.

BREMNER, J. M.; McCARTY, G. W.; CHAI, H. S. **Evaluation of ammonium thiosulfate as a soil nitrification and urease inhibitor**. Madison: Agronomy Abstracts, ASA, 1986. p. 175.

BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H., eds. **Cultura do milho:** fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafos, 1993. p.63-145.

BULLA, D.; BALBINOT JÚNIOR, A. A. Inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasilense* em diferentes doses de nitrogênio. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 25, n. 2, p. 61-63, 2012.

BURGESS, M. S.; MEHUYS, G. R.; MADRAMOOTOO, C. A. Nitrogen dynamics of decomposing corn residue components under three tillage systems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 66, n. 4, p. 1350-1358, 2002.

CALEGARI, A.; HERNANI, L. C.; PITOL, C.; PRIMAVESI, O.; RESK, D. V. S. Manejo do material orgânico. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa– SPI, 1998. p. 52-57.

CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio da palha de plantas de cobertura em diferentes estádios de senescência após a dessecação química. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 99-108, 2005.

CAMPOS, A. X. **Fertilização com sulfato de amônio na cultura do milho em um solo do cerrado de Brasília sob pastagem de *Brachiaria decumbens*.** 2004. 119 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CANBOLAT, M. Y.; BILEN, S.; CAKMAKCI, R. S.; AHIN, F.; AYDIN, A. Effect of plant growth-promoting bactéria and soil compaction on barley seedling growth, nutriente uptake, soil properties and rhizosphere microflora. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 42, n. 4, p. 350-357, 2009.

CÁNOVAS, A. D.; SILVA, O. F. Aspectos econômicos da cultura do trigo em Goiás. **Safra: Revista do Agronegócio**, Goiânia, v. 1, n. 2, p. 22-24, 2000.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 375-470.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa-MG: UFV, 2004. p. 139-182.

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho**.** In: FANCELLI, A. L. (Ed.). **Milho:** nutrição e adubação. Piracicaba: FEALQ, 2008, p. 36-55.

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. O uso do inibidor de urease para aumentar a eficiência da ureia. In: SIMPÓSIO SOBRE INFORMAÇÕES RECENTES PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA, 1., 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPNI, 2006. 19 p. Disponível em: <http://www.ipni.net/ppiweb/pbrazil.nsf/$webcontentsbydate?OpenView&Start=1&Count=60&Expand=19#19>. Acesso em: 20 nov. 2013.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1997, 285 p. (Boletim técnico, 100).

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; CONTIN, T. L. M.; DIAS, F. L. F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R. B.; QUAGGIO, J. A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 4, p. 397-401, 2008.

CARVALHO, A. M. de. **Plantio direto com qualidade no cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/noticias/artigosmidia/publicados/242/>. Acesso em: 25 out. 2010.

CASAGRANDE, J. R. R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 33-40, 2002.

CASSÁN, F.; SGROY, V.; PERRIG, D.; MASCIARELLI, O.; LUNA, V. Producción de fitohormonas por *Azospirillum* sp. Aspectos fisiológicos y tecnológicos de la promoción del crecimiento vegetal. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) ***Azospirillum* sp.:** cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**.** Argentina: Asociación Argentina de Microbiologia, 2008, p. 61-86.

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

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

CAZETTA, D. A.; FORNASIERI FILHO, D.; ARF, O. Resposta de cultivares de trigo e triticale ao nitrogênio no sistema de plantio direto. **Científica**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 155-165, 2007.

CHAGAS, L. A. C.; BOTELHO, S. M. S. Teor de proteína bruta e produção de massa seca do capim-braquiária sob doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 21, n. 1, p. 35-40, 2005.

CHAPMAN, S. C.; BARRETO, H. J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, n. 4, p. 557‑562, 1997.

CHENG, N. C.; NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I.; DOMINGUES, L. Substituição da adubação nitrogenada de base pela inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 11., 2011, Lucas do Rio Verde. **Anais...** Lucas do Rio Verde: Fundação Rio Verde, 2011, p. 377-382.

CHIODINI, B. M**.**; SILVA A. G.; NEGREIROS A. B.; MAGALHAES, L. B. Matéria orgânica e a sua influência na nutrição de plantas. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 6, n. 1, p. 181-190, 2013.

CIVARDI, E. A.; SILVEIRA NETO, A. N.; RAGAGNIN, V. A.; GODOY, E. R.; BROD, E. Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 52-59, 2011.

COELHO, A. M. **Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho.** Sete Lagoas. Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 11 p. (Circular Técnica, 96).

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C.; HERNANI, L. C. **Fertilidade de solos: nutrição e adubação do milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010, 10 p. (Sistema de Produção, 1).

COELHO, M. A. O.; SOUZA, M. A.; SEDIYAMA, T.; RIBEIRO, A. C.; SEDIYAMA, C. S. Resposta da produtividade de grãos e outras características agronômicas do trigo Embrapa-22 irrigado ao nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 555-561, 1998.

COLLAVINO, M. M.; SANSBERRO, P. A.; MROGINSKI, L. A.; AGUILAR, O. M. Comparison of in vitro solubilization activity of diverse phosphate-solubilizing bacteria native to acid soil and their ability to promote *Phaseolus vulgaris* growth. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 46, n. 7, p. 727-738, 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Avaliação da safra agrícola 2013/2014:** primeiro levantamento – outubro/2013. Brasília: CONAB, 2013. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_10_23_13_46_38_boletim_portugues_outubro_2013.pdf> Acesso em: 4 nov. 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira:** conjuntura semanal – trigo 02 a 06 dez. 2013/Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab, 2013. Disponível em:< http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_12_10_17_33_36_conjunturatrigo02a06122013.pdf>. Acesso em:16 dez. 2013.

CORREA, O. S.; ROMERO, A. M.; SORIA, M. A.; DE ESTRADA, M. *Azospirillum brasilense*-plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) ***Azospirillum* ssp.:** cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiologia, 2008. p. 87-95.

COSTA, A. **Doses e modos de aplicação de calcário na implantação de sucessão soja-trigo em sistema plantio direto**. 2000. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciência Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, I. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* em solos do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. (Documentos, 192).

COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. N-NH_3 losses from nitrogen sources applied over unburned sugarcane straw. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, v. 27, n. 4, p. 631-637, 2003.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R. A.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 47, n. 8, p. 1038-1047, 2012.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. 579 p.

CRUZ, J. C.; PEREIRA, F. T. F.; PEREIRA FILHO, I. A.; OLIVEIRA, A. C. de; MAGALHÃES, P. C. Resposta de cultivares de milho à variação em espaçamento edensidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 1, p. 60-73, 2007.

CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. R. S.; SANTOS, J. R.; ALBUQUERQUE, A. W. de; SILVA, E. T. da. Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho irrigado em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 370-375, 2008a.

CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. R. S.; SANTOS, J. R.; ALBUQUERQUE, A. W.; PEREIRA R. G. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 62-68, 2008b.

CUNHA, G. R. da; CAIEIRÃO, E. (Eds). **Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2015.** In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 8., 2014, Brasília. **Reunião...** Brasília, DF: Embrapa, 2014. 229 p.

DA ROS, C. O.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Ammonia volatilization after urea surface applied in corn no-tillage. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 799-805, 2005.

DAVISON, J. Plant beneficial bacteria. **Nature Biotechnology**, London, v. 6, n. 3, p. 282-286, 1988.

DEMÉTRIO, C. S. **Desempenho agronômico de híbridos de milho em diferentes arranjos populacionais em Jaboticabal – SP.** 2008. 53 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)– Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2008.

DIAS, A. C. F.; COSTA, F. E. C.; ANDREOTE, F. D.; LACAVA, P. T.; TEIXEIRA, M.A.; ASSUNÇÃO, L. C.; ARAUJO, W. L.; AZEVEDO, J. L.; MELO, I. S. Isolation of micropropagated strawberry endophytic bacteria and assessment of their potential for plant growth promotion. **World Jounal of Microbiology and Biotechnology**, Oxford, v. 25, n. 2, p. 189-195, 2009.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGHS, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. 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**, Berlin, v. 36, n. 4, p. 284-297, 2002.

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

DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promotingeffects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Amsterdan, v. 22, n. 2, p. 107- 149, 2003.

DÖBEREINER, J.; PEDROSA, F. O. **Nitrogen-fixing bacteria in non-leguminous crop plants**. Madison: Science Tech Publishers, 1987, 155 p.

EDMEADES, D. C. **Nitrification and urease inhibitors.** New Zealand: Environment Bay of Plant, 2004. 32 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. 353 p.

ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; SOUZA, L. T.; SOUZA, M. A.; CAMPANHARO, M.; GROSSI, J. A. S. Rates of nitrogen and growth retardant trinexapac-ethyl on wheat. **Ciência Rural,** Santa Maria, v. 41, n. 12, p. 2045-2052, 2011.

ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; SOUZA, M. A. de; GROSSI, J. A. S.; SOUZA, L. T. de. Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p.1404-1411, 2010.

ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; SOUZA, M. A.; CAMPANHARO, M.; PIMENTEL, A. J. B. Urease inhibitor (NBPT) and efficiency of single or Split application of urea in wheat crop. **Revista Ceres,** Viçosa, v. 61, n. 2, p. 273-79, 2014.

FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1097-1104, 2003.

FANCELLI, A. L. **Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes na cultura do milho**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute Brazil- IPNI, 2010, 16 p. (Informações Agronômicas, 131).

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho.** 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p.

FERNANDES, F. C. S.; LIBARDI, P. L. Percentagem de recuperação de nitrogênio pelo milho, para diferentes doses e parcelamentos do fertilizante nitrogenado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 3, p. 285-296, 2007.

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

FERREIRA, E. A. B.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; RAMOS, M. L. G. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1625-1635, 2007.

FERREIRA, J. P.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; KANEKO, F. H.; NASCIMENTO, V.; SABUNDJIAN, M. T. Inoculação com *Azospirillum brasilense* e nitrogênio em cobertura no trigo em região de Cerrado. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 8, n. 3 p. 27-32, 2014.

FERREIRA, M. C. B.; FERNANDES, M. S.; DÖBEREINER, J. Role of Azospirillum brasilense nitrate reductase in nitrate assimilation by wheat plants. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 4, n. 1-2, p. 47-53, 1987.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; URQUIAGA, S. Sistemas de manejo na absorção de nitrogênio pelo milho em um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 3, p. 279-287, 2005.

FLOSS, E. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 57, n. 1, p. 25-29, 2000.

FONSECA, G. C.; CARNEIRO, M. A. C.; COSTA, A. R. da; OLIVEIRA, G. C.; BALBINO, L. C. Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo Vermelho Distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 1, p. 22-30, 2007.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do trigo**. Jaboticabal: Funep, 2008. 338 p.

GALINDO, F. S.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; BELLOTE, J. L. M.; SANTINI, J. M. K.; ALVES, C. J.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Efeito de épocas de aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* nos teores de nutrientes do trigo irrigado. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 9, n. 2, p. 37-42, 2015b.

GALINDO, F. S.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; BELLOTE, J. L. M.; SANTINI, J. M. K.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S. Épocas de inoculação com *Azospirillum brasilense* via foliar afetando a produtividade da cultura do trigo irrigado. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 9, n. 2, p. 43-48, 2015a.

GARCIA, J. C.; MATTOSO, M. J.; DUARTE, J. O.; CRUZ, J. C.; PADRÃO, G. A. Aspectos econômicos da produção e utilização de milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. (Ed.). **A cultura do milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p. 21-46.

GARCIA, L. H. **Doses de ureia convencional, revestida por polímero ou com inibidor de urease na cultura do milho.** 2014. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)- Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquista Filho", Ilha Solteira, 2014.

GIOACCHINI, P.; GIOVANNINI, C.; MARZADORI, C.; ANTISARI, L. V.; SIMONI, A.; GESSA, C. Effect of N-(n-butyl) thisphosporic triamide added to peat and leather in urea-based fertilizers on urea hydrolysis and ammonia volatilization. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 31, n. 19-20, p. 3177-3191, 2000.

GIOACCHINI, P.; NASTRI, A.; MARZADORI, C.; GIOVANNINI, C.; ANTISARI, L. V.; GESSA, C. Influence of urease and nitrification inhibitors on N losses from soilsfertilized with urea. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 36, n. 2, p. 129-135, 2002.

GOES, R. J.; RODRIGUES, R. A. F.; TAKASU, A. T.; ARF, O. Fontes e doses de nitrogênio em cobertura para a cultura do milho em espaçamento reduzido. **Revista Agrarian,** Dourados, v. 7, n. 24, p. 257-263, 2014.

GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D.; BOEIRA, R. C.; TOLEDO, L. G. **Nutrientes vegetais no meio ambiente: ciclos bioquímicos, fertilizantes e corretivos.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 2008. 61p. (Documentos, 66).

GOMES, R. F.; SILVA, A. G.; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R. Efeito de doses e época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 931-938, 2007.

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

GROSS, M. R.; PINHO, R. G. V.; BRITO, A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 387-393, 2006.

HALL, P. G.; KRIEG N. R. Application of the indirect immunoperoxidase stain technique to the flagella of *Azospirillum brasiliense.* **Applied and Environmental Microbiology,** Washington, v. 47, n. 2, p. 433-435, 1984.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistema de manejo do solo e perdas de nutriente e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 145-154, 1999.

HOFFMANN, L. V. Biologia molecular da fixação biológica do nitrogênio. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental.** Campinas: Instituto Agronômico, 2007. cap. 9, p. 153-164.

HUERGO, L. F.; MONTEIRO, R. A.; BONATTO, A. C.; RIGO, L. U.; STEFFENS, M. B. R.; CRUZ, L. M.; CHUBATSU, L. S.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. ***Azospirillum*** **sp.:** cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiologia, Argentina, 2008. p. 17-35.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*:** inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa soja, 2011. 37 p. (Documentos, 325).

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

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Efeitos do nitrogênio sobre o milho cultivado em consórcio com *Brachiaria brizantha*. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 39-46, 2005.

KANEKO, F. H. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*, fontes e doses de nitrogênio na cultura do milho em duas épocas de semeadura.** 2013. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2013.

KANEKO, F. H.; ARF, O.; GITTI, D. C.; ARF, M. V.; CHIODEROLI, C. A.; KAPPES, C. Manejo do solo e do nitrogênio em milho cultivado em espaçamentos reduzido e tradicional. **Bragantia,** Campinas, v. 69, n. 3, p. 677-686, 2010.

KAPPES, C.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Coberturas vegetais, manejo do solo, doses de nitrogênio e seus efeitos na nutrição mineral e nos atributos agronômicos do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 1322-1333, 2013c.

KAPPES, C.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Produtividade do milho em condições de diferentes manejos do solo e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 1310-1321, 2013a.

KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R.; VILELA, R. G. 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, 2013b.

KAPPES, C.; ARF, O.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R.; GONZAGA, A. R. Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 201-217, 2014.

KLOEPPER, J. W.; LIFSHITZ, R.; ZABLOTOWICZ, R. M. Free-living bacterialinocula for enhancing crop productivity. **Trends in Biotechnology**, Amsterdam**,** v. 7, n. 2, p. 39-43, 1989.

KURIHARA, H. C.; FABRÍCIO, A. C.; PITOL, C.; STAUT, L. A.; KICHEL, A. N.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; WIETHOLTER, S. Adubação, In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. **Sistema plantio direto**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa – SPI, 1998. p. 136-144.

LADHA, J. K.; PATHAK, H.; KRUPNIK, T. J.; SIX, J.; KESSEL, C. V. Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: retrospects and prospects. **Advances in Agronomy**, Orlando, v. 87, n. 5, p. 85-156, 2005.

LANA, M. C.; WOYTICHOSKI JÚNIOR, P. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, L. P. Arranjo espacial e adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 433-438, 2009.

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

LANGE, A.; CARVALHO, J. L. N.; DAMIN, V.; CRUZ, J. C.; GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J. Doses de nitrogênio e de palha em sistema plantio direto de milho no cerrado. **Revista Ceres,** Viçosa, v. 53, n. 306, p. 171-178, 2006.

LANNA, A. C.; SILVEIRA, P. M.; SILVA, M. B.; FERRARESI, T. M.; KLIEMANN, H. J. Urease activity as influenced by planting system and plant cover in soil under common bean. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1933-1939, 2010.

LARA CABEZAS, W. A. R.; ALVES. B. J. R.; URQUIAGA, S.; SANTANA, D. G. de. 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. 4, p. 1005-1013, 2004.

LARA CABEZAS, W. A. R.; COUTO, P. A. Nitrogen immobilization of urea and ammonium sulphate applied to maize before planting or top-dressing in a no-till system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 739-752, 2007

LARA CABEZAS, W. A. R.; SOUZA, M. A. Volatilização de amônia, lixiviação de nitrogênio e produtividade do milho em resposta a aplicação de misturas de ureia com sulfato de amônio com gesso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 32, n. 6, p. 2331-2342, 2008.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O; KORNDORFER, G. H; PEREIRA, S. Balanço nitrogenado da adubação sólida e fluida de cobertura na cultura de milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 363-376, 2000.

LARA CABEZAS, W. A. R.; YAMADA, T. Ureia aplicada na superfície do solo: um péssimo negócio! **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 86, p. 9-10, 1999.

LEITE, L. F. C.; GALVÃO, S. R. S.; HOLANDA NETO, M. R.; ARAÚJO, F. S.; IWATA, B. F. Atributos químicos e estoques de carbono em Latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande, v. 14, n. 12, p. 1273-1280, 2010.

LEMOS, J. M.; GUIMARÃES, V. F.; VENDRUSCOLO, E. C. G.; SANTOS, M. F.; OFFEMANN, L. C. Resposta de cultivares de trigo à inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense,* e à adubação nitrogenada em cobertura. **Científica**, Jaboticabal, v. 41, n. 2, p. 189–198, 2013.

LONGO, R. M.; MELO, W. J. Urea hydrolysis in oxisols: effects of substrate concentration, temperature, pH, incubation time and storage conditions. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, v. 29, n. 4, p. 651-657, 2005.

LOPES, A. S.; WIETHOLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto:** bases para o manejo da fertilidade do solo**.** São Paulo: ANDA, 2004. 115 p.

LOPES, S. J.; LÚCIO, A. D.; STORCK, L.; DAMO, H. P.; BRUM, B.; SANTOS, V. J. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas ao tipo de híbrido. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1536-1542, 2007.

LOPEZ‐BELLIDO, R. J.; SHEPHERD, C. E.; BARRACLOUGH, P. B. Predicting post‐anthesis N requirements of bread wheat with a Minolta SPAD meter. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 20, n. 3, p. 313−320, 2004.

MAESTRELO, P. R.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GARCIA, C. M. P.; RODRIGUES, M. A. C.; LINO, A. C. M.; ANDREOTTI, M. Aplicação de ureia revestida em cobertura no milho irrigado sob sistema de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 2, p. 192-199, 2014.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MAR, G. D.; MARCHETTI, M. E.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; NOVELINO, J. O. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Bragantia,** Campinas, v. 62, n. 2, p. 267-74, 2003.

MEGDA, M. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; VIEIRA, M. X. Resposta de cultivares de trigo ao nitrogênio em relação às fontes e épocas de aplicação sob plantio direto e irrigação por aspersão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1055-1060, 2009.

MEIRA, F. A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E.; ANDRADE, J. A. C. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 275-284, 2009.

MELERO, M. M.; GITTI, D. C.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F. Coberturas vegetais e doses de nitrogênio em trigo sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 343-353, 2013.

MENDES, M. C.; ROSÁRIO, J. G.; FARIA, M. V.; ZOCCHE, J. C.; WALTER, A. L. B. Avaliação da eficiência agronômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade de farinha. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 4, n. 3, p. 95-110, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **O bioma Cerrado.** (S.l.: s.n., 200-). Disponível em: <http//:http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>. Acesso em: 13 mar 2015.

MOHAMMADI, S. A.; PRASANNA, B. M.; SINGH, N. N. Sequential path model for determining interrelationship among grain yield related characters in maize. **Crop Science**, Madison, v. 43, n. 5, p. 690-1697, 2003.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 625 p.

MUNDSTOCK, C. M. **Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo.** Porto Alegre: Editora do Autor, 1999. 228 p.

MUNER, L. H.; RUIZ, H. A.; VENEGAS, V. H. A.; NEVES, J. C. L.; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G. S. Disponibilidade de zinco para milho em resposta à localização de fósforo no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 1, p. 29–36, 2011.

NEHL, D. B.; ALLEM, S. J.; BROWN, J. F. Deleterious rhizosfere bacteria: an integrating perspective. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 5, n. 1, p. 1-20, 1996.

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

NUNES, J. L. S.; **Características do Milho (*Zea mays*).** (S.l.: s.n.), 2008. Disponível em:<http://www.agrolink.com.br/culturas/milho/caracteristicas.aspx> Acesso em: 4 nov. 2013.

NUNES, P. H. M. P.; AQUINO, L. A.; dos SANTOS, L. P. D.; XAVIER, F. O.; DEZORDI, L. R.; ASSUNÇÃO, N. S. Produtividade do trigo irrigado submetido à aplicação de nitrogênio e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 174-182, 2015.

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

OKON, Y.; LABANDERA-GONZALEZ, C.A. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 26, n. 12, p. 1591-1601, 1994.

OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants. **Applied and Environment Microbiology**, Washington, v. 6, n. 7, p. 366-370, 1997.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. C. de. Aspectos agronômicos da ureia tratada com inibidor de uréase. **Ambiência**, Guarapuava, v. 8, n. 2, p. 403-414, 2012.

PANDOLFO, C. M.; VOGT, G. A.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; GALLOTTI, G. J. M. ZOLDAN, S. R. Desempenho de milho inoculado com Azospirillum brasilense associado a doses de nitrogênio em cobertura **Agropecuária Catarinense,** Florianópolis, v. 27, n. 3, p. 94-99, 2015.

PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, 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. 49-54, 2008.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo-decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 911-920, 2008.

PENCKOWSKI, L. H. **Efeitos de trinexapac‑ethyl e do nitrogênio na produtividade da cultura de trigo**. 2006. 84 p. Dissertação (Mestrado)‑ Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.

PERRIG, D.; BOIERO, L.; MASCIARELLI, O.; PENNA, C.; CASSÁN, F.; LUNA, V. Plant growth promoting compounds produced by two agronomically important strains of *Azospirillum brasilense*, and their implications for inoculant formulation. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 75, n. 5, p. 1143-1150, 2007.

PETTINELLI NETO, A.; CRUSCIOL, A. C.; BICUDO, S. J.; FREITAS, J. G.; PULZ, A. L. Eficiência e resposta de genótipos de trigo irrigado ao nitrogênio para o Estado de São Paulo. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA, 14., 2002, Presidente Prudente. **Anais...**. Presidente Prudente: UNESP- Programa de Iniciação Científica da UNESP, 2002. 1CD-ROM.

PICCININ, G. G.; BRACCINI, A. L.; DAN, L. G. M.; BAZO, G. L.; HOSSA, K. R.; PONCE, R. M. Rendimento e desempenho agronômico da cultura do trigo em manejo com *Azospirillum brasilense.* **Revista Agrarian**, Dourados, v. 6, n. 22, p. 393-401, 2013.

PICCININ, G. G.; DAN, L. G. M.; BRACCINI, A. L.; MARIANO, D. C.; OKUMURA, R. S.; BAZO, G. L.; RICCI, T. T. Agronomic efficiency of *Azospirillum brasilense* in physiological parameters and yield components in wheat crop. **Journal of Agronomy**, New York, v. 10, n. 4, p. 132-135, 2011.

PIEKIELEK, W. P.; FOX, R. H. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 1, p. 59-65, 1992.

PIETRO-SOUZA, W.; BONFIM-SILVA, E. M.; SCHLICHTING, A. F.; SILVA, M. C. Desenvolvimento inicial de trigo sob doses de nitrogênio em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 6, p. 575–580, 2013.

PORTUGAL, J. R.; ARF, O.; PERES, A. R.; FRANCO, A. A.; GITTI, D. C. Inoculação via foliar com *Azospirillum brasilense* associada a doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL MILHO SAFRINHA, 12., 2013, Dourados, **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 1CD-ROM.

POVH, F. P.; MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; MOLIN, R.; SALVI, J. V. Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 8, p. 1075‑1083, 2008.

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 34-41, 2013.

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; BASSOI, M. C.; DE OLIVEIRA, F. A. Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura no desempenho agronômico de genótipos de trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 621-632, 2012.

QUADROS, P. D. **Inoculação de *Azospirillum* spp. em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul**. 2009. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)– Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

QUADROS, P. D.; ROESCH, L. F. W.; DA SILVA, P. R. F.; VIEIRA, V. M.; ROEHRS, D. D CAMARGO, F. A. O. Desempenho agronômico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum.* **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 2, p. 209-218, 2014.

QUEIROZ, A. M.; SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J. LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; SILVA, A. A. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.) **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 3, p. 257-266, 2011.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação- IAC, 285 p. (Boletim 100).

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: IAC, 2001. 285 p.

RAWLUK, C. D. L.; GRANT, C. A.; RACZ, G. J. Ammonia volatilization from soils fertilized with urea and varying rates of urease inhibitor NBPT. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 81, n. 2, p. 239-246, 2001.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Piracicaba: Potafos, 2003. 20 p. (Informações Agronômicas, 103).

RODRIGUES, L. F. O. S.; GUIMARÃES, V. F.; SILVA, M. B.; PINTO JUNIOR, A. S.; JEFERSON KLEIN, J.; COSTA, A. C. P. R. Características agronômicas do trigo em função de *Azospirillum brasilense*, ácidos húmicos e nitrogênio em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 31-37, 2014.

RODRIGUES, M.; ARF, O.; BARBIERI, M. K. F.; PORTUGAL, J. R.; RODRIGUES, R. A. F. Inoculação com *Azospirillum brasilense* e aplicação de regulador vegetal em trigo irrigado no cerrado. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 6., Londrina, 2012. **Anais...** Londrina: IAPAR, 2012 p. 1-5 1CD ROM.

RODRIGUEZ, H.; GONZALEZ, T.; GOIRE, I.; BASHAN, Y. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* spp. **Naturwissenschaften**, Berlin, v. 91, n. 11, p. 552-555, 2004.

ROSOLEM, C. A.; PACE, L.; CRUSCIOL, C. A. C. Nitrogen management in maize cover crop rotations**. Plant and soil,** Dordrecht, v. 264, n. 1-2, p. 261-271, 2004.

SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBSC/Lavras: UFLA/DCS, 1999. p. 291-309.

SALA, V. M. R.; CARDOSO, E. J. B. N.; FREITAS, J. G.; SILVEIRA, A. P. D. Resposta de genótipos de trigo à inoculação de bactérias diazotróficas em condições de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 833-842, 2007.

SANDINI, I.; NOVAKOWISKI, H. J. Uso de inoculantes em milho safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 11., 2011. Lucas do Rio Verde. **Anais...** Lucas do Rio Verde: Fundação Rio Verde, 2011, p. 67 - 81.

SANGOI, L. ERNANI, P. R.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C. Volatilização de N-NH_3 em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 87-692, 2003b.

SANGOI, L.; BERNS, A. C.; ALMEIDA, M. L. de; ZANIN, C. G.; SCHWEITZER, C. Características agronômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1564‑1570, 2007.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C. Nitrogen leaching as affected by urea aplication method and oat residue management in soils with contrasting textures. **Ciência Rural,** Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 65-70, 2003a.

SANTA, O. R. D.; SANTA, H. S. D.; FERNÁNDEZ, R.; MICHELA, G.; RONZELLI, P.; SOCCOL, C. R. Influência da inoculação de *Azospirillum sp*. em trigo, cevada e aveia. **Ambiência - Revista do. Setor de Ciências Agrárias e Ambientais,** Guarapuava, v. 4, n. 2, p. 197-207, 2008.

SANTOS, A. B.; SILVA, O. F. Manejo do nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (Ed.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 207-230.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT® user's guide**, version 9.1, v.1-7. Cary: SAS Institute, 2004. 5121 p.

SCALCO, M. S.; FARIA, M. A. de; GERMANI, R.; MORAIS, A. R. de. Produtividade e qualidade industrial do trigo sob diferentes níveis de irrigação e adubação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 400-410, 2002.

SCIVITTARO, W. B.; GONÇALVES, D. R. N.; VALE, M. L. C.; RICORDI, V. G.Nitrogen losses by ammonia volatilization and lowland rice response to NBPT uréase inhibitor-treated urea. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 6, p. 1283-1289, 2010.

SILVA, A. A.; SILVA, T. S.; VASCONCELOS, A. C. P.; LANA, R. M. Q. Aplicação de diferentes fontes de ureia de liberação gradual na cultura do milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 104-111, 2012. Suplemento.

SILVA, A. J.; LIMA JÚNIOR, M. A.; FERREIRA, N. C. M.; FRAGA, V. S. Perdas de amônia por volatilização proveniente da uréia aplicada a solos dos trópicos úmidos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, v. 19, n. 1, p. 141-144, 1995.

SILVA, D. B.; GUERRA, A. F.; REIN, T. A.; ANJOS, J. R.; ALVES, R. T.; RODRIGUES, G. C.; SILVA, I. A. C. **Trigo para o abastecimento familiar, do plantio à mesa.** Brasília: Embrapa – SPI, Planaltina: Embrapa - CPAC, 1996. 176 p.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 353-362, 2005

SILVA, P. R. F. da; STRIEDER, M. L.; COSER, R. P. S.; RAMBO, L.; SANGOI, L.; ARGENTA, G.; FORSTHOLER, E. L.; SILVA, A. A. da. Grain yield and kernel protein content increases of maize hybrids with late nitrogen side-dresses. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 487-492, 2005.

SILVA, S. A.; ARF, O.; BUZETTI, S.; SILVA, M. G. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo em sistema plantio direto no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. esp., p. 2717-2722, 2008.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 191-199, 2000.

SORATTO, R. P.; PEREIRA, M.; COSTA, T. A. M.; LAMPERT, V. N. 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.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado:** correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 129-145

SOUZA, A. C.; CARVALHO, J. G.; VON PINHO, R. G.; CARVALHO, M. L. M. Parcelamento e época de aplicação de nitrogênio e seus efeitos em características agronômicas do milho. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 2, p. 321-329, 2001.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 395- 405, 2006.

SOUZA, P. M.; BRAGA, M. J. Aspectos econômicos da produção e comercialização de milho no Brasil. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G.V. (Ed.). **Tecnologias de produção do milho.** Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 13-54.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, v. 27, n. 1, p. 133-139, 2003.

SOUZA, R.; BENEDUZI, A.; AMBROSINI, A.; COSTA, P. B.; MEYER, J.; VARGAS, L. K.; SCHOENFELD, R.; PASSAGLIA, L. M. P. The effect of plant growth-promoting rhizobacteria on the growth of rice (*Oryza sativa* L.) cropped in southern Brazilian fields. **Plant and Soil,** Dordrecht, v. 366, n. 1-2, p. 585-603, 2013.

STAMFORD, N. P.; STAMFORD, T. L. M.; ANDRADE D. E. G. T.; MICHEREFF, S. J.; Microbiota dos solos tropicais. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T; MENEZES, M. **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais.** Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. 398 p.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. BUZETTI, S; ANDREOTTI, M; BENETT, C. G. S; ARF, O.; SÁ, M. E. Wheat Nitrogen Fertilization Under no Till on the Low Altitude Brazilian Cerrado, **Journal of Plant Nutrition**, Londres, v. 37, n. 11, p. 1732-1748, 2014.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, R. C. F.; FREITAS, J. G.; ARF, O.; SÁ, M. E. Resposta de cultivares de trigo irrigado por aspersão ao nitrogênio em cobertura na região do Cerrado. **Acta Scientiarum-Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 421-425, 2007.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, R. C. F.; FREITAS, J. G.; ARF, O.; SÁ, M. E. Desempenho agronômico de cultivares de trigo em resposta a população de plantas e a adubação nitrogenada. **Científica**, Jaboticabal, v. 36, n. 2, p. 97-106, 2008.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p. 797-804, 2010.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ALVAREZ, R. C. F.; MAEDA, A. S.; SÁ, M. E. Resposta de cultivares de trigo ao nitrogênio com e sem tratamento fúngico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias,** Recife, v. 7, n. 4, p. 626-634, 2012.

THEAGO, E. Q.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; MEGDA, M. M.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio influenciando teores de clorofila e produtividade do trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, v. 38, n. 6, p. 1826-1835, 2014.

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

TRINDADE, M. da G.; STONE, L. F.; HEINEMANN, A. B.; CÁNOVAS, A. D.; MOREIRA, J. A. A. Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 24‑29, 2006.

ULGER, A. C.; BECKER, A. C.; KHANT, G. Response of maize inbred lines and hybrids to increasing rates of nitrogen fertilizer. **Journal of Agronomy and Crop Science,** Madison, v. 159, n. 3, p. 157-163, 1995.

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

VIANA, E. M.; KIEHL, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 975-982, 2010.

VITTI, G. C.; BARROS JÚNIOR, M. C. Diagnóstico da fertilidade do solo e adubação para alta produtividade de milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Milho:** tecnologia e produtividade. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2001. p. 179-222.

WATSON, C. J. **Urease activity and inhibition: principles and practice**. London: The International Fertilizer Society Meeting, 2000. n. 454, 39 p.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho? **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 91, p. 1-5, 2000.

YANO, G. T.; TAKAHASHI, H. T.; WATANABE, T. S. Avaliação de fontes de nitrogênio e épocas de aplicação em cobertura para o cultivo do trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 2, p. 141-148, 2005.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 25-29, 2002.

ZORITA, M. D.; CANIGGIA, M. V. G. Field performance of a liquid formulation of *Azospirillum brasilense* on dryland wheat productivity. **European Journal of Soil Biology**, Amsterdam, v. 45, n. 1, p. 3-11, 2009.

APÊNDICES

Lista de Apêndices

Página

Apêndice A. Fotos da cultura do milho e trigo durante a condução do trabalho Selvíria – MS, 2013/14..... 139

APÊNDICE A - Fotos da pesquisa

MILHO



Foto 1. Semeadura da cultura do milho sobre palhada de aveia preta, safra 2013/14. Selvíria – MS, 2013/14.



Foto 2. Desenvolvimento inicial da cultura do milho. Selvíria – MS, safra 2013/14.



Foto 3. Vista geral da área experimental cultivada com milho 3 dias após emergência. Selvíria – MS, 2013/14.



Foto 4. Desenvolvimento inicial da cultura do milho. Selvíria – MS, 2013/14.



Foto 5. Desenvolvimento vegetativo da cultura do milho. Selvíria – MS, 2013/14.



Foto 6. Entrelinha da cultura do milho após aplicação das doses de N. Selvíria – MS, 2013/14.

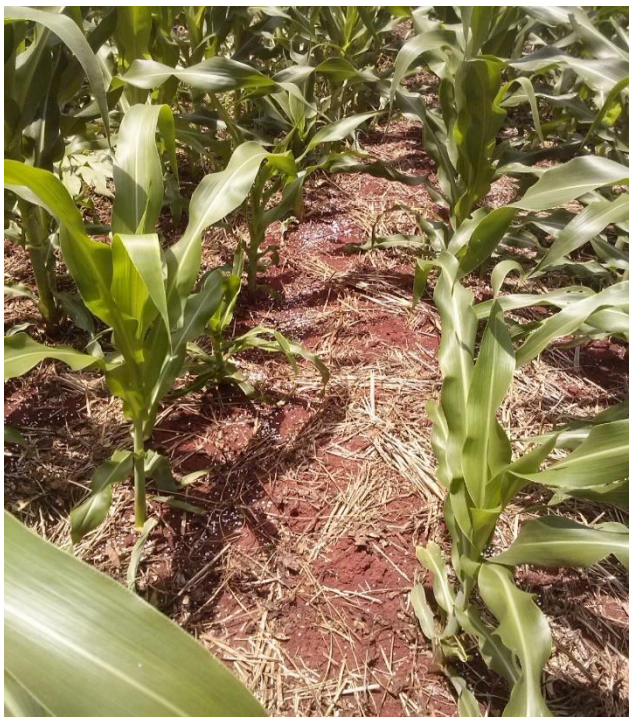


Foto 7. Entrelinha da cultura do milho após aplicação das doses de N. Selvíria – MS, 2013/14.



Foto 8. Vista geral do desenvolvimento vegetativo da cultura do milho no esdádio fenológico V6. Selvíria – MS, 2013/14.



Foto 9. Vista geral da cultura do milho em florescimento pleno (estádio R1). Selvíria – MS, 2013/14.



Foto 10. Espigamento da cultura do milho. Selvíria – MS, 2013/14.



Foto 11.Vista geral da área experimental cultivada com milho. Selvíria – MS, 2013/14.



Foto 12. Espiga de milho granada. Selvíria – MS, 2013/14.



Foto 13. Vista geral da cultura do milho próxima do ponto de colheita. Selvíria – MS, 2013/14.



Foto 14. Espiga de milho no momento da colheita. Selvíria – MS, 2013/14.

TRIGO



Foto 15. Desenvolvimento inicial da cultura do trigo 7 dias após emergência. Selvíria – MS, 2014.



Foto 16. Desenvolvimento inicial da cultura do trigo 15 dias após emergência. Selvíria – MS, 2014.



Foto 17. Separação de parcelas para condução da pesquisa. Selvíria – MS, 2014.



Foto 18. Cultura do trigo em perfilhamento pleno. Selvíria – MS, 2014.



Foto 19. Aplicação dos tratamentos com adubação nitrogenada no perfilhamento pleno da cultura. Selvíria – MS, 2014.



Foto 20. Fertilizante “Super N” – com inibidor da urease após aplicação em cobertura na cultura do trigo. Selvíria – MS, 2014.



Foto 21. Vista geral da cultura do trigo no período de desenvolvimento das espigas. Selvíria – MS, 2014.



Foto 22.Vista geral da cultura do trigo no período de enchimento de grãos. Selvíria – MS, 2014.



Foto 23. Vista geral da cultura do trigo em ocasião de colheita. Selvíria – MS, 2014.